

41
2 Epa

"DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATICO COMPUTARIZADO DE
ADQUISICION DE DATOS A PARTIR DE LA SEÑAL DE VI-
DEO PARA ESTUDIOS ETOLOGICOS"

T E S I S P R O F E S I O N A L
Que para obtener el Título de
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
(Area de Electrónica)

P R E S E N T A N :

CHIO ARJONA JUAN IGNACIO
ESCOBAR ROJO ADRIANA

México, D.F.

Marzo 1985



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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

I N D I C E

Pág.

INTRODUCCION	1
DESCRIPCION DEL PROBLEMA	1
OBJETIVOS	3
RESUMEN DE LA ESTRUCTURACION DE LA TESIS POR CAPITULOS	6

CAPITULO I:

1 GENERACION DE LA SEÑAL DE VIDEO A PARTIR DE UNA CAMARA	
INTRODUCCION	9
1.1 FORMACION DE UNA IMAGEN	11
1.2 EL TUBO DE LA CAMARA	12
1.3 BARRIDO Y SINCRONIA DE LA SEÑAL DE VIDEO	18
1.3.1 Señal de Barrido	18
1.3.2 Pulsos de Sincronía	21
1.3.3 Frecuencias de Barrido	23
1.4 SEÑAL DE VIDEO COMPUESTA	23
1.4.1 El ancho de banda y las líneas	24
1.4.2 Polaridad en la sincronía	26
1.5 LUZ E ILUMINACION	27
1.5.1 Iluminación y Exposición	28
1.5.2 Retardo (lag) y ruido	28
1.5.3 Ganancia y Abertura	29
1.5.4 Control de Exposición	30
1.5.5 Accesorios de Iluminación	30
1.5.6 Visor de la cámara	31
1.5.7 Principios de Iluminación	32
1.6 CAMARA E ILUMINACION EN EL DISEÑO DEL SISTEMA	33

CAPITULO II:

2 SISTEMA ELECTRONICO QUE ANALIZA SEÑALES DE VIDEO (SEASV)	
INTRODUCCION	40
2.1 DEFINICION DEL SISTEMA DE EJES COORDENADOS	42
2.2 INTERFASE CON LA CAMARA	47
2.2.1 Acoplo con la señal de Video	47
2.2.2 Extractor de Pulsos de Información de Video	51
2.2.3 Extractor de Pulsos de Sincronía	53

	Pág.
2.3 DETECTOR DE COORDENADAS (x,y)	56
2.3.1 Tren de Pulsos de Información	63
2.3.2 Reloj de los Contadores	67
2.3.3 Reset (CLR) de los Contadores	70
2.4 INTERFASE CON LA COMPUTADORA	82
2.4.1 Registros x,y (latches x,y)	82
2.4.2 Decodificador	86
2.4.3 Resumen del Proceso Total	90
2.5 SALIDA PARA UN RECEPTOR DE T.V.	94
2.6 FUENTE DE ALIMENTACION DEL SEASV	95

CAPITULO III:

3 SISTEMA DE CONTROL POR SOFTWARE DEL SEASV	
INTRODUCCION	99
3.1 DESCRIPCION DEL EQUIPO DE COMPUTACION	100
3.1.1 El Sistema Operativo CDOS	101
3.1.2 Z80 Macro-Ensamblador	102
3.1.3 Compilador Fortran IV	106
3.1.4 Linker/Loader	106
3.1.5 Biblioteca de Subrutinas	109
3.2 INTERFASE DIGITAL TU-ART	109
3.2.1 Descripción del TU-ART	109
3.2.2 Inicialización del TU-ART	116
3.3 DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SOFTWARE	118
3.3.1 Llama. Programa Principal en Fortran	118
3.3.2 TESISI. Subprograma en Ensamblador	122

RESULTADOS 126

CONCLUSIONES 136

BIBLIOGRAFIA

APENDICE A: Listados de Programas

APENDICE B: Guía de Programación del usuario

INTRODUCCION

Descripción del problema.

Uno de los problemas más importantes en las ciencias que estudian la conducta animal es el de comprender cuáles son los mecanismos por medio de los cuales el sistema nervioso puede coordinar conductas sensorimotoras. En el laboratorio de Bioingeniería del Centro de Investigaciones en Fisiología Celular (CIFC) de la U.N.A.M. se está desarrollando un estudio multidisciplinario, combinando diferentes ramas de la ciencia como Fisiología, Anatomía, Etología, Ingeniería y Cibernética, que trata de identificar los posibles mecanismos que controlan la coordinación visuomotora en anfibios e insectos. Uno de los objetivos principales es el de proponer teorías generales de cómo la compleja estructura del sistema nervioso de estos animales podría controlar la diversa gama de pautas motoras que presenta.

El papel que puede jugar la ingeniería en este tipo de estudios puede ser dividido en dos grandes partes: primero, en el desarrollo e implementación en computadora de modelos matemáticos de procesos neuronales, que permitan la propuesta de una teoría general de coordinación visuomotora en animales con un sistema nervioso complejo y que presenten patrones conductua

les relativamente sencillos (2, 8, 9); segundo, el diseño e implementación de sistemas electrónicos y computacionales (instrumentación) que resuelvan problemas que se presentan en la captura de datos durante la conducción de experimentos empíricos, - así como la automatización del procesamiento de los mismos. Esta tesis cae dentro de la segunda clasificación.

El trabajo reportado en esta tesis se relaciona, en particular, con una parte del proyecto global del laboratorio de Bioingeniería del CIFIC de la U.N.A.M., que estudia la conducta de barrido del insecto llamado mantis religiosa (10), esta conducta la presenta el animal una vez que fija su atención en un objetivo, (el objeto de mayor altura en el medio ambiente) y consiste en una serie de balanceos de su cabeza en un plano paralelo al plano donde se localiza dicho objetivo. En este - estudio se postula la hipótesis de que esta conducta de barrido le sirve al animal para estimar la distancia a la que se encuentra un objetivo fijo con respecto a su posición en el espacio - tridimensional.

Los parámetros importantes a medir son: amplitud - del barrido, su velocidad y el tiempo utilizado por el animal para tomar la decisión de aproximarse, por medio de un salto ó caminando, al objetivo.

El método empleado, hasta antes del desarrollo de esta tesis, para la medición de estos parámetros consistía en filmar la conducta con una cámara de video conectada a una videocasetera, para que posteriormente, a través de un análisis de la película grabada, el investigador midiera en la pantalla de una televisión los parámetros mencionados de acuerdo a una escala estimada entre la imagen real y la captada por la cámara ra.

Como puede observarse de la breve descripción del proceso de captura y procesamiento de datos, siguiendo este - procedimiento existe la posibilidad de incurrir en mediciones con un alto grado de error, el cual variaría de experimento a experimento sobre todo si consideramos la posibilidad de que el análisis de datos sea realizado por diferentes personas en el desarrollo del proyecto. Esto se resolvería en parte si se contara con un sistema automático computarizado de adquisición y procesamiento de datos para la estimación de los parámetros de interés.

Objetivos

Debido a que las técnicas de medición utilizadas du rante el análisis de la conducta de barrido de la cabeza de la

mantis religiosa, descritos en la sección anterior, presentan ciertas limitaciones que introducen errores en la estimación de parámetros, se planteó la necesidad de contar con un sistema automático computarizado para la captura de información y su procesamiento para la determinación de parámetros de interés (amplitud, tiempo y velocidad de barrido). Para esto, el laboratorio de Bioingeniería del CIFIC de la U.N.A.M. cuenta con un sistema de microcomputadora (CROMEMCO SISTEMA TRES) y una cámara de video (PANASONIC WV-3100), por lo que el objetivo principal de este trabajo es el diseño e implementación de un sistema electrónico, utilizando una microcomputadora, que realice en forma automática la captura y procesamiento de información mencionado anteriormente.

Dicho sistema debe tener las siguientes características:

- 1) Un escenario que facilite la obtención de información para que el sistema pueda cuantificar los parámetros de interés en el estudio del balanceo de la mantis religiosa.
- 2) El sistema debe interactuar con el usuario, de tal manera que éste no requiera de un gran conocimiento sobre electrónica o computación.

- 3) Debe contar con un dispositivo que permita la transmisión en tiempo real hacia la computadora de la secuencia de eventos que ocurren durante la conducta de barrido. Como se cuenta con una cámara de video para el registro de imágenes, el problema se reduce al diseño de una interfase entre la cámara y la microcomputadora.

RESUMEN DE LA ESTRUCTURACION DE LA TESIS POR CAPITULOS

El trabajo que se presenta en esta tesis está estructurado en tres capítulos, cada uno de los cuales describe paso a paso el desarrollo del sistema, y dos apéndices.

El primer capítulo contiene una breve introducción teórica sobre cámaras de video, señales de video e iluminación, para tener un soporte teórico que haga comprensible el manejo de la cámara y la señal que se obtiene de ésta en el desarrollo de la tesis. Además al ser la cámara el elemento transductor, de la imagen a señal eléctrica, del sistema se hace una descripción de la forma de cómo se usa la cámara de cómo se construye el escenario y se maneja la iluminación que se requiere para obtener la información deseada en forma de señal eléctrica o señal de video con un nivel de ruido adecuado.

En el capítulo dos se hace mención a la información que se puede extraer de la señal de video para obtener los valores, en tiempo real, de las coordenadas (x,y) del punto de mayor luminosidad en la imagen. Posteriormente se describe en detalle la forma de cómo se fue desarrollando el diseño del "hardware" del sistema, explicando cada una de sus etapas, concebidas en base a propiedades de la señal eléctrica de video, y su implementación electrónica, ésto es, la descomposición de la señal de video en pulsos de información o pul-

sos de niveles de intensidad luminosa y en pulsos de sincronía para controlar los contadores que determinan los valores de las coordenadas (x,y) del punto de mayor luminosidad en una imagen. Después se describen el diseño de los circuitos necesarios para generar las señales requeridas por cada contador y finalmente se habla de los circuitos que se necesitan a la salida de la fase electrónica para conectarse a una interfase con dos puertos en paralelo que permite la comunicación de -- nuestro diseño con una microcomputadora Cromanco Sistema Tres, que forma parte del equipo existente en el laboratorio de bioingeniería del Centro de Investigaciones Fisiológicas (CIFC) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

En el tercer capítulo se cubre la etapa de control y manejo de información del sistema por medio de la microcomputadora (diseño del sistema de software). Se hace una descripción de las características de funcionamiento y programación de la interfase digital que se utilizó para realizar la comunicación entre el circuito electrónico y la microcomputadora, así como las fuentes de interrupción que tiene para llevar a cabo las rutinas de interrupción que accesan la información, generan una base de tiempo real y las señales que controlan algunas etapas del SEASV. Se describe el software utilizado (lenguaje de alto nivel y lenguaje ensamblador), y se presen-

tan los programas implementados para controlar el acceso y -
despliegue de información durante las diferentes etapas del
sistema completo ("Hardware y Software"). Finalmente en es-
te mismo capítulo, se presentan y discuten los resultados ob-
tenidos al realizar diversas pruebas con dicho sistema.

En el apéndice A se presentan los listados de los
programas diseñados. Finalmente en el apéndice B se presen-
ta una guía de programación para el usuario.

CAPITULO I. GENERACION DE LA SEÑAL DE VIDEO A PARTIR DE UNA CAMARA

Introducción

En la introducción de este trabajo se mencionan - las razones por las cuales se decidió utilizar una cámara de video como elemento sensor del sistema. Esta traduce la in-- formación de niveles de intensidad luminosa, en la imagen cap - tada, en señales eléctricas. Dichas señales son procesadas - posteriormente por medio de un circuito electrónico, que cons - tituye la etapa de "hardware" del sistema, para extraer la in - formación necesaria para determinar la posición, dentro de un sistema coordinado de referencia, del punto de más luminosidad.

Por estas razones se ve la necesidad de introdu-- cir en este primer capítulo fundamentos teóricos sobre las - principales características de las cámaras de video. Se dis - cuten las características y propiedades de la señal de video que se genera a través de la cámara y además se revisan algu - nos conceptos sobre iluminación y diseño de escenarios.

Posteriormente con la información descrita, y de acuerdo a los objetivos expuestos en la introducción, se ana-

lisan las características que presenta la señal que se obtiene en la salida de la cámara.

Finalmente, analizando dichas situaciones, se explica cómo se construyó el escenario, contando con el equipo existente en el laboratorio de bioingeniería del CIFIC de la UNAM, para obtener a la salida de la cámara la señal de video más adecuada que nos permita obtener resultados confiables al término de una sesión de experimentos.

1.1 FORMACION DE UNA IMAGEN

El principio fundamental de un equipo de video es el hecho de que una imagen pueda convertirse en una señal - eléctrica y ser transmitida, bien sea por cable o por radiofrecuencia. Cuando la señal se recibe puede ser reconstruída como imagen visible; la imagen puede ser considerada como variaciones de luces y sombras y se divide en un número muy elevado de puntos que van desde el negro hasta el blanco puro, a través del gris; estos puntos a su vez están distribuídos a lo largo de la pantalla de televisión en serie de líneas horizontales, ligeramente inclinadas formando un cuadro (625 en Europa y 525 en América y Japón).

Con objeto de lograr el efecto de movimiento cada uno de estos cuadros no debe de permanecer más de $1/25$ de segundo en Europa y $1/30$ de segundo en América; en la práctica, sin embargo incluso esta cortísima duración puede hacer parecer al movimiento discontinuo cuando se contempla, por lo que cada cuadro de la acción es explorado dos veces por el tubo, mediante una serie de líneas entrelazadas que combinadas producen un cuadro completo. Así la frecuencia de muestreo de campo de cada sistema es el doble de la frecuencia que se barre cada cuadro, es decir, 50 Hz en Europa y 60 Hz en América y Japón (que corresponde a la frecuencia de la red de suministro eléctrico). (5)

1.2 EL TUBO DE LA CAMARA

La señal de video se genera en el tubo de la cámara. La entrada es la luz de la escena que será televisada y la salida es una señal eléctrica. La imagen está invertida - cuando se proyecta en el tubo, ésto se corrige electrónicamente y se alimenta como una señal de video a la grabadora o receptor.

La operación del tubo de la cámara se ilustra en el diagrama de la figura No. 1. Este principio se aplica tanto para sistemas monocromáticos como para tubos rojos, verdes y azules para la televisión a color.

Los principales tipos de tubos de cámara que se han usado son: tubo orthicon, tubo vidicon, tubo plumbicón y tubo saticón.

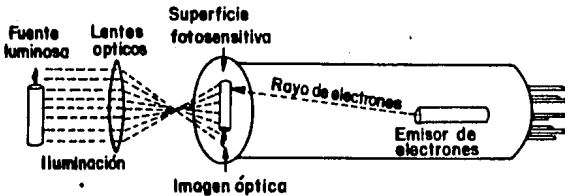


Figura 1
Funcionamiento del tubo de una cámara

La forma más común de tubo para las cámaras domésticas o semiprofesionales es el vidicón (ver fig. 2). La lente proyecta la imagen en foco en una placa (normalmente de 7mm con 25 mm de diámetro). La placa denominada mosaico está recubierta por la cara del lado de la lente con una película conductora transparente de óxido de estaño y por la otra cara de un material fotoconductor. El material fotoconductor hace posible la generación de la señal de video y consiste en la variación de la resistencia eléctrica según la cantidad de luz que incide sobre un punto dado. Posteriormente es necesario un método para examinar de forma organizada las distintas resistencias a través del mosaico a fin de reconstruir la imagen en la pantalla de T.V. Esto es posible mediante un rayo de electrones lanzado desde un cátodo en el extremo trasero del tubo. El rayo de electrones tiene que incidir sobre el mosaico cuya resistencia ha sido modificada por zonas muy pequeñas debido a la cantidad de luz que ha reflejado la escena que se está filmando y pasa a través de la superficie conductora exterior del mosaico como una pequeña parte de la señal de video. Para explorar todo el campo de la imagen, la fina corriente de electrones comienza en el ángulo de la parte superior izquierda de la placa y se mueve hacia la derecha bajando ligeramente; cuando alcanza el borde de la derecha, el punto salta hacia el borde izquierdo (un poco más abajo esta vez) para examinar la línea siguiente y así sucesivamente has

ta la parte inferior de la placa. Cuando alcanza la parte inferior vuelve instantáneamente a la parte superior izquierda de la placa para explorar otro campo que estará entrelazado con el primero, para formar una imagen completa en $1/25$ de segundo o en $1/30$ de segundo. Este retorno rápido es conocido como "borrado" (fly back).

La dirección del rayo se controla por bobinas magnéticas de deflexión, que rodean al tubo. Asimismo la concentración del rayo es un pequeño punto para enfocarlo, es efectuada por una bobina externa de enfoque. Los movimientos del rayo están sincronizados por un impulso de sincronía horizontal, y vertical, conocidos como factores de "sincronía de línea" y "sincronía de campo", respectivamente. La sincronía de línea indica al rayo cuando debe volver a la izquierda a comenzar una nueva línea; mientras que la sincronía de campo contiene la instrucción de que vuelva a lo alto del mosaico para el próximo campo. El impulso vertical puede tomarse tanto de la frecuencia de la alimentación como por un cristal oscilador cuya frecuencia de oscilación sea la necesaria (60 Hz), el impulso horizontal se obtendría de un cristal oscilador cuya frecuencia de oscilación sería en este caso de 15,750 Hz. El receptor de TV reconstruye el proceso para proyectar la imagen.

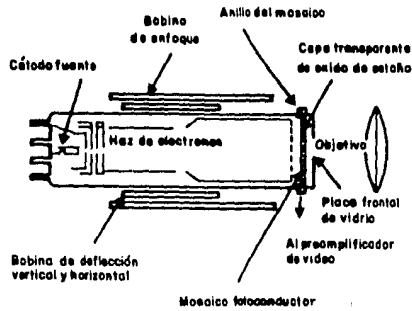


Figura. 2 EL TUBO VIDICON

El tubo plumbicón actualmente muy corriente en el uso profesional, es un perfeccionamiento del vidicón normal - ya que evita de alguna manera el rayado, o "estelas de luz", a las cuales está sujeto el vidicón cuando registra objetos móviles brillantes en un nivel bajo de iluminación general. El rayo de electrones es esencialmente el mismo que el del vidicón, sin embargo, el plumbicón tiene un nuevo tipo de mosaico que contiene monóxido de plomo (PbO) para la cara fotoconductora. En este tipo de tubo se reducen las dimensiones ya que el espesor del mosaico es de $15 \mu m$, mientras que el del vidicón es de $25 mm$. (7) .

Cámaras condispositivo de par de carga CCD.

En los últimos modelos de cámaras y grabadoras en una sola pieza, se utiliza un dispositivo de par de carga - -

(charge coupled device, CCD) en lugar del tubo convencional. Este dispositivo funciona de una forma similar al tubo, con la diferencia de que no necesita un cañón de electrones que genere un barrido para su exploración, ni altos voltajes o en volturas al vacío como los tubos de la cámara ya que todo el sistema sensor de imagen está contenido en un solo circuito integrado de estado sólido semiconductor; éste es explorado según una matriz microscópica de líneas verticales y horizontales grabadas en su superficie. Este tipo de tecnología de estado sólido sustituirá con seguridad a los tubos en un futuro próximo.

Cámara de Video a Colores.

La información que nuestros ojos reciben del mundo exterior es de dos tipos: brillo y longitud de onda. El brillo de los objetos nos dice que cantidad de luz incide sobre ellos, mientras que la longitud de onda se transmite a nosotros como color.

Es posible producir cualquiera de los colores del espectro por la combinación de solo tres de sus componentes: rojo, verde y azul que son los colores primarios y cuya combinación por proyección nos permitirán observar todos los colores de la escala visibles. En video, el tinte de un color en

particular es denominado cromas, el cual se modifica por su -- grado de brillo (luminancia), bien sea hacia el blanco o el negro. La luminancia afecta el grado en que el color es más claro u oscuro lo cual se conoce como grado de saturación de este color. En otras palabras rojo + verde + azul = cromas y cromas + luminancia = color en su saturación con el grado de brillo correcto.

En una cámara de blanco y negro el único factor que define la imagen es la luminancia (conocida como Y); mientras que en una cámara de color cada punto de la imagen debe analizar tanto la luminancia, como el cromas, lo que significa cuatro fuentes separadas de información; rojo (R), verde (G), azul (B) y luminancia (Y). La forma más sencilla, pero más voluminosa de resolver el problema es disponer cuatro tubos, con espejos dicróicos que actúan como filtros de color, para distribuir la luz a los tubos de R,G,B y Y respectivamente; otra alternativa sería colocar tres tubos obteniendo la luminancia al sumar la salida total de los tres tubos. Actualmente es posible leer el cromas y la luminancia con un solo tubo provisto de un filtro de tres colores, el cual es explorado rápida y alternativamente para dar las tres salidas de color y puede complementarse con un vidicon para la luminancia (cámara de 2 tubos), lo más común actualmente es combinar las tres salidas en un solo tubo proporcionando una cámara compacta.

Además de los dispositivos corrientes en las cámaras de blanco y negro, las cámaras de color poseen un dispositivo de ajuste para equilibrar el color denominado "balance - de blanco". (5)

1.3 BARRIDO Y SINCRONIA DE LA SEÑAL DE VIDEO

El área rectangular que es barrida por el rayo de electrones que se deflecta horizontal y verticalmente se denomina pantalla. Con la señal de video el tubo de T.V. reproduce la imagen en la pantalla, asimismo para controlar los barridos vertical y horizontal correctamente sigue los pulsos de - sincronía horizontal y vertical que forman parte de la señal.

1.3.1 SEÑAL DE BARRIDO

Se considera una señal diente de sierra como corriente de barrido lineal para un tubo electromagnético. Esta corriente fluye de las bobinas de deflexión y tiene un valor pico de 400mA que corresponde a una deflexión del rayo de 20", es decir, 5" por 100 mA. La sincronía horizontal mueve el -- rayo en un ciclo de la señal de izquierda a derecha de la pantalla y regresa inmediatamente (fly back) al extremo izquierdo; de la misma manera la sincronía vertical mueve el rayo - de arriba hacia abajo de la pantalla regresando rápidamente

hacia arriba en un solo ciclo de la señal. Como el número de líneas horizontales barridas en 1 segundo es 15750, la frecuencia del barrido horizontal es de 15750 Hz. Para la deflexión vertical, la frecuencia de la señal es igual a la frecuencia de campo que es igual a 60Hz. Durante el tiempo de regreso - del rayo (fly back) tanto horizontal como vertical, la información es "blanqueada", es decir, durante ese tiempo no habrá imagen en la pantalla, por lo que es necesario minimizar ese tiempo tanto como sea posible. El tiempo de regreso del barrido horizontal, corresponde aproximadamente a un 10% del periodo de la señal. si usualmente es de 63.5 μ s, la duración del "flybak" será de 6.35 μ s. Para el caso del barrido vertical cuya frecuencia es menor, el tiempo de regreso es menor del - 5%, se consideran más o menos 500 μ s que correspondería al -- tiempo de barrido de ocho líneas horizontales. (7)

Anteriormente habíamos dicho que era necesario barrer dos veces cada cuadro para aumentar la frecuencia y crear una sensación continua de movimiento. El procedimiento que se ha adoptado universalmente emplea un entrelazamiento de líneas horizontales, es decir, primero explora las líneas nones completando un campo de 262.5 líneas y regresa a explorar las líneas pares (262.5) terminando así un cuadro de 525 líneas.

La geometría del procedimiento se muestra en la figura No. 3.

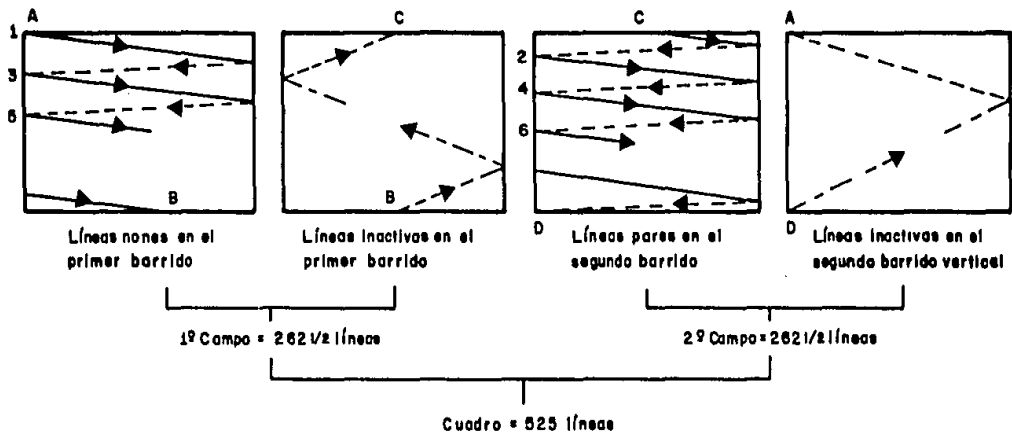


Figura. 3 Procedimiento del entrelazado de líneas nones del barrido

Hay que tomar en cuenta que durante el barrido -- del primer campo de líneas nones, el rayo comienza en el extremo izquierdo de la pantalla y barrera 262 $\frac{1}{2}$ líneas; mientras que el siguiente campo será iniciado en la parte central de la pantalla.

1.3.2 Pulsos de Sincronía

Los pulsos de sincronía horizontales y verticales sincronizan el barrido horizontal y vertical respectivamente con la posición de la información de la imagen en la pantalla. Los pulsos de sincronía horizontal tienen una frecuencia de 15750 Hz y los de sincronía vertical tienen una frecuencia de 60 Hz; estos pulsos se transmiten como parte de la imagen, -- pero se envían durante el período de blanqueo, cuando no hay transmisión de información de imagen, ya que los pulsos de sincronía inicializan el regreso tanto horizontal como vertical. La forma de los pulsos de sincronía se muestra en la figura -- No. 4. Todos los pulsos tienen la misma amplitud pero varían en ancho de pulso.

El diagrama de la figura mencionada dibuja los -- pulsos de sincronía, separados de la señal que contiene la información de la imagen, para hacer más objetiva su comprensión.

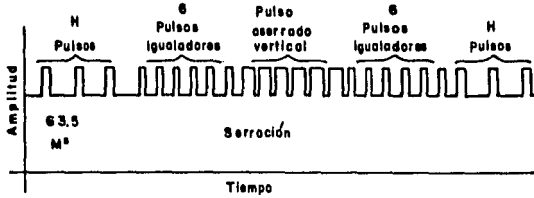


Figura. 4 Pulsos de sincronía

Los pulsos que se muestran en la figura anterior, de izquierda a derecha son: tres pulsos de sincronía horizontal, un grupo de seis pulsos igualadores, un pulso vertical "aserrado" y seis pulsos adicionales igualadores que son seguidos por tres pulsos de sincronía horizontal.

La sincronía vertical está compuesta además del pulso de sincronía aserrado, de seis pulsos igualadores al principio y fin de éste y su efecto es proveer formas de onda idénticas en la señal de sincronía vertical ya que ésta está separada por campos nones y pares de tal manera que una sincronía constante puede ser obtenida para un buen enlace de los campos. La frecuencia de los pulsos igualadores es de 31500 Hz. (7)

1.3.3 Frecuencias de Barrido

Frecuencia de cuadro = 30 cuadros/seg

Frecuencia de campo = 60 campos/seg

Frecuencia de línea = 15750 líneas/seg

De la relación de frecuencia respecto al período de duración, $f = \frac{1}{p}$ podemos obtener el tiempo que ocupa la lectura de una línea de información de un campo y de un cuadro

Tiempo de duración de un cuadro = $1/30s = 0.033$ seg

Tiempo de duración de un campo = $1/60s = 0.0166$ seg

Tiempo de duración de una línea = $1/15750s = 63.5 \mu s$

1.4 SEÑAL DE VIDEO COMPUESTA

La señal de video compuesta está formada por la unión de la señal analógica que contiene la información de la imagen, más la señal digital de los pulsos de sincronía; además tiene un recordatorio, línea por línea, del nivel de negro puro que actúa como referencia para el grado de luminancia. En el caso de un monitor de color, necesita una cantidad mayor de información sobre el color o croma de cada partícula de información visual.

1.4.1 El ancho de banda y las líneas.

La serie de frecuencias abarcadas por una señal simple de video en blanco y negro es muy grande y está relacionada directamente con el número de unidades de información que ha de transmitir en cada segundo; se expresa en Hertz (Hz). - Un Hertz, o unidad de frecuencia, puede contener dos unidades de información visual, mientras que el cuadro completo de 525 líneas de señal de video necesitará no menos de 8 millones de unidades de información por segundo; 4 millones de Hertz - -- (4MHz). (A causa de la diferencia del estandar de líneas, el ancho de bandas necesario en Europa es de 5.5MHz, 20% más que el sistema americano).(5)

Cada línea transporta cientos de elementos de detalles de video y una línea se repite 30 veces por segundo; - solamente a través de esta gran cantidad de información electrónica puede mantenerse la definición de la imagen. Una línea ocupa sólo 63.5 μ s, de los cuales 53.5 μ s se utilizan -- para la información de la imagen, el resto del tiempo se dedicca al impulso, de sincronía de línea, referencia de color - (burst) y nivel de blanco que actúa como una referencia de negro con respecto a la cual se mide la señal hasta el punto de "máximo blanco".

En resumen la señal de video compuesta de blanco y negro se forma de líneas horizontales (H) con una duración de $63.5 \mu\text{s}$ y contiene los pulsos de blanqueo H que duran de 9.5 a $11.5 \mu\text{s}$, los pulsos de sincronfa H de $4.75 \pm 0.5 \mu\text{s}$, el "front porch" de $1.27 \mu\text{s}$ (mínimo) y el "back porch" de $3.81 \mu\text{s}$ (mínimo) y la línea visible dura de 52 a $54 \mu\text{s}$; y del blanqueo vertical cuya duración total es de 0.8 ms a 1.3 ms, y comprende seis pulsos de sincronfa vertical, la duración de cada pulso es de $H/2 = 31.75 \mu\text{s}$, por lo tanto la duración de los seis pulsos es de $190.5 \mu\text{s}$, además contiene 6 pulsos igualadores con una duración por pulso $2.54 \mu\text{s}$, la duración de cada aserración de la sincronfa vertical es de $2.54 \mu\text{s}$ y finalmente el tiempo de campo visible es de 15 ms a 16 ms, englobado todo por la duración total del campo equivalente a 16.7 ms = $1/60$ seg. La figura No. 5 muestra un diagrama de señal de video compuesta para campos sucesivos.(7)

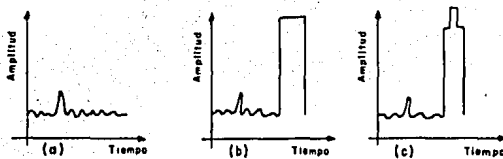


FIGURA 5.1 LAS TRES COMPONENTES DE LA SEÑAL DE VIDEO COMPUESTA.
a) - Señal de la cámara de una línea horizontal.
b) - Pulso de blanqueo horizontal añadido a la señal de la cámara.
c) - Pulso de sincronía añadido al pulso de blanqueo.

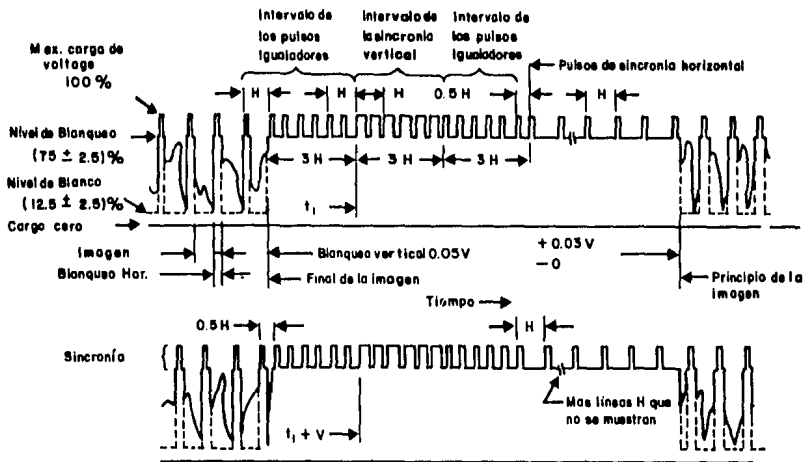


Figura 5.2 Señal de video compuesta. V igual a $1/60s$

1.4.2 Polaridad de la Sincronía.

Se puede observar que la señal de video que sale de la cámara, al ser vista en el osciloscopio puede mostrar dos formas mostradas en la figura No. 6. La primera muestra polaridad de sincronía positiva y la segunda polaridad de sincronía negativa. En términos del tubo de la cámara la sincronía negativa es la polaridad correcta en la rejilla de control para cortar la corriente del rayo de electrones para obtener el nivel de negro. En el cátodo se requiere polaridad de sincronía positiva, ya que un voltaje positivo en el cátodo corresponde a un voltaje negativo en la rejilla de control. En cualquier caso hay que recordar que las amplitudes de blanco son siempre opuestas a los pulsos de sincronía.

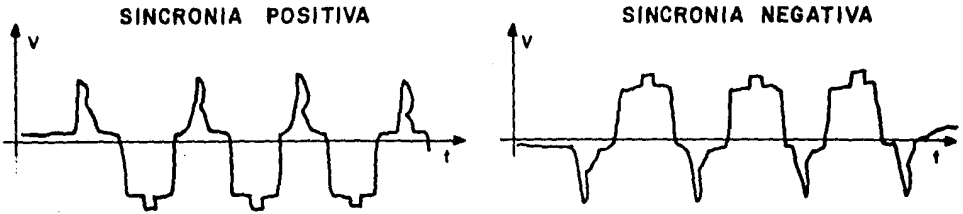


FIGURA 6 POLARIZACION DE SINCRONIA

1.5 LUZ E ILUMINACION

Por iluminación se entiende todo tipo de operaciones, desde el simple incremento de la luz existente con reflectores o aumentando la potencia de las bombillas, hasta un equipo completo de iluminación. En cualquier caso la videocámara está limitada críticamente por el nivel dominante de iluminación y en el actual estado de la técnica, la iluminación doméstica normal puede producir resultados incluso inaceptables.

1.5.1 Iluminación y Exposición

Por lo general la calidad de la imagen de video es afectada por el nivel de iluminación. En video la cantidad de luz se mide, bien sea en candelas-pie (iluminación producida por un foco de una candela de potencia sobre una superficie de color blanco puro situada a un pie de distancia) o en lux (lumen por m²). Una candela-pie es igual a 10.76 lux. Debido a la ley del inverso de los cuadrados; al duplicarse la distancia de una fuente luminosa producirá una iluminación cuatro veces menor sobre un objeto determinado; esto significa que la capacidad de filmación está limitada por el nivel de iluminación, ya que las cámaras domésticas no dan resultados aceptables por debajo de 50 lux aproximadamente, que es el nivel de iluminación de un recinto brillantemente iluminado y darán óptimos resultados por arriba de una iluminación de 250 lux.

1.5.2 Retardo (lag) y ruido

La falta de exposición se manifiesta en el video en un aumento progresivo del nivel del "ruido" visual. A medida que la sensibilidad del tubo se eleva automáticamente para hacer frente a las imágenes oscuras, el tubo se hace sensible

al "retardo" (lag). El retardo es el retraso producido cuando hay objetos brillantes en movimiento, en relación con el tubo, a bajos niveles de iluminación y es el defecto más serio del tubo vidicón. Los tubos más nuevos como el Plumbicón y el Saticón han sido mejorados desde este punto de vista.

1.5.3 Ganancia y Abertura

La salida de la cámara está determinada por tres factores principales: el nivel de iluminación, el grado de ganancia de la cámara (amplificación electrónica de la señal de video) y la apertura del objetivo. En una cámara de video el control automático de ganancia (AGC) aumentará dicha ganancia hasta que se haya alcanzado una salida satisfactoria y solamente entonces se disminuirá la apertura para reducir la luz que llega al tubo (en condiciones de sol brillante, por ejemplo). Esta es la razón por la que se encuentran problemas de ruido y retardo en condiciones de ganancia elevada.

La apertura máxima viene determinada por el objetivo que equipa la cámara o, en caso de objetivos intercambiables, el que se utilice.

El AGC de la cámara sólo controlará el nivel de -

nivel de iluminación promedio de la escena, por lo que en situaciones donde existan contraluces muy fuertes, u objetos -- predominantemente blancos se debe abrir más el diafragma.

1.5.4 Control de Exposición

En video la cámara misma se emplea como exposímetro, ya que registrará la cantidad exacta de luz que es grabada.

Si la cámara tiene solamente un visor óptico, estará equipada con algún tipo de indicador de exposición en el visor que como mínimo indicará si existe falta de luz. Puesto que el tubo en una videocámara está sometido a variaciones -- electrónicas del grado de ganancia (en la práctica es como si fuese una película que variase de velocidad) además de las variaciones de abertura, que a menudo se realizan automáticamente, los fotómetros convencionales no se usan corrientemente - en el trabajo de video: la cámara es el fotómetro.

1.5.5 Accesorios de Iluminación

Para variar las condiciones de iluminación de una escena además de los focos mismos, existe una gran variedad -

de accesorios que nos permiten lograr este objetivo, entre -- los más comunes viseras, conos, banderas que restringen o con-- centran los rayos luminosos. Gasas, medias gasas y rejillas metálicas que proporcionan una luz más difusa; plantillas que producen una distribución de luz moteada y filtros.

Filtros: El filtro más corriente es de cristal -- azul dicróico, utilizado con los focos de cuarzo para aumentar la temperatura de color. También son corrientes las láminas -- de gelatina que pueden ser de azul total, según el grado de co-- rrección de color que se desea. Otros filtros pueden destinar-- se para efectos (rojo, naranja) o pueden diseñarse para correc-- ción de color de otras fuentes luminosas.

1.5.6 Visor de la Cámara

El visor de la cámara constituye una parte muy im-- portante de ésta, ya que a través de éste se puede controlar la grabación en cuanto al encuadre, enfoque, acercamientos, -- iluminación, exposición, etc., y dependiendo del tipo de vi-- sor del que se trate la cámara puede tener mayor o menor versa-- tilidad. Los visores más comunes son el óptico, el reflex y el electrónico.

El visor óptico es el más económico de los tres -

tipos principales, pero tiene la desventaja que el punto de vista no es exactamente el mismo que el del objetivo. El visor reflex desvía algo de la luz que entra en el objetivo hacia el visor y da una idea real del encuadre y enfoque que está tomando la máquina. El visor electrónico tiene la gran ventaja de mostrar el encuadre y el enfoque y, en algún modelo, la exposición aparente y el contraste de la imagen a grabar.

1.5.7 Principios de Iluminación

Existen ciertos principios básicos que son comunes a todas las situaciones de filmación; éstos pueden identificarse tomando como ejemplo la iluminación de una cara, lo cual ofrece una variedad de posibilidades muy grande.

Equilibrio de las luces: Se comienza siempre por el foco principal y se añade luego los focos de aclarado y de fondo por ese orden. La relación entre el foco principal y el de aclarado es importante y debe ser apreciada cuidadosamente con un fotómetro. Alternativamente puede comprobarse el equilibrio directamente a través de un monitor.

Foco principal: Tanto la altura como el ángulo del foco principal tienen un efecto determinante en el tipo -

de iluminación que se intente. Es el primer foco que debe colocarse procurando localizarlo de tal manera que no cree sombras indeseables sobre el objeto de filmación. El ángulo con respecto a la cámara estará determinado en parte por la dirección hacia la cual se encara el objeto.

Cuando se está limitado a un solo foco, la luz -- debe difundirse con fibra de vidrio y colocarse arriba y a un lado de la cámara. La forma más cruda de iluminación se obtendría si se coloca al foco encima de la cámara o tras de ella, de tal manera que no proporciona ninguna profundidad ni modelo al objeto.

1.6 CAMARA E ILUMINACION EN EL DISEÑO DEL SISTEMA

En los puntos anteriores de este capítulo se hizo una introducción técnica sobre los conceptos básicos necesarios para el diseño de la primera parte del sistema que a continuación utilizaremos para explicar sus características y funcionamiento.

El objetivo principal en esta parte consiste en -- filmar el movimiento del animal de tal manera que se pueda obtener una señal de video con determinadas características que permita su fácil procesamiento a través del circuito electró-

nico (segunda parte). La señal de video debe contener la información específica, que forme una imagen con una figura blanca, (que sería el punto de interés), sobre un fondo negro, es decir, que por cada cuadro compuesto de 525 líneas horizontales, se tenga un número mínimo de líneas con niveles de blanco en donde únicamente un pulso de cada línea horizontal alcance el nivel máximo de blanco y el resto de las líneas permanezcan en negro.

En la figura No. 7 se muestra un ejemplo esquemático de la señal de video compuesta deseada, (sincronía positiva).

Es importante hacer hincapié sobre la señal mostrada en la figura, se desea obtener exclusivamente un pulso por cada línea horizontal con una amplitud máxima de voltaje (nivel blanco).

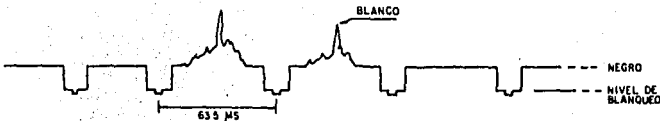


FIGURA 7 SEÑAL QUE SE DESEA OBTENER

El tipo de cámara que se utilizó para hacer las grabaciones fue una videocámara de color Panasonic WV-3100, - cuyas características principales son:

Fuente de poder: 12V d.c.

Consumo de potencia: 8.5 watts

Barridos: 525 línea/60 campos/30 cuadros por segundo

Tubo de la cámara: cámara de un solo tubo Vidicon 54094 con filtro de tiras de 2/3" y de flexión magnética

Nivel de salida de video: 1.0 Vpp NTSC (National Television System Comitee) 75 Ohms.

Resolución Horizontal: 240 líneas al centro

Relación señal/ruido: 45dB (140 candelas-pie a F2.8)

Iluminación requerida: 140 candelas-pie - - (1400 lux) a F2.8)

Mínimo de iluminación requerida: 7 candelas-pie (70 lux)

Lentes: 6:1 automático/Luz Manual/Control de Iris, zoom de potencia 12.5 - 75mm F1.4

Visor: Electrónico de 1 3/8" con control de exposición, indicador de abertura de iris -- para control de iluminación, indicador de --

grabación e indicador de grabación en interiores y exteriores.

El filtro de tiras es uno de los principales sistemas para obtener una señal completa de video en color de un vidicón. La cara del tubo está dividida en tiras de tres colores, que son leídas por los correspondientes electrodos en forma de tiras en la placa. La luminancia se deduce por la suma de las tres salidas de croma. La cámara de un solo tubo es la más común en la actualidad en el campo del video doméstico. No hay problemas de registro ya que los tres colores y la luminancia se obtienen de un solo tubo. La cámara es de muy poco peso.

Hacemos la aclaración que este tipo de cámara no es exclusivo del diseño ya que puede usarse cualquier videocámara con características similares a la mencionada.

Debido a que nuestro interés está centrado en el movimiento de un volumen determinado (puede ser el animal completo considerado como un punto o alguna parte específica de su cuerpo considerada de la misma forma) se puede conseguir - este objetivo creando una escena plana y contrastada, es decir, una escena donde exista una variación directa entre un blanco (objeto a estudiar) y el negro (fondo de filmación) sin necesidad de pasar por tonalidades intermedias y eliminar el

efecto tridimensional. Es evidente que para esta situación - el color no es relevante siempre y cuando esté contrastado en partes claras que se considerarían como blanco y oscuras que serían negro. De esta manera si obtenemos una grabación donde el objeto de estudio sea predominantemente blanco sobre un fondo negro tendremos el tipo de señal que habíamos mencionado anteriormente. Para lograr los efectos mencionados construimos un escenario cuyo fondo será negro y los elementos que lo integren serán de colores preferentemente oscuros de tal manera que tenga un contraste con el color del sujeto en estudio. La cámara se sitúa a una distancia tal de la escena que logre captar un plano general de ésta y así tener en el cuadro del visor el área total donde puede moverse el animal estudiado; bajo estas circunstancias se requiere un tripié para mantener la videocámara fija ya que no será necesario seguir con ésta la trayectoria del animal.

La iluminación es un factor muy importante para obtener los resultados esperados y para lograr una iluminación adecuada se utilizó un solo foco difusor montándolo encima de la cámara o atrás de ella para evitar la profundidad de la escena y obtener un contraste marcado (ver figura 9).

Es importante considerar la uniformidad e intensidad de la iluminación ya que se le debe proporcionar a la cá-

mara suficiente luz para la exposición y para evitar el efecto de lag "retardo", pues dadas las circunstancias y características del tubo vidición de la cámara es muy probable caer en este error. El control de la iluminación se realiza en este caso a través del visor electrónico de la cámara.

En caso de no lograr el contraste deseado es posible usar filtros para la cámara de tal manera que el color -- del objeto estudiado al pasar a través del filtro quede en niveles de blanco contrastando con el color oscuro del escena--rio.

Otra solución por la que se puede optar en caso - de no obtener la señal esperada después de haber ajustado todas las variables mencionadas a sus valores límites, es pintar de un color claro, de preferencia blanco, el animal o la parte que se esté estudiando con algún tinte que no lo afecte o que modifique las condiciones del experimento para lograr el efecto de contraste y obtener la señal deseada.

El resultado de esta primera parte del diseño del sistema que analiza la señal que sale de la cámara, se muestra en la gráfica de la siguiente figura.

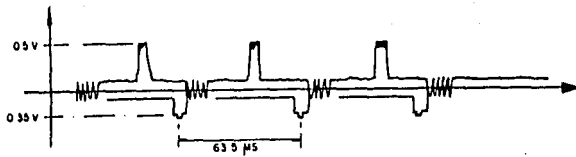


FIGURA 8 SEÑAL QUE SE OBTIENE A LA SALIDA DE LA VIDEO CAMARA

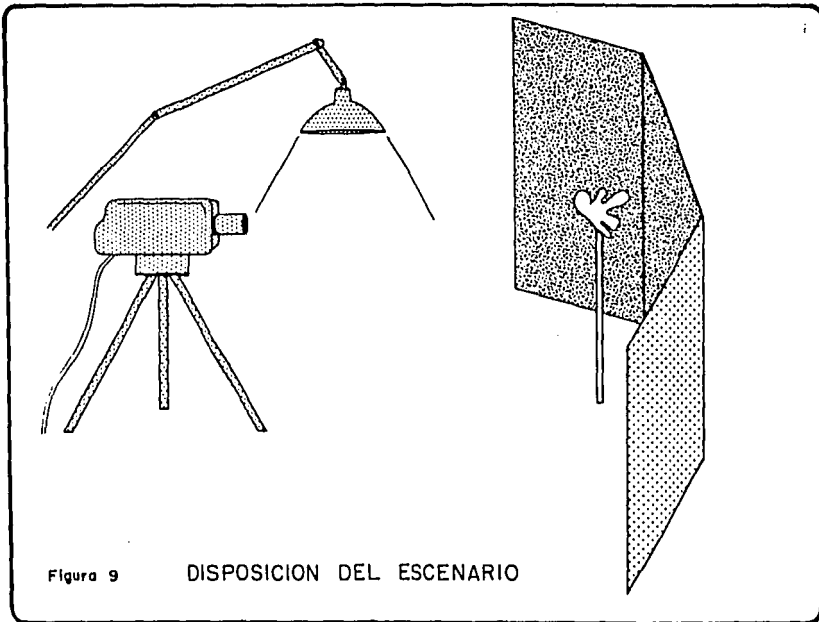


Figura 9 DISPOSICION DEL ESCENARIO

CAPITULO II. SISTEMA ELECTRONICO QUE ANALIZA SEÑALES DE VIDEO (SEASV)

Introducción

En el capítulo anterior se describe la señal de video obtenida a la salida de la cámara de televisión y se analizan las características que ésta posee. En el presente capítulo lo describimos el sistema electrónico ("Hardware") que analiza dicha señal. El sistema está estructurado en tres bloques, - que se muestran en el diagrama de la fig. 10, los cuales se describen detalladamente a lo largo de este capítulo.

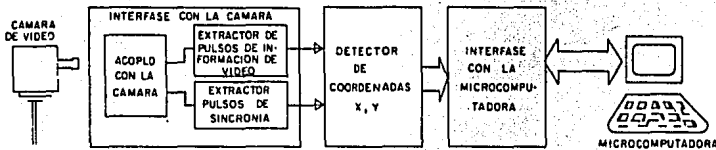


FIGURA 10

DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA ESTRUCTURA DEL SEASV

El primer bloque, denominado Interfase con la Cámara, consta de tres etapas: a) Acoplo con la señal de video. En esta sección se discuten las características del diseño -- del circuito para acoplar el SEASV con la cámara. De esta - etapa se pasa simultáneamente a las etapas b) y c). b) Extractor de pulsos de información de video. Se discuten las características del diseño del circuito que separa los pulsos de - información de video de la señal de video compuesta, y por último, c) Extractor de pulsos de sincronía. En esta última etapa se discute el circuito diseñado para separar los pulsos de sincronía de la señal de video compuesta.

En el segundo bloque, denominado Detector de Coordenadas (x, y), se menciona el diseño del circuito que obtiene las coordenadas (x, y) del punto de mayor intensidad luminosa en la imagen a partir de las señales obtenidas en la etapa anterior.

Finalmente en el último bloque, denominado Interfase con la Computadora, se describe el circuito de salida del SEASV, el cual recibe la información de la etapa anterior y - la envía a la microcomputadora a través de un puerto en paralelo de entrada/salida que forma parte de una interfase digital, llamada TU-ART que es parte del equipo de computación - que se usó.

El objetivo principal en esta etapa, es lograr la cuantificación, en tiempo real, de la posición instantánea, - dentro de un sistema de ejes (x-y) coordenadas, de un objeto en movimiento, ésto es, obtener electrónicamente las coordenadas de la trayectoria del movimiento del objeto bajo estudio o de alguna parte específica de éste a partir de la señal de video que se obtiene de una cámara de televisión. Por estas razones en este capítulo se discuten también las características de la señal de video expuestas en el capítulo anterior, - para extraer de ella la información necesaria para la determinación de las coordenadas (x, y) del punto de mayor luminosidad en una imagen, así como la trayectoria seguida por dicho punto durante el análisis de una secuencia de imágenes.

2.1 Definición del Sistema de Ejes Coordenados.

El barrido de la señal de video que ocurre en una cámara de televisión presenta una especie de cuadrícula formada por las líneas horizontales y la resolución, o número de - puntos, dentro de cada línea del muestreo horizontal realizado por la cámara. Estas características del sistema de barrido de una cámara de televisión nos da un marco de referencia para poder definir el sistema de ejes coordenados (x, y) que se desea.

Para definir un sistema de ejes coordenados es necesario hacer un análisis de la información que se obtiene a partir de la señal de video y basar el diseño del sistema electrónico que analiza señales de video (de aquí en adelante referido como SEASV) en función de dicha información.

La señal de video compuesta que se obtuvo de la cámara genera una imagen totalmente contrastada, es decir, el objeto bajo estudio refleja una cantidad de luz mucho mayor que la que refleja el resto de la imagen, esto es, el objeto bajo estudio tiene el color más claro con respecto a todo el escenario y además pierde la definición de su contorno, semejando un punto. Dicho punto puede ocupar más de una línea horizontal de la imagen, por lo tanto la señal de video tiene más de una línea horizontal con niveles de mayor luminosidad ("blanco"), -- donde el punto máximo de nivel de blanco por cada línea horizontal, dado que genera una figura puntual, es único. El resto de las líneas tienen un nivel de voltaje que se considera que corresponde al color negro. Hacemos hincapié que la polaridad de la sincronía de la señal obtenida es positiva (ref. sec. 1.4.2)

En la figura No. 11 se muestra un diagrama de la señal descrita, en la cual se indican los rangos de x y de y

que corresponderían a un punto cualquiera existente en un campo de la imagen.

En la figura la coordenada y corresponde al número de líneas horizontales que hay desde el inicio de la señal que genera el campo hasta el punto donde se encuentra el primer pulso de nivel de blanco y la coordenada x estaría dada por el número de puntos muestreados por línea horizontal desde el inicio de la línea donde se encuentra el primer pulso de nivel de blanco hasta el lugar donde se encuentra dicho pulso.

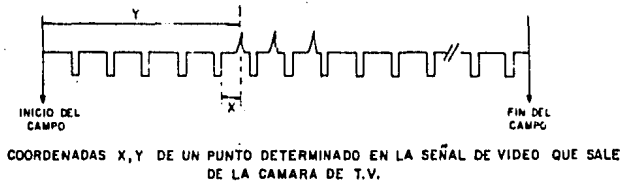
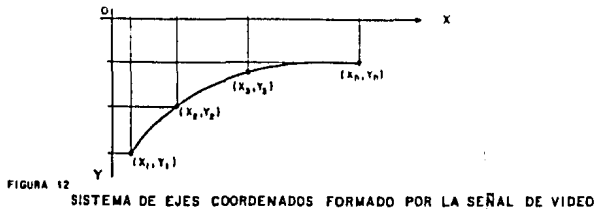


FIGURA 44

Para cuantificar las coordenadas es necesario establecer un marco de referencia. En la introducción se menciona que el barrido de la señal de video en el mosaico del tubo de la cámara puede constituir dicho marco dadas sus características.

Suponiendo que se quiere obtener la información que muestra la figura No. 12, es necesario definir la resolución y los valores límites de los ejes coordenados con los que se trabajó.



El barrido de la señal de video comienza en el ángulo superior izquierdo del mosaico de la cámara y continúa de derecha a izquierda y de arriba a abajo de tal manera que, si el origen del sistema coordenado coincide con la esquina superior izquierda de la imagen de video, forma un sistema de ejes coordenados correspondientes al cuarto cuadrante de un sistema cartesiano.

Para definir los ejes se tomaron en cuenta las características propias de la señal de video. El eje de las abcisas está dado por el número de muestras que se tienen horizontalmente para formar una imagen y ésta a su vez está en función de la resolución de la cámara que se utilice. En nuestro caso utilizamos una cámara Panasonic WV3100 cuya resolución horizontal es de 240 muestras, por lo que se puede supo---

ner un rango de valores de 0 a 240 puntos para el eje de las x'S. El eje de las coordenadas 'Y' está definido por el número de líneas que componen una imagen. Existen dos opciones, el número de líneas que forman un campo (262½) o el número de líneas que forman un cuadro (525) (ref. sec.1.1). Si se considera que la frecuencia de generación de un campo (60 Hz) es dos veces la de un cuadro (30 Hz), el conteo de líneas por campo sería dos veces más veloz que el de líneas por cuadro, esto es, al término del conteo de 262½ líneas, han transcurrido 16.67 ms mientras que al finalizar la cuenta de 525 líneas, transcurrieron 33.3 ms. En un momento dado, entre más veloz sea el sistema se tendrá un número mayor de valores (x,y) en un tiempo fijo, por lo tanto se eligió un eje "y" dividido en 262½ partes que es el número de líneas que forman un campo.

De esta manera bajo el marco de referencia que -- constituye la señal de video, la cual se muestra en la fig. 13 y las características propias de la señal de video que se obtiene de la cámara (fig. No. 11) se obtendrá un par de coordenadas (x,y) cada generación de campo, es decir, se localiza la posición de un punto cada 16.67 ms. Esto significa, que aunque la figura del objeto filmado ocupe más de una línea horizontal por campo, como se ve en la figura No. 11, debido a las características del movimiento del objeto bajo estudio -

(Mantis Religiosa), el sistema detecta únicamente el primer pulso que encuentra durante el barrido de las $262\frac{1}{2}$ líneas horizontales.

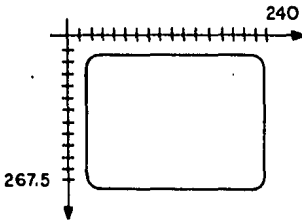


FIGURA 13 SISTEMA DE EJES
GENERADO POR LA
SEÑAL DE VIDEO

2.2 INTERFASE CON LA CAMARA

De la figura No.10 que muestra el diagrama de bloques del SEASV en general, se observa que el bloque de Interfase con la cámara es el que preprocesa la señal de video que se obtiene de ésta. A través de éste bloque se efectúa el acoplamiento entre la cámara y nuestro diseño (el SEASV) y además se lleva a cabo la extracción y separación de los pulsos de información y de los pulsos de sincronía (ref. sec. 1.3.2 y 1.4)

2.2.1 Acoplo con la Señal de Video.

Después de describir la información que es obtenida a partir de la señal de video compuesta, se observa que --

los pulsos de nivel de blanco, o pulsos de información y los pulsos de sincronía (polarización positiva) son los de mayor utilidad para nuestro diseño. Los primeros son sumamente importantes puesto que su localización en la señal de video, en cuanto al número de línea horizontal en que se encuentran dentro del campo y su posición en dicha línea, determinan los valores de las coordenadas Y y X respectivamente. Los pulsos de sincronía de la señal a su vez sirven para cuantificar dichos valores ya que están íntimamente ligados con la posición que la información guarda dentro de un campo.

Por las razones descritas arriba, se observa que es necesario separar los pulsos de información de la señal de video de los pulsos de sincronía. Existen varias alternativas para ésto. Sin embargo, éstas se reducen pues es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones: 1) la entrada del circuito extractor de las señales será la que se acople con la salida de la cámara; 2) es necesario elevar el nivel de voltaje de la señal de video para que pueda ser interpretada por los circuitos integrados, disponibles en el mercado, de la interfase a diseñar, y 3) el circuito extractor debe tener salidas compatibles con los circuitos que constituyen la etapa de detección de coordenadas (x, y) (ver fig. No. 10)

Para cumplir con todos los requisitos expuestos - arriba, se diseñó un circuito en base a comparadores. La elección del tipo de comparador que sería el adecuado para el diseño, se consideraron las características de corriente y voltaje que requería el circuito en general.

Si se observa el diagrama de la figura No.10, el sistema electrónico cuenta con un bloque que constituye una interfase con la microcomputadora Cromenco Sistema Tres, de esta manera el SEASV puede considerarse como una interfase más de la computadora y por lo tanto debe consumir un mínimo de corriente y por ende de potencia.

Se buscó un circuito cuyo suministro de voltaje - fuera compatible con el de los circuitos integrados digitales que se usaron, para tener una única fuente de poder en el circuito.

Puesto que la familia de circuitos integrados digitales más diversificada y de menor consumo de potencia en México es la TTL/LS, entonces, se eligió un comparador cuya salida fuera compatible con dichos circuitos (TTL).

Por todas estas razones se eligieron comparadores

LM311, que presentan las siguientes características: 1) corrientes de entrada muy pequeñas del orden de 250 nA; 2) impedancia de entrada muy grande (tiende a infinito); 3) está diseñado -- para operar sobre un rango más ancho de suministro de voltaje, desde los $\pm 15V$, típico suministro de voltaje de los amplificadores de voltaje, hasta un suministro de 5V usados en la lógica de los circuitos integrados; 4) sus salidas son compatibles con circuitos TTL, y 5) tienen un consumo máximo de potencia - de 135 mW.

Para acoplar la señal que sale de la cámara con los comparadores, se utilizaron dos capacitores, los cuales - también sirven para eliminar fuentes de ruido provenientes de la cámara.

Se usó un capacitor de $0.01\mu F$, entre la salida de la cámara y la entrada no inversora de los comparadores como acoplamiento. El valor del capacitor se eligió para eliminar las componentes de alta frecuencia provenientes de la cámara. El capacitor de $100pF$ entre las entradas positiva y negativa de los comparadores está recomendado por los fabricantes (11) para mejorar la respuesta a la salida de los comparadores.

2.2.2 Extractor de Pulsos de Información de Video.

A continuación se describe la configuración de -- las etapas de extracción de señal de información de video o - pulsos de información y pulsos de sincronía.

La figura No. 14 muestra esquemáticamente la adaptación del circuito comparador que separa los pulsos de información de la imagen, de la señal de video compuesta proveniente de la cámara, y además muestra los elementos de acoplo, -- descritos en la sección anterior, con la salida de la cámara de T.V.

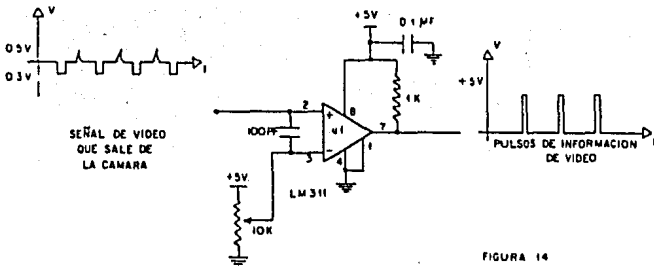
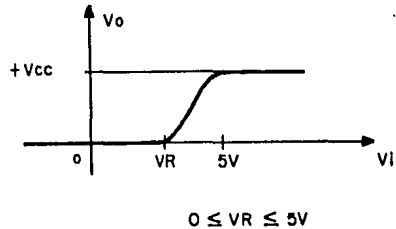


FIGURA 14

CIRCUITO EXTRACTOR DE LOS PULSOS DE INFORMACION DE VIDEO

Para éllo es necesario alimentar una de las entradas del comparador, en este caso la negativa con un voltaje de referencia V_R que representa el nivel de comparacion de la señal de video V_i que se aplica por la entrada positiva del comparador. La salida del circuito estará dada por la ecuacion $V_o = A(V_i - V_R)$; donde A es la ganancia de voltaje, la cual tiene por lo regular un valor muy grande (200mV/V). La funcion de transferencia del circuito se muestra en la figura No. 15.

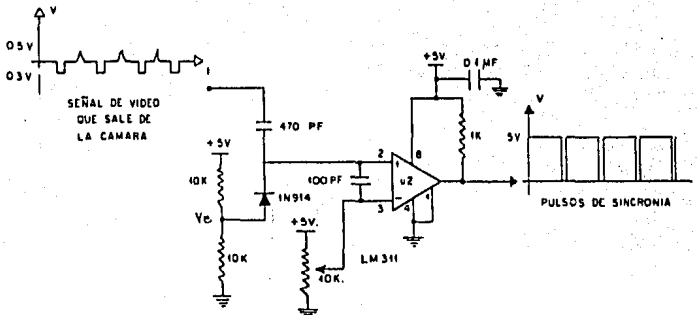
FIGURA 15 FUNCION DE TRANSFERENCIA DEL COMPARADOR QUE OBTIENE LOS PULSOS DE INFORMACION.



El valor del voltaje de referencia es variable ya que está conectado a través de un potenciómetro y su valor oscila de 0 - 5V, ésto permite que la salida de la señal (V_o) sea controlada de tal manera que el ancho de pulso de informacion pueda ajustarse a las necesidades.

El capacitor que va de la polarizacion del comparador a tierra sirve para filtrar posibles fluctuaciones (ruido) de la fuente de poder.

2.2.3 Extractor de Pulsos de Sincronía



CIRCUITO EXTRACTOR DE LOS PULSOS DE SINCRONIA

FIGURA 16

En la figura No. 16 se muestra el circuito utilizado para obtener los pulsos de sincronía de la señal de video proveniente de la cámara. La entrada positiva del comparador es alimentada con la señal de video, a través de un circuito que suma una señal de corriente directa a dicha señal, mientras que la entrada negativa es alimentada a través de un potenciómetro con el voltaje de referencia (VR).

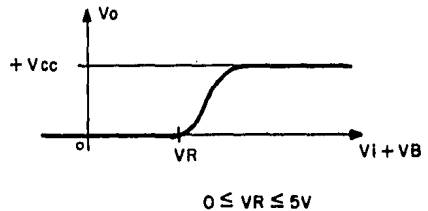
El circuito que suma la componente de corriente directa a la señal de video la hace totalmente positiva, de tal manera que para extraer los pulsos de sincronía de la señal de video compuesta puede usarse una polarización positiva para el comparador, lo cual nos permite mantener una sola fuente de poder.

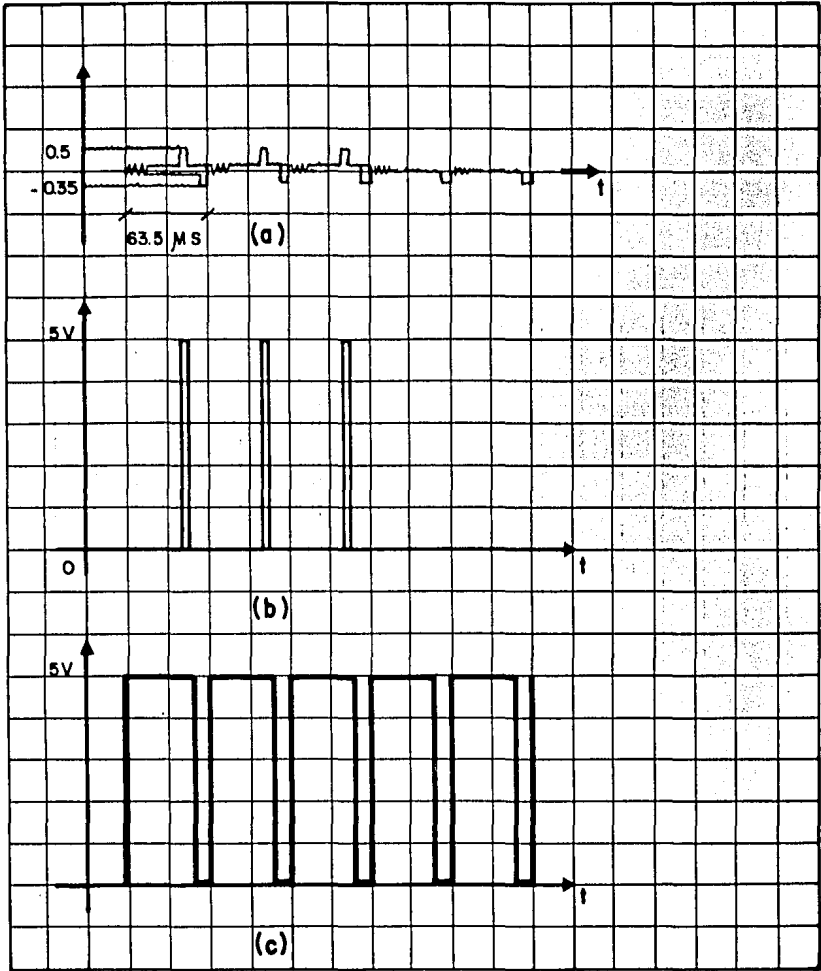
El voltaje V_B (ver figura No. 16) es el resultado de un divisor de tensión, el cual tiene un nivel de voltaje - tal que la diferencia entre éste y la señal de video V_i siempre es mayor que el voltaje de encendido del diodo, por lo que el diodo está siempre en conducción y por lo tanto el voltaje a la entrada positiva del comparador será el de la señal de video más el voltaje V_B de corriente directa. El capacitor - que está después de la señal V_i , sirve para evitar el flujo - de corriente directa hacia la cámara. El capacitor que va de la polarización a tierra filtra el ruido de la fuente de poder (figura No. 16).

El voltaje V_R varia de 0 a 5 V, dependiendo del po tenciómetro de 10K. La función de transferencia para este com parador queda definida como se muestra en la figura No.17.

FIGURA 17

FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA DEL
CIRCUITO COMPARADOR QUE EXTRA
E LOS PULSOS DE SINCRONIA





SEPARACION DE LA SEÑAL DE VIDEO:

- a) SEÑAL QUE SALE DE LA CAMARA,
- b) PULSO DE INFORMACION QUE SE OBTIENE DEL COMPARADOR 1
- c) PULSOS DE SINCRONIA QUE SE OBTIENEN DEL COMPARADOR 2

FIGURA 18

Finalmente a partir de los comparadores, se logró separar la señal de video en pulsos de información y en pulsos de sincronía según puede observarse en la figura No. 18

En las gráficas de la figura No. 18 se muestran exclusivamente los pulsos de sincronía horizontal, pero hay que hacer notar que se obtienen pulsos tanto de sincronía horizontal como de sincronía vertical.

Después de haber separado los pulsos de información y los pulsos de sincronía de la señal de video compuesta se puede trabajar independientemente con cada uno de ellos.

2.3 DETECTOR DE COORDENADA X, Y.

En esta etapa se describe el circuito que lleva a cabo el procesamiento de las señales que se obtienen del circuito extractor de pulsos de sincronía y de información para determinar los valores de las coordenadas (x,y) del punto de mayor luminosidad en una imagen.

Los resultados obtenidos a la salida de esta etapa se envían posteriormente a la entrada del bloque que representa la interfase con la computadora (ver fig. No. 10)

Como se discutió anteriormente, la importancia de los pulsos de información radica en el hecho de que a través de ellos se pueden determinar las coordenadas (x, y) mencionadas anteriormente como lo muestra la figura No. 11

Para determinar los valores numéricos de las coordenadas (x, y) respectivamente, se necesitan dos dispositivos - que cuenten a diferentes frecuencias dado el marco de referencia que se tiene.

La frecuencia de conteo para determinar la coordenada x será mucho mayor que la frecuencia, para determinar y , ya que el tiempo transcurrido durante el conteo de número de muestras para determinar x es mucho menor que el tiempo de -- conteo de líneas horizontales para determinar Y (ref. sec 2.1)

Como la coordenada Y está determinada por el número de líneas horizontales que hay desde el inicio del campo - hasta la línea en donde se encuentra el primer pulso de información con un valor superior al voltaje de referencia; entonces el contador deberá contar 262.5 líneas en 16.66 ms (tiempo en que se barran las 262½ líneas), es decir, tiene que trabajar a una frecuencia de 15,750 Hz.

El valor de la coordenada x corresponde a la localización del pulso de información sobre la línea horizontal - en la que se encuentra, por lo tanto para poder determinar su valor es necesario diseñar un dispositivo que cuente de 0 a - 240 (eje de las abscisas) en $54\mu s$ que es el tiempo de duración de una línea horizontal, ésto es, que cuente a una frecuencia de 4.4 MHz, que puede aproximarse a 4 MHz ya que en el mercado es más fácil y económico disponer de cristales osciladores de 4 MHz.

La variación de 0.4 MHz en la frecuencia del reloj de los contadores x no altera los resultados, puesto que a - una frecuencia de 4 MHz durante $54\mu s$, tiempo de duración de - la información de la imagen en una línea horizontal, se cuentan 226 muestars y el rango definido para el eje x es de 0 a 240 muestras.

Los pulsos de información de la señal que sale del primer comparador (u1), se pueden localizar en cualquier parte de la señal, ya que representan puntos luminosos en la imagen del objeto filmado. Por esta razón los contadores deben comenzar su conteo desde el momento en que la señal de video sale de la cámara. Dada la frecuencia supuesta para determinar las coordenadas x 's (4MHz), el conteo del dispositivo que determi

na los valores de x termina al finalizar cada línea horizontal y comienza nuevamente con la siguiente línea, continuando así sucesivamente hasta que detecta el primer pulso de información que rebese un umbral (voltaje de referencia ver fig. 15), con lo cual detiene su cuenta. El número en el que se detiene corresponde al valor de la coordenada x del primer pulso que representa el objeto luminoso dentro de la imagen, durante la - generación de un campo. Por otro lado el contador que lleva la cuenta de la coordenada y , dada su frecuencia de conteo - (15,750 Hz), trabaja sin interrupción desde el inicio del análisis de la imagen, hasta el momento en que se encuentra el - pulso de información mencionado, deteniendo su conteo instan- táneamente en el número que corresponde al valor de la coordenada Y de la localización del objeto luminoso que se detecta durante el análisis de un campo.

Resumiendo las necesidades del diseño a partir de los pulsos de información, se observa que se requieren dos - contadores que trabajen a diferentes frecuencias, cuyos rangos vayan de 0 a 226 y de 0 a 262.5 respectivamente, que tengan - una entrada que los habilite para iniciar o deshabilite para detener su conteo, que sean susceptibles de limpiar su contenido para poder reinicializar desde cero cada vez que empiece a barrerse un nuevo campo, que tengan una salida de ocho bits,

debido a las cantidades que deben de contar, 226 y 262.5 respectivamente, y finalmente que pertenezcan a los circuitos digitales de lógica TTL/LS para hacerlos compatibles con los comparadores utilizados para separar las señales de información y de sincronía.

Consultando los manuales de circuitos digitales - TTL (ref. 12) , se encontró que la máxima longitud de palabra a la salida de los contadores comerciales es de cuatro bits - y que el límite del conteo está en función del número de bits que maneja a la salida, pero existen contadores que pueden combinarse para aumentar el número límite de conteo y el número de bits a la salida. De esta manera, observando las necesidades del sistema y tomando en cuenta la disponibilidad de los circuitos en el mercado se eligieron los contadores 74LS 163. Estos contadores son de cuatro bits, pero son susceptibles de acoplarse para obtener un mayor número de bits a la salida, tienen entradas programables, una entrada para limpiar se (CLR) y dos entradas habilitadoras (P y T) (ver fig. No. 19)

Para determinar las coordenadas x se necesitarían dos contadores ya que la cuenta límite de éstos sería de $2^8 = 256$ y las necesidades expuestas son conteos de hasta 240 como máximo. En el caso de las coordenadas 'y', se necesitarían has

ta tres contadores para tener un conteo de 262.5, sin embargo no es necesario contar exactamente 262.5 líneas, ya que en la señal de video compuesta la imagen real de video no comienza sino hasta las líneas 21 de cada campo. Esto es, el número de líneas de interés que deben ser contadas por campo son 241, lo cual se completa perfectamente con dos contadores unidos - que cuenten hasta 256.

En la figura No. 19 se muestra la forma en la que se unieron los contadores para determinar cada uno de los valores 'x, y' respectivamente.

En el diagrama de conexión de los contadores se puede observar que se tienen tres entradas respectivamente, - las cuales deben ser conectadas de tal manera que se puedan - sincronizar los contadores con la señal de video.

Para alimentar y controlar a los contadores se -- cuenta con las señales que salen de los comparadores: los pul sos de información y los pulsos de sincronía, los cuales tienen que adaptarse para las necesidades del SEASV.

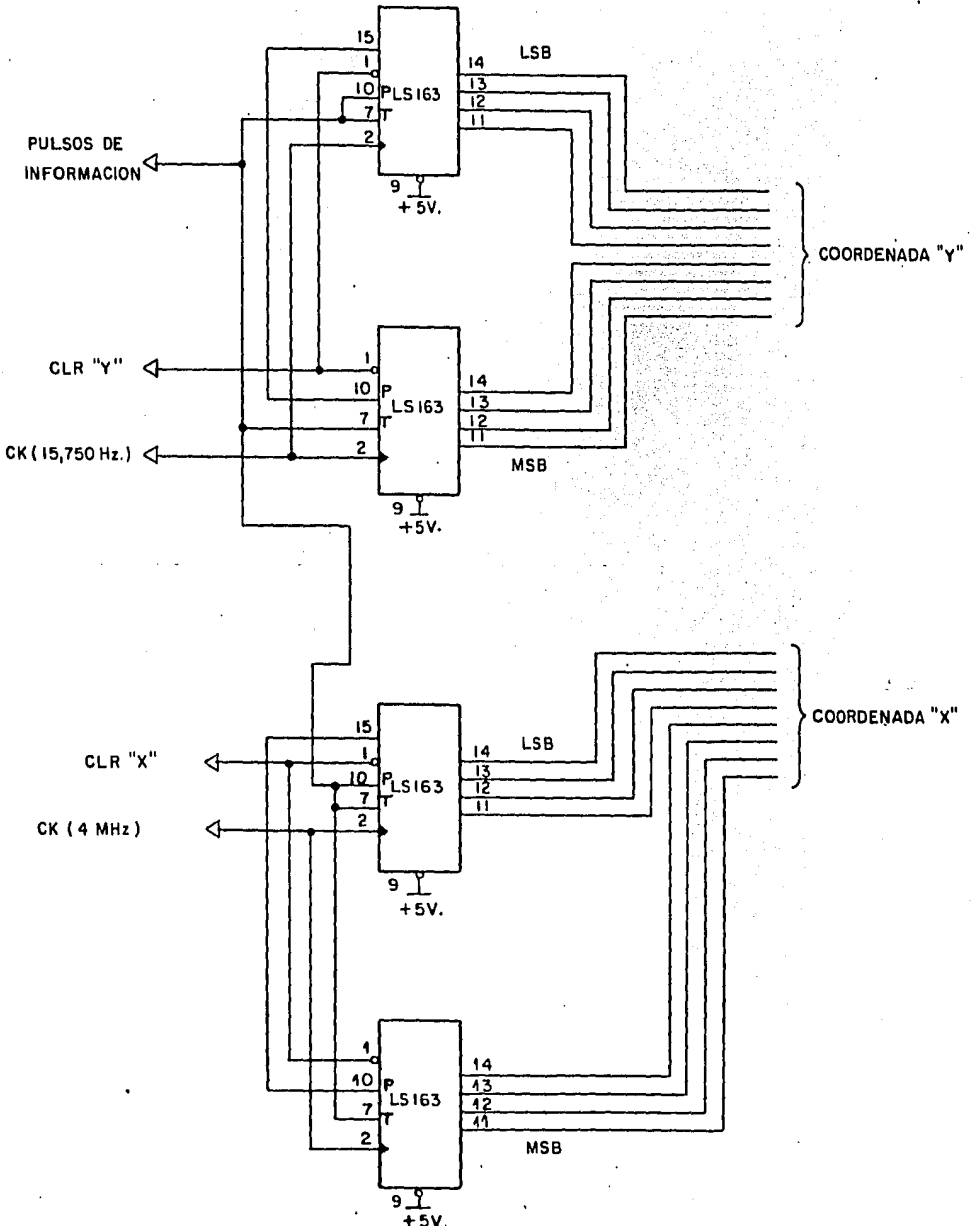


FIGURA 49 UNION DE CONTADORES 74LS163 PARA OBTENER LAS COORDENADAS (X,Y) EXPRESADAS EN PALABRAS DE 8 BITS.

to es necesario sincronizarlos. Para ello se utiliza un "flip flop" D de la siguiente manera: la entrada del flip-flop es - el tren de pulsos que se obtiene del comparador 1 (u1) y el reloj del "flip-flop" es el reloj de los contadores x, de tal manera que a la salida se tienen los pulsos de información sincronizados con el reloj de los contadores x (ver fig. No. 20)

Los pulsos de información que salen del flip-flop pueden contener más de un pulso por campo ya que la imagen -- que se genera cada 16.67 ms puede ocupar más de una línea horizontal.

Para sincronizar los contadores es necesario que exista un pulso único que los deshabilite cada 16.67 ms; ya - que ésta es la frecuencia con la que se desea obtener cada parreja (x,y) de datos. Para ello es necesario diseñar un circuito que agrupe todos los pulsos en uno solo, generando un - pulso que abarque a todos los pulsos que representan el punto luminoso de la imagen, con la presencia de un cambio de nivel o un frente de onda positivo o negativo.

Los multivibradores monoestables pueden servir -- para el objetivo, disparando un pulso cuya duración está de-- terminada por especificaciones dadas por el fabricante, ante

2.3.1 Tren de Pulsos de Información.

Los pulsos de información que salen del primer -- comparador no son periódicos ya que dependen de la localiza-- ción del punto en la imagen que genera un campo. Las líneas que llevan los pulsos de información son conectados a las en-- tradas P y T (ver fig. No. 19) de los contadores para deshabi-- litarlos en el momento en el que se presenten. Los pulsos es-- tán sincronizados con las frecuencias de los relojes de los - contadores con lo cual se mejora la respuesta de éstos y se - evitan tiempos perdidos.

Puesto que los pulsos de información se obtienen a partir de la señal de video, éstos se encuentran en sincro-- nía con los pulsos de sincronía vertical y horizontal. Estos últimos a su vez tienen la misma frecuencia que el reloj de - los contadores que determinan las coordenadas Y (15,750 Hz), por lo cual dicho reloj, a su vez, está en sincronía con los pulsos de información.

Sin embargo, en el caso de los contadores que ob-- tienen las coordenadas x, los pulsos de información no están sincronizados con la frecuencia de su reloj (4MHz) por lo tan--

la presencia de un frente de onda o de un nivel de una señal. Sin embargo una característica importante que contribuyó a la elección del circuito, es la capacidad de redisparo que algunos ofrecen, esto es, por medio de un disparo a la entrada antes de que termine el pulso de salida éste puede ser extendido. Con esta característica se puede garantizar que todos -- los pulsos de información que constituyen la imagen en un campo sean unidos en uno solo, es decir, que la señal de información presente un solo pulso cada 16.67 ms.

Por estas razones se eligió el circuito integrado 74LS123 que es un multivibrador monoestable dual. El hecho -- de elegir el circuito doble, es por razones de espacio, ya -- que se dispone de dos multivibradores monoestables en un mismo circuito integrado. Tiene capacidad de redisparo, la duración del ancho de pulso se determina por un circuito RC externo. Tiene una terminal de limpieza (CLR), que permite que se termine cualquier pulso de salida a un tiempo predeterminado independientemente de las componentes de tiempo R y C (ver -- figura No. 20). El pulso de salida está principalmente en función del capacitor externo C_{ext} y la resistencia R_T (12)

Para $C_{ext} > 1000 \text{ pF}$ el ancho de pulso de salida -- (tw) se define como sigue (12) $tw = 0.45 R_T C_{ext}$, donde R_T está

dato en $K\Omega$, C_{ext} en pF y t_w en ns .

Los valores de R_T y C_{ext} fueron calculados para obtener un ancho de pulso de aproximadamente $1ms$.

Durante $1ms$ se pueden generar 15.74 líneas horizontales lo cual asegura que si durante esas 15 líneas existen más de un pulso de información el dispositivo se redisparará nuevamente para que de esta manera se engloben todos los pulsos de información en un solo pulso que salga del multivibrador monoestable.

Si $t_w = 1ms$, entonces se supone un valor de R_T o C_{ext} para determinar la otra componente del tiempo.

Suponiendo $R_T = 100K\Omega$ entonces:

$$C_{ext} = \frac{t_w}{(0.45R_T)} = \frac{1 \times 10^6 \text{ ns}}{0.45(100K\Omega)} = 22 \times 10^3 \text{ pF}$$

Por especificaciones del fabricante el tiempo entre el pulso de disparo y el pulso de redisparo no debe de ser menor que $0.22 C_{ext}$ segundos. Para el valor obtenido de C_{ext} se tiene que el tiempo de redisparo no deberá ser menor que $0.22 (22 \times 10^3 \text{ pF}) = 4.84 \mu s$, lo cual se cumple perfecta

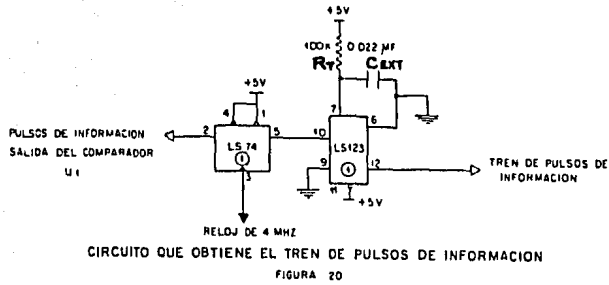
mente ya que entre cada pulso de información existe como mínimo $10\mu\text{S}$ (ref. sec. 1.4)

Comercialmente el valor del capacitor utilizado es de $0.022\mu\text{F}$ y $R_T = 100\text{K}\Omega$. Según la tabla de verdad de las especificaciones del monoestable (12) se aterrizó la entrada A - para que B fuera accionada con un frente de onda positivo, dadas las características de los pulsos de información. La terminal del CLR se conectó a la polarización del circuito para mantenerla deshabilitada. De esta manera, de las salidas invertida (\bar{Q}) y no invertida (Q) del multivibrador monoestable se obtiene la señal necesaria para deshabilitar a los contadores adecuadamente y obtener los valores de x , y cada 16.67ms .

En la figura No. 20 se muestra el diagrama de conexiones utilizado para obtener un tren de pulsos sincronizado con los relojes de los contadores, y con un pulso cada 16.67ms .

2.3.2 Reloj de los Contadores

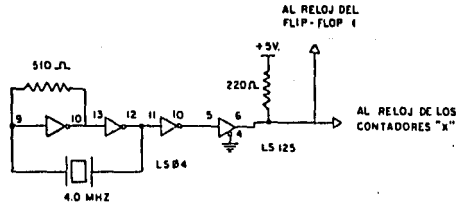
El reloj de los contadores x debe tener una frecuencia aproximada de 4MHz , pues como se dijo anteriormente éstos deben completar una cuenta de un máximo de 240 en aproximadamente $54\mu\text{s}$ (duración de una línea horizontal). Dada la alta frecuencia de este reloj con respecto a las frecuencias



manejadas en la señal de video obtenida (máximo 15,750 Hz) es necesario construir un reloj independiente de las señales.

Se utilizó para el diseño una configuración basada en un cristal de cuarzo cuya frecuencia de oscilación es 4MHz (ver figura No. 21), ya que las ventajas que ofrece este circuito son: estabilidad en la frecuencia, además de altas frecuencias de oscilación. Dada la configuración del circuito, el cristal opera en resonancia en serie, por lo que la caída de la fase es esencialmente cero, y un valor de reactancia interna sumamente pequeño.

A la salida del reloj se tiene un "buffer" y un -



CIRCUITO DEL RELOJ DE 4 MHZ. FIGURA 21

circuito tres estados para elevar el nivel de tensión de la señal y mejorar su calidad.

El reloj de los contadores y tiene la misma frecuencia del barrido de las líneas horizontales, ya que son éstas las que registra el contador para determinar el valor de las coordenadas 'y'. Como la frecuencia correspondiente es la misma que la de los pulsos de sincronía (una frecuencia combinada de 15,750 Hz y 60 Hz), se utilizaron los pulsos de sincronía generados por el comparador 2 (u2) para alimentar el reloj de los contadores 'y'.

2.3.3 Reset (CLR) de los Contadores.

Finalmente la señal que queda por implementar -- para los contadores X y Y , es la de reinicialización. Analizando el funcionamiento de cada uno de los contadores, hasta el momento, se tiene lo siguiente: 1) ambos arrancan al mismo tiempo con el inicio de la señal de video; 2) los contadores x son los primeros en terminar su cuenta al finalizar la línea horizontal dada la frecuencia de su reloj; 3) pero como debe asegurarse que al inicio de la siguiente línea horizontal el conteo comience desde cero, debe considerarse una señal de limpieza cada vez que termine una línea. El proceso se repite en las líneas sucesivas, hasta que se presenta el pulso de información que deshabilita a los contadores. Durante el tiempo que dura el pulso el contador permanece parado y en ese tiempo la información que contiene debe ser capturada por algún registro de captura de datos. Como existen registros de este tipo que se habilitan ya sea con frentes de onda o con niveles de la señal, se incluirán los pulsos de información en la señal de CLR de los contadores 'x' para que éstos se limpien en el momento en que se termine el pulso y entonces pueda utilizarse en el diseño cualquier registro de captura de datos que esté de acuerdo con las necesidades del SEASV.

De lo descrito anteriormente se concluye que para

la señal de CLR de los contadores X es necesario la unión de la señal de sincronía que sale del comparador 2 (u2) y de los pulsos de información que se obtienen a la salida del multivibrador monoestable. La unión se realizó por medio de una compuerta NOR y posteriormente se invirtió con otra compuerta NOR, ya que la terminal de CLR de los contadores se activa con un nivel bajo de la señal. En la figura No. 22 se muestran las conexiones realizadas para obtener la señal de CLR de los contadores X y las gráficas de las señales utilizadas.

Regresando al análisis del funcionamiento de los contadores, se comentó que ambos contadores arrancaban al mismo tiempo y que los contadores "x" dada su frecuencia (4MHz) -- terminan su conteo al finalizar cada línea horizontal mientras esto sucede los contadores "y" continúan trabajando puesto que su frecuencia es de 15,750 Hz y se paran cuando se presenta un pulso de información, en ese momento detienen su conteo y su contenido es capturado por un registro de captura de datos. Al terminar la duración del pulso de información (1mS) los contadores "y" continúan con su conteo en el número en el que se quedaron, de tal manera que al finalizar el período de conteo (16.67mS) no es necesario que la cuenta haya llegado a 256. Esto es, se calculó que para una frecuencia de 15,750Hz durante un período de 16.67 mS el contador llegará a su cuenta máxi

ma de 256. Sin embargo, si durante el período de 16.67mS hay una interrupción de 1mS, el período de conteo es entonces de 15.67mS y con la frecuencia del contador Y (15,750Hz) éste no llega a 256, por lo tanto se requiere aplicar en ese momento una señal de CLR de los contadores 'Y' para que se limpien y comiencen desde 0 al inicio de la imagen en el siguiente campo.

De la discusión anterior se puede concluir, que se necesita implementar una señal de 60Hz (período 16.67mS) para el CLR de los contadores 'Y'. Es necesario hacer hincapié que dicha señal debe de tener una duración de 21 líneas horizontales. Debido a que como se comentó en la sec. 1.4, que la información de la imagen comienza hasta la línea 21, por lo tanto si se prolonga el pulso de limpieza CLR de los contadores 'Y', de tal manera que abarque las primeras 21 líneas, entonces se garantiza que los contadores 'Y' inician su conteo a partir de la línea donde comienza la imagen en el campo.

Los pulsos de sincronía vertical tienen la frecuencia necesaria para el CLR de los contadores 'Y', pero es necesario separarlos de los pulsos de sincronía horizontal, esto es, de la señal de sincronía que se obtiene del comparador 2 (u2).

Para obtener una frecuencia de 60Hz a partir de -

la sincronía de la señal de video, es necesario filtrar dicha señal para dejar pasar únicamente la frecuencia requerida. Dentro de los diseños que se consideraron está el que se muestra en la figura No. 23 (17). Se basa en el uso de un comparador que separará la señal de sincronía de la señal de video y posteriormente filtrar la señal con un filtro paso bajas para obtener a la salida la señal de sincronía vertical de -- 60Hz. Otro diseño es el que se muestra en la figura No. 26, el cual está constituido por un multivibrador monoestable y en un "flip-flop" D.

Se eligió el segundo circuito por razones de economía y espacio en la tarjeta del SEASV. Ya se contaba con un multivibrador monoestable, ya que el circuito integrado --- 74LS123 es un circuito dual y además también se pensó en la posibilidad de utilizar un flip-flop D dual para diseñar el filtro, aprovechando el hecho de que previamente se realizó -

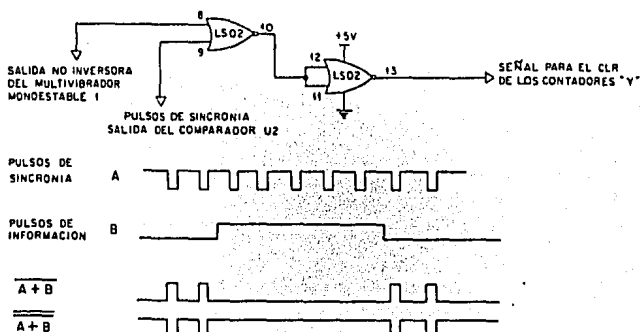


FIGURA 22 SEÑALES DEL CLR DE LOS CONTADORES X

un diseño para sincronizar los pulsos de información con el reloj de 4MHz a partir de un flip-flop D (ver figura No. 20). De esta manera el filtro se implementó con un 74LS123 y se eligió un 74LS74 (12) que es un flip-flop D dual disparado con un frente de onda. La señal de entrada del filtro son los pulsos de sincronía que se obtienen del comparador 2 (u2); esta señal se compara con una señal defasada a ésta, un tiempo tal, que



FIGURA 23 CIRCUITO PARA OBTENER LA SINCRONIA VERTICAL

al relacionar ambas exista una diferencia de 5V de amplitud entre el frente de onda (positivo o negativo) de la señal defasada y los pulsos aserrados descritos en la sec. 1.4, de la sincronía vertical. Posteriormente se utiliza un circuito que detecta la diferencia mencionada entre éstas, al ser comparadas. Como dicha diferencia se presenta cada 16.67mS, que corresponde al período de la sincronía vertical, entonces se

obtiene la señal deseada a la salida del filtro que controla el CLR de los contadores "Y".

El multivibrador monoestable 2 se utilizó para obtener, a partir de la señal de sincronía, una señal con la misma frecuencia, pero con diferente ancho de pulsos (señal defectuosa) para obtener la señal que debe compararse, con los pulsos de sincronía que salen del comparador 2 (u_2), detectando así la diferencia de amplitud de 5V cada 16.67mS.

El tiempo de duración del pulso de la señal que se desea obtener como salida del monoestable tiene una magnitud crítica, esto es, el rango de variación para obtener los resultados deseados es muy pequeño. El ancho del pulso (t_w) puede variar entre los siguientes rangos: $0 < t_w < H/2$ donde $H/2$ es el periodo de los pulsos igualadores y aserrados (ref. sec.1.4) El cual corresponde a 31.5 μ s, mientras que H es el período de una línea horizontal (63.5 μ s). El rango de variación de t_w -- está basado en la necesidad de evitar el redisparo del monoestable "one shot", en el momento en que se presenten los pulsos igualadores y los pulsos de aserración de la sincronía vertical que tienen el doble de la frecuencia de los pulsos de sincronía horizontal y por lo tanto la mitad del período ($H/2$).

A través de los componentes de la constante de tiempo $R_T C_{ext}$ se puede variar el valor de t_w para obtener a la salida del multivibrador monoestable 2 la señal que se muestra en la figura 24.

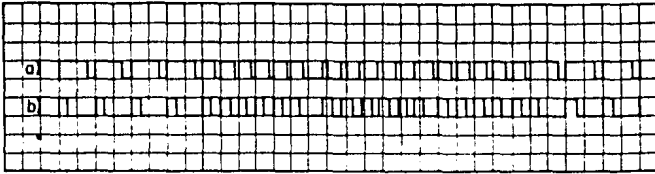


FIGURA 24 PULSOS QUE SE OBTIENEN A LA SALIDA DEL MULTIVIBRADOR MONOESTABLE 2, a) - Pulsos de sincronía que salen del comparador 2 y entran al one shot 2
b) - Pulsos que se obtienen a la salida del one shot 2

Puesto que el ancho de pulso (t_w) puede variar -- dentro del siguiente rango: $0 < t_w < 31.5\mu s$, se calcularon los valores de las componentes R y C en función de un valor medio de t_w y de un valor de $C_{ext} > 1000$ pF para que cumpla con la ecuación especificada por el fabricante: $t_w = 0.45 R C_{ext}$ -- (12).

De esta forma se obtuvieron los valores comerciales de $R_T = 27$ K Ω y $C_{ext} = 1.5$ nF para obtener a la salida del monoestable 2 un pulso cuyo ancho será de $18.23\mu s$. La forma de la señal que se obtiene es la que se muestra en la figura No. 24, ya que según la tabla de verdad del dispositivo 12 , aterrizando la terminal A y alimentando por la terminal B los pulsos de sincronía, el monoestable 2 dispara un pulso de --

18.23 μ s de duración, cada frente de onda positivo en B, obteniendo una señal con la misma frecuencia que los pulsos de sincronía pero con un ancho de pulso diferente.

La comparación entre la señal que se obtiene a la salida del multivibrador monoestable 2 y los pulsos de sincronía que salen del comparador 2 (u2) se lleva a cabo a través del flip-flop D 74LS74 disparado con un frente de onda, éstos es, los datos en la entrada D los guarda y están disponibles a la salida Q hasta que el pulso del reloj se va a un nivel alto (frente de onda positivo).

Con las características del 74LS74 mencionadas se consideró que la señal que se obtiene en la salida inversora \bar{Q} del 74LS123, debe de ser el reloj del flip-flop D y que los pulsos de sincronía son los que se aplican a la entrada de éste. Las terminales CLR y PR del dispositivo se conectan directamente a la polarización (ver fig. 26). De esta manera, y según las características del dispositivo, cada frente de onda positivo del reloj los datos existentes en D están disponibles en Q. En el tiempo transcurrido entre cada frente de onda la salida Q permanece constante, por lo tanto, como se observa en la figura 25, dadas las características de D y de la señal del reloj (ck), la señal que se obtiene a la salida

Q del flip-flop tiene una frecuencia de 60 Hz con una duración de ancho de pulso de 3H, es decir, $190.5\mu\text{S}$. La fig. 26 muestra las conexiones del filtro para obtener la señal de 60Hz. Dicha duración no es suficiente para abarcar las primeras 21 líneas de la generación de un campo, o sea que para prolongar la duración del pulso de la señal obtenida a la salida del filtro se utilizó otro multivibrador monoestable, pero en este caso se pensó en un dispositivo con un solo "one shot" (74LS122) ya -- que la obtención de la señal del CLR de los contadores Y es la última etapa del bloque Detector de Coordenadas (x,y) (fig. - 10) y no se necesitó ningún otro circuito con estas caracterís-
ticas.

Si se considera que el tiempo de duración de una línea horizontal es de $63.5\mu\text{S}$ (ref. sec 1.3.1 la duración de - 21 líneas sería de 1.33 ms, por lo tanto si se prolonga el an-
cho de pulso de la señal de 60Hz que va al CLR de los contado-
res Y ese tiempo, se garantiza que el conteo de los contado--
res Y se reinicializa al principio de la línea donde comienza la imagen.

Utilizando las componentes de la constante de -- tiempo $R_T C_{ext}$ del 74LS122 (12) y la relación dada por el fa-
bricante: $t_w = 0.45R_T C_{ext}$, se calcularon los valores de R_T y

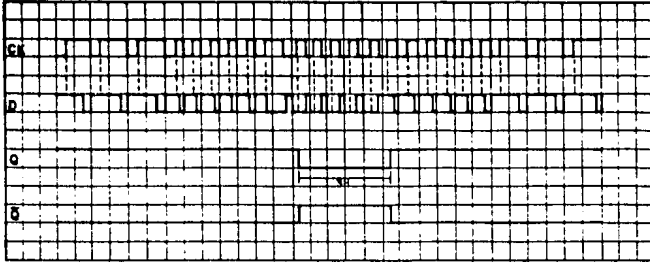
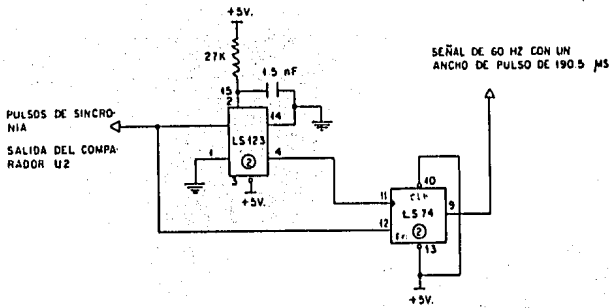


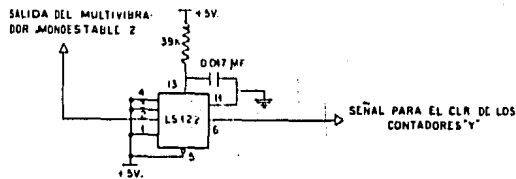
FIGURA 25 GRAFICAS DE LAS SEÑALES PARA OBTENER LA SEÑAL DE 60 Hz. PARA EL CLR DE LOS CONTADORES "Y", DIAGRAMA DE TIEMPO DEL FLIP-FLOP



CIRCUITO QUE OBTIENE UNA SEÑAL DE 60 HZ.

FIGURA 26

Cext para un ancho de pulso de 1.33mS. En la figura 27 se muestra el diagrama de conexiones necesario para obtener la señal adecuada para el CLR de los contadores Y.



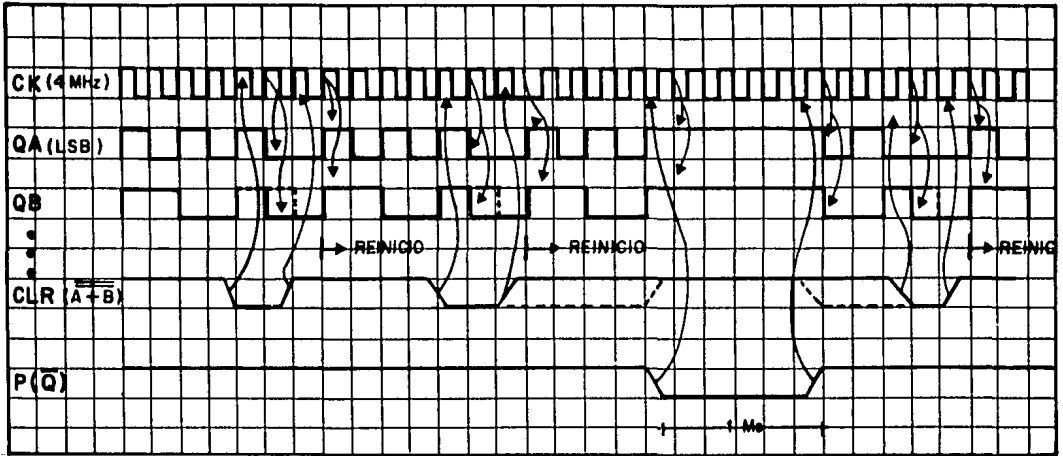
CIRCUITO QUE OBTIENE LA SEÑAL PARA EL CLR DE LOS CONTADORES "Y"

FIGURA 27

Finalmente se implementaron los circuitos que generan las señales necesarias para que cada uno de los contadores logre los objetivos preestablecidos: la obtención de una pareja de valores (x,y) cada 16.67 mS.

En la fig. 28 se muestran los diagramas de tiempo de cada contador para clarificar su entendimiento.

SEÑALES DE CONTROL DE CONTADOR X



SEÑALES DE CONTROL DE CONTADOR Y

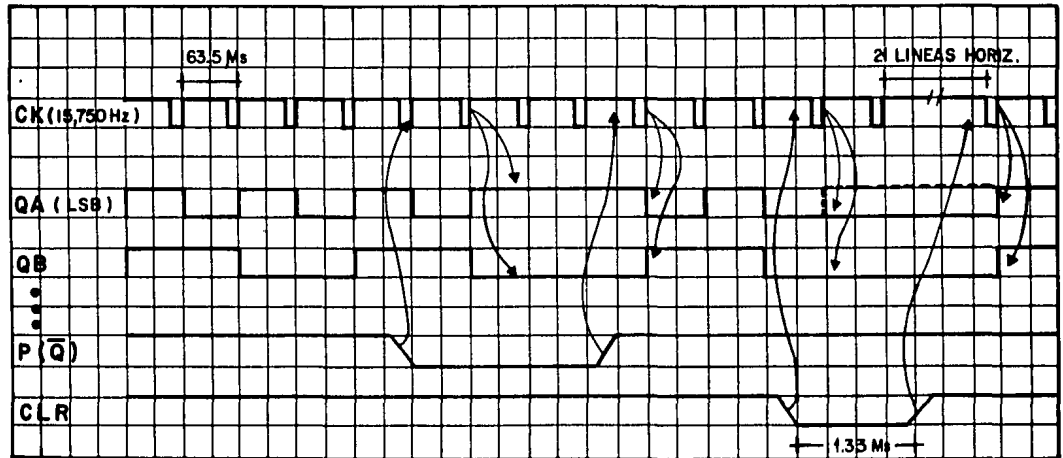


FIGURA 28 DIAGRAMAS DE TIEMPO DE LOS CONTADORES X, Y

2.4 INTERFASE CON LA COMPUTADORA CROMEMCO SISTEMA TRES.

Después de haber obtenido las señales que controlan a los contadores X y Y se finaliza el bloque Detector de Coordenadas(x,y) y se inicia el bloque de Interfase con la Computadora (fig. 10). En esta etapa se utilizan circuitos de captura de datos para almacenar temporalmente la información y enviarla alternadamente a la computadora a través de un puerto en paralelo de 8 bits de entrada/salida que es parte de una interfase digital de la computadora, denominada TU-ART (13). Por medio del TU-ART el SEASV envía señales de interrupción a la microcomputadora, para que ésta a su vez envíe señales de control a un decodificador, que también forma parte de esta etapa, para seleccionar a uno de los dos registros de captura de datos de tal manera que ponga a disposición de la computadora la información que contiene.

2.4.1 Registros x,y (Lotches x,y).

En la sección 2.3.3 se menciona la necesidad de un registro de captura de datos, que reciba los datos provenientes de los contadores, para enviarlos posteriormente uno por uno a la memoria de la computadora. Esta necesidad nace del hecho de que los valores de las coordenadas X y Y están dispo

nibles a la salida de los contadores al mismo tiempo ya que los habilitadores de cada contador están conectados a la misma señal. Por lo que la transferencia de información hacia la microcomputadora debe hacerse en forma alternada, para que ésta, a través de señales de control que envía a los registros, pueda manipular adecuadamente la adquisición de los datos y guardarlos en localidades de memoria según sus propios requerimientos.

Los registros reciben los datos de los contadores al mismo tiempo y los guardanhasta que, a través de una señal de control enviada por la computadora, se habilite uno de ellos para mandar la información de una de las coordenadas; posteriormente el otro registro se habilita por el mismo método y envía su valor numérico de la coordenada restante a la memoria de la computadora. Es necesario observar que este proceso de transferencia de datos debe estar sincronizado con el proceso total del SEASV, ya que debe haber una transmisión y recepción de parejas (x,y) cada $1/60$ de seg. por lo que los registros deberán estar controlados por alguna señal que los sincronice con el sistema.

Para seleccionar los registros de captura de datos necesarios para el sistema se consideraron los siguientes re--

quisitos: 1) un circuito integrado que contuviera ocho registros de captura; 2) para cada bit un habilitador para la entrada de datos y 3) un control para la salida. Dadas las características anteriores se eligieron los circuitos 74LS373, 6 74LS374, de los cuales se utilizaron los 74LS374 por su disponibilidad en el mercado. La salida sigue a la entrada cuando el control de salida tiene un nivel bajo, y los datos en las entradas son cargados cuando el habilitador de entrada tiene un frente de onda positivo. Este circuito integrado tiene salidas tres-estados que están controladas por la terminal de control de la salida (ref. 12)

Se utilizó un registro para cada contador denominados "Latch x" y "Latch y". El habilitador de ambos dispositivos es controlado por la señal obtenida del monoestable 1 (ref. sec.2.3.1. La transferencia de datos es activada por medio de la computadora a través de un decodificador que se describe posteriormente. Cuando la señal del monoestable 1 tiene un frente de onda positivo, habilita a los latches para permitir la entrada de datos a los registros. Sin embargo, si el control de salida permanece en nivel alto las salidas de los "latches" permanece en estado de alta impedancia sin poder transferir la información. En cuanto el control de salida tenga un nivel bajo los datos son transmitidos a través de un canal de datos a la

memoria de la computadora.

La señal que habilita a los "Latches x,y" es la -- misma que deshabilita a los contadores x,y, lo que se garantiza que la recepción de datos esté en sincronía con el sistema anterior, es decir, una recepción de 60 datos por segundo.

La señal de los pulsos de información proveniente de la salida no inversora del multivibrador monoestable 1 es -- la que controla la recepción de los datos a través del habilitador de los registros; de tal manera que, en el instante en -- que se presenta un pulso de esta señal, los contadores se deshabilitan y presetan sus datos en sus salidas y los registros quedan habilitados para recibir los datos y guardarlos hasta -- que sean requeridos por la computadora.

Para que los datos guardados en los registros sean transmitidos, es necesario que la computadora envíe a través de un decodificador las señales de control necesarias, a las terminales de control de salida de cada uno de los registros x ó y, y además se prepare para recibir los datos. Para que ésta pueda realizar dichas funciones es indispensable interrumpirla, a través de la interfase digital TU-ART y de sus líneas SENSA y SENSB, que se describen con detalle en el capítulo tres, para

que atienda la petición efectuada; para eso precisamente se utiliza nuevamente la señal que sale del monoestable 1, la cual se conecta a la línea SENSEA del TU-ART (ver fig. 30). En el momento en que los contadores detienen su cuenta y ponen la información en sus salidas para ser guardadas por los registros, la computadora genera, por "software", las señales de control necesarias para habilitar debidamente a los registros y capturar una pareja de datos (x,y) , la cual se guarda en la memoria de la microcomputadora.

2.4.2 Decodificador

En la sección anterior se comentó la necesidad de tener un dispositivo que, controlado por la computadora, genere las señales de selección entre el latch x y el latch y éstos, tiene que existir un circuito de interfase entre los registros y el acceso a la computadora para que mediante una instrucción específica de ésta última al dispositivo, éste seleccione exclusivamente un registro para ser leído y con otra instrucción diferente se efectúe la lectura del dato contenido en el segundo registro. Para ésto se seleccionó un decodificador de 3 líneas a 8 74LS138 (común en el mercado) que tiene las siguientes características:

(ref. 12) 1) Cada dirección de 3 bits en las entradas del dispositivo, conduce a una sola salida (de las 8) a nivel bajo.

2) Este circuito integrado tiene tres salidas habilitadoras -- que son E1, E2A y E2B; donde $E2A + E2B = E2$; cuando E2 está en nivel alto, todas las salidas estarán también en nivel alto, -- y cuando E1 está en nivel bajo, todas las salidas estarán en nivel alto, por lo tanto para habilitar al circuito integrado se requiere que E1 esté en nivel alto y E2 en nivel bajo.

La comunicación entre la computadora y el decodificador se hace a través de una interfase digital que consta de dos puertos en paralelo y dos puertos en serie denominada -- TUART que forma parte del equipo de computación utilizado (CROMEMCO SISTEMA TRES), cuyas características y funcionamiento se describen en el capítulo tres. Aquí se discuten exclusivamente las características de la palabra de 8 bits que envía la interfase a través de su canal de datos de salida, para habilitar al decodificador seleccionando de esta manera uno u otro -- registro (x ó y).

Es importante notar que se cuenta con una palabra de ocho bits para conectarse a seis entradas, del decodificador para obtener los resultados deseados. Estas conexiones -- pueden verse en la figura No. 30. Las terminales de selección

A, B y C se conectan a los bits menos significativos; B ϕ , B1 y B2 respectivamente. Las terminales que habilitan al dispositivo se conectaron de la siguiente manera: E1 se conecta al B3, E2A al B4 y finalmente G2B se aterriza para asegurar un nivel bajo constante. Según especificaciones del fabricante se tiene que para que el decodificador esté habilitado, necesariamente "E1" tiene que estar en nivel alto, lo que implica que B3 tendrá que tener un 1 lógico; E2 tiene que permanecer en nivel bajo, sin embargo como E2 equivale a una función OR de E2A y E2B y éste último está aterrizado, esto implica que necesariamente E2A tendrá que estar en nivel bajo para que se cumpla -- que E2 = L; por consiguiente como E2A está conectado al B4, éste deberá contener un " ϕ " lógico.

De esta forma se tiene que las palabras que enviará la computadora a través del TU-ART deben tener la estructura - mostrada en la figura No. 29.

De los bits de selección se observa que se cuenta con ocho diferentes posibilidades de selección; arbitrariamente se pueden elegir tan solo dos ya que unicamente se tienen - dos registros, latch x y latch y. Para el sistema en particular se seleccionó lo siguiente:

BITS DE SELECCION								SALIDA DEL DECODIFICADOR
B 7	B 6	B 5	B 4	B 3	B 2	B 1	B 0	
X	X	X	0	1	0	0	0	Y 0
X	X	X	0	1	0	0	1	Y 1
X	X	X	0	1	0	1	0	Y 2
X	X	X	0	1	0	1	1	Y 3
X	X	X	0	1	1	0	0	Y 4
X	X	X	0	1	1	0	1	Y 5
X	X	X	0	1	1	1	0	Y 6
X	X	X	0	1	1	1	1	Y 7

FIGURA 29 POSIBLES PALABRAS DE 8 BITS PARA SELECCIONAR UNA SALIDA DEL DECODIFICADOR

La palabra $\phi\phi\phi\phi 1\phi 1\phi b = \phi AH$ para activar al latch x

La palabra $\phi\phi\phi\phi 1\phi 1b = \phi BH$ para activar al latch y

ésto es en el momento en el que en el canal de datos aparezca la palabra ϕAH ó ϕBH . El decodificador es habilitado además de poner en nivel bajo sus salidas Y2 ó Y3 respectivamente. - Dichas salidas van conectadas a las patas del control de salida de los registros x, y. La salida Y2 se conecta al control de salida del registro x, y la salida Y3 se conecta al control de salida del registro y.

El circuito de interrupción externa es simplemente un pulsador digital (push button) conectado a través de un cir

cuito tres estados a la línea de interrupción SENSB de la interfase digital TU-ART (ver figura No. 30). Se utilizó un circuito tres estados, como "buffer" para mejorar la calidad de la señal que se envíe a la línea de interrupción SENSB. En la fig. 30 se muestra el diagrama de conexiones de los registros y el decodificador que se conectan con la interfase de la computadora y del circuito del pulsador digital que constituyen el bloque de Interfase con la computadora Cromemco Sistema - - Tres.

2.4.3 Resumen del Proceso Total

La señal que controla principalmente el proceso del sistema son los pulsos de información que se obtienen del multivibrador monoestable 1 cuya duración es de 1ms.

En el momento en que aparece el primer pulso y en un tiempo de 1ms, se llevan a cabo las siguientes operaciones:

- 1) Se deshabilitan los contadores x,y y ponen su información en sus salidas; además de que se evita que puedan ser limpiadas durante ese tiempo.
- 2) Se habilitan los registros x , y y se preparan para recibir los datos de los contadores.

- 3) El pulso de información interrumpe a la micro computadora Cromemco Sistema Tres a través de su interfase digital TU-ART, vía la línea - - SENSE, para que genere señales de control que habiliten, por medio del decodificador a los registros x, y. Cuando se interrumpe a la mi-crocomputadora, ésta realiza la rutina de interrupción en donde se envían las señales de control al decodificador que habilita alterna-damente a los registros x, y para que éstos envien su información a la memoria de la computadora cada uno en su turno, y a la vez ésta se prepara para recibir, almacenar y verificar la información adecuadamente.
- 4) Finalmente cuando ha pasado 1mS, se ha guarda-do una pareja de datos (x,y) en memoria, los - contadores se habilitan nuevamente, los regis-tros se deshabilitan y la computadora continúa con las funciones que estaba realizando antes de ser interrumpida.

Todo este proceso se repite cada 1/60s ó 16.67mS y se dará por terminado en el momento en el que el usuario a través de un interruptor externo (pulsor digital), haga una interrupción a la computadora por medio de su interfase digital

TU-ART, vía la línea de interrupción SENSEB y ésta ejecute por "software" en su rutina de interrupción un alto al SEASV.

En la figura No. 30 se muestra un diagrama del circuito que constituye la etapa de Interfase con la Computadora del SEASV, mientras que la figura 31 muestra el diagrama electrónico completo que constituye el diseño del Sistema Electrónico que Analiza Señales de Video (SEASV).

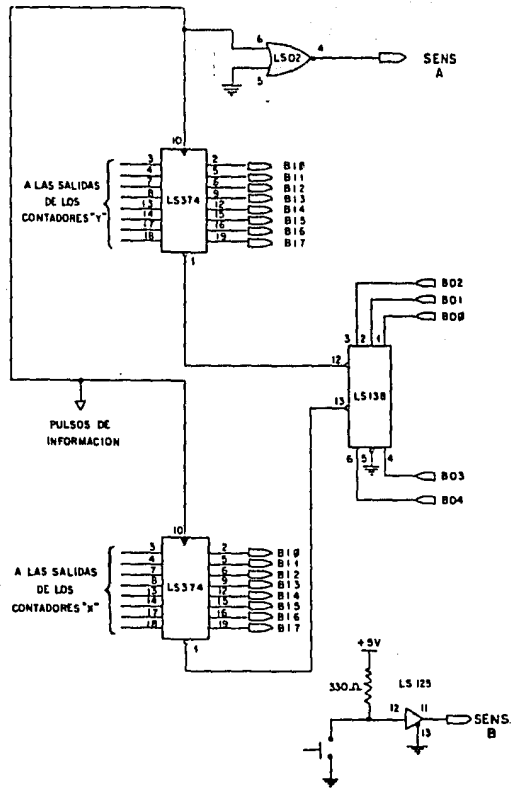


FIGURA 30

DIAGRAMA DE CONEXIONES A LA SALIDA DEL SISTEMA ELECTRONICO QUE ANALIZA SEÑALES DE VIDEO (SEASV)

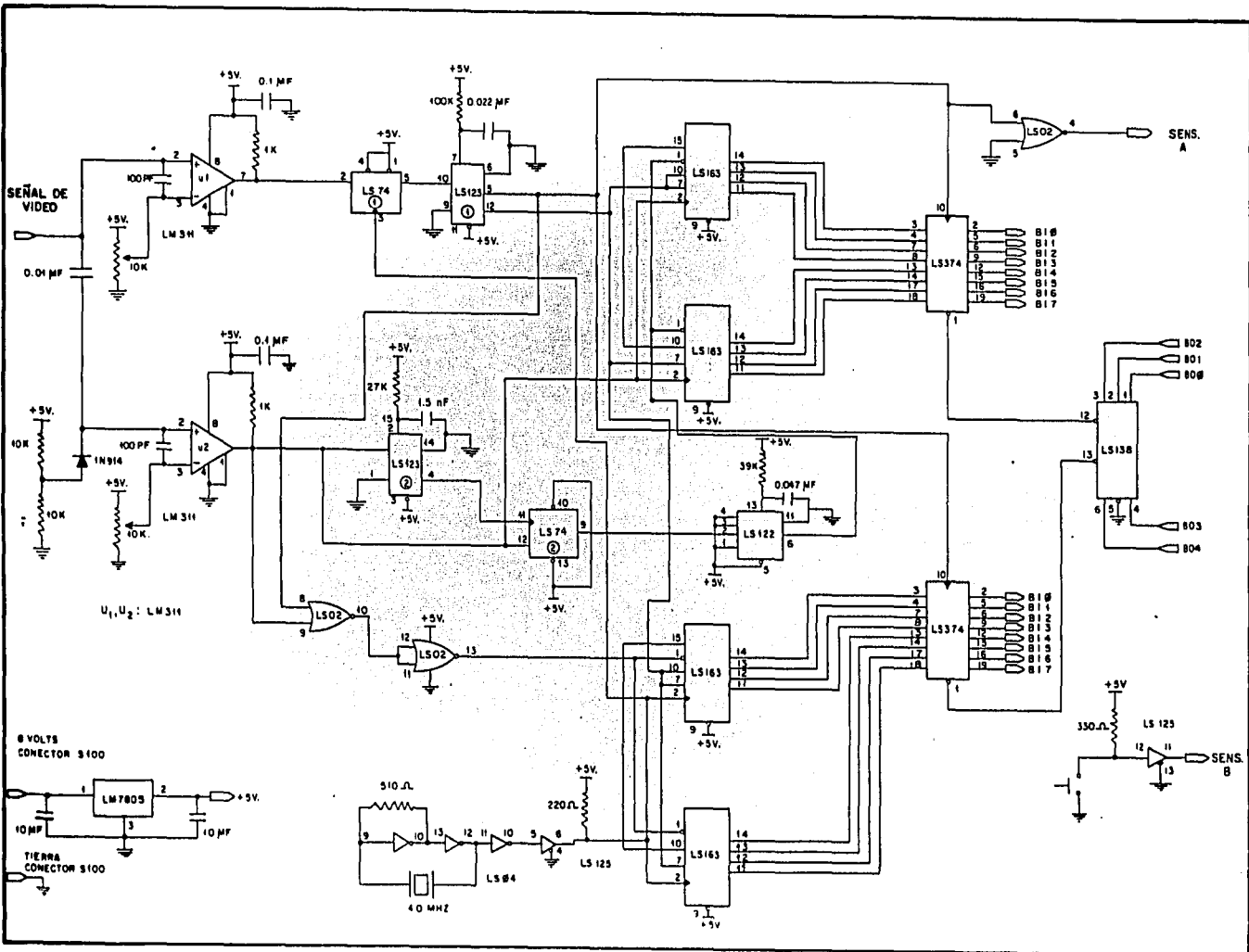


FIG. 31 DIAGRAMA ELECTRONICO COMPLETO DEL "SEASV"

2.5 SALIDA PARA UN RECEPTOR DE T.V.

En el circuito electrónico se implementó una salida para el receptor de T.V. para poder observar, a través de un medio la imagen que se está procesando. La imagen que se envía a la T.V. está modificada ya que corresponde a la formación de una figura sin relieves toda en blanco y negro que representa el objeto que se está filmando, ésto es, la salida de este circuito contiene una imagen de alto contraste entre el objeto bajo estudio y el fondo de la imagen. Esto se debe a que la señal de video se obtiene de la suma de las señales preprocesadas que salen de las computadoras: pulsos de información y pulsos de sincronía.

Para realizar la unión de las señales de los comparadores se utiliza un amplificador como sumador, sin embargo, dado que la señal que se maneja es unicamente en blanco y negro es suficiente con utilizar un potenciómetro para unir nuevamente las señales ya que su respuesta a la frecuencia satisface los requisitos del sistema. Para aceptar la señal obtenida a la videocasetera se utilizó un transistor de potencia que se comporta como buffer mejorando la calidad de la señal que se conecta a ésta. La señal a la entrada de la base del transistor pasa por un filtro paso bajas para eliminar el ruido de las señales que forman la señal de video. En la fig. 32 se --

muestra un diagrama de la configuración utilizada para obtener la señal que entra al televisor.

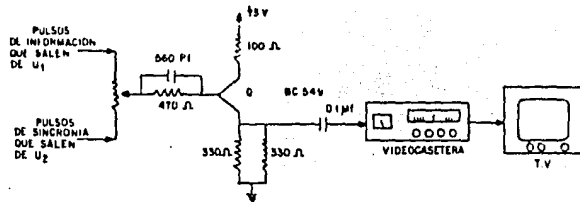


FIGURA 32.

2.6 FUENTE DE ALIMENTACION DEL SEASV

En la lógica digital se resuelven problemas en términos de conceptos binarios, ésto es, dos únicos valores ϕ ó 1, falso o verdadero. Cuando éstos conceptos son aplicados a voltajes, éstos deben de ser estables y limpios de ruido, de lo contrario se corre el peligro de no trabajar en el dominio digital determinado por las características de fabricación de cada una de las familias lógicas de circuitos digitales: El problema más común es la generación y distribución de potencia, ya que cada circuito integrado requiere cierta cantidad de potencia para producir niveles de voltaje adecuados que representen las señales lógicas. Sin embargo, del total de potencia generada

tan sólo el 50%; aproximadamente, sirve para estos fines el resto se disipa en forma de calor, por lo tanto es importante observar que la fuente que suministre dicha potencia, provea el voltaje y corriente que se necesiten.

En el caso del diseño del SEASV se requiere exclusivamente de una fuente de poder de +5V por lo que se utilizó la fuente de alimentación que ofrece la microcomputadora Cromemco Sistema Tres, a través de un canal de conexiones denominado canal S-100 (1) , que proporciona el voltaje no regulado de 8V, el cual por medio de un regulador de voltaje LM7805 se fija a un voltaje regulado de +5V. Este dispositivo no requiere ajustes; sólo debe existir un mínimo de 2V entre la entrada y la salida. Posee protección contra cortos circuitos y es capaz de manejar corrientes de salida mayores de 1Amp. Dado que en el diseño se utilizaron circuitos integrados de la familia lógica TTL/LS las condiciones de suministro de voltaje y de potencia de esta fuente satisfacen los requisitos del SEASV.

En la fig. 33 se presenta el diagrama de conexión de la fuente de suministro de voltaje del SEASV.

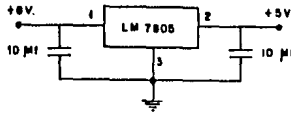


FIGURA 33 CIRCUITO IMPLEMENTADO PARA OBTENER LA FUENTE DE PODER REGULADA DE 5V PARA EL SEASV

A continuación se presenta un cálculo aproximado - de la corriente requerida por el SEASV.

Número de dispositivos	Nombre del Dispositivo	I _{cc} max en mA	Total de I _{cc} max en mA
4	74LS163	32	128
2	74LS374	40	80
1	74LS123	20	20
1	74LS122	15	15
1	74LS04	12	12
1	74LS138	11	11
1	74LS02	5	5
1	74LS74	8	8
1	74LS125	20	20
			299 mA

La potencia está dada por $P = VI$

$$P = 5V (299mA) = 1495 \text{ mW}$$

El SEASV tiene un consumo de potencia de $\approx 1.5W$,

el cual se satisface con el suministro de la fuente de poder implementada.

Para implementar el regulador LM7805 se utilizó un disipador de calor de 1W. La potencia que se disipa está dada por la diferencia del voltaje entre la entrada y la salida y el total del consumo de corriente. Esto es, $P = 3V (299MA) = 897mW$ por lo tanto el disipador satisface las condiciones de diseño.

El circuito implementado es el que se muestra en la fig. 33. Por recomendación del fabricante (11) se utiliza el capacitor de la entrada para filtrar el ruido producido por las fluctuaciones de la fuente no regulada y el capacitor a la salida mantiene la correcta regulación de la alimentación del SEASV.

CAPITULO III. SISTEMA DE CONTROL POR SOFTWARE DEL SEASV.

Introducción

En este capítulo se describe la etapa final en el diseño del SEASV, dicha etapa consiste en el desarrollo del software necesario para que el SEASV se comunique, a través de interrupciones con la microcomputadora y para que ésta a su vez procese la información recibida y despliegue los resultados de dicho procesamiento.

Se utiliza una microcomputadora CROMEMCO SISTEMA TRES cuya unidad de procesamiento central (CPU) esta integrada por un microprocesador Z-8 ϕ .

La comunicación entre la microcomputadora y el SEASV, que obtiene las coordenadas del punto de mayor luminosidad en una imagen de video, se lleva a cabo mediante una interfase digital que forma parte del equipo de computo y la cual es denominada TU-ART, (Twin Universal Asynchronous Receiver and Transmitter), Transmisor-receptor asincrono universal.

El software, que forma parte del sistema de computo, utilizado durante el diseño de los programas es un lenguaje de alto nivel (FORTRAN IV) y, en gran parte, el lenguaje en

samblador Z-8 ϕ .

El lenguaje de alto nivel se usó para escribir los programas de interacción con el usuario, de tal manera que éste tenga la facilidad de definir cómo se va a procesar la información recibida así como el despliegue de los resultados de interés sin tener que ser un experto en electrónica o computación.

El lenguaje ensamblador se utilizó para elaborar - las rutinas de interacción entre el microprocesador y el SEASV.

Los programas desarrollados permiten al procesador controlar la entrada de información a la microcomputadora y su almacenamiento en memoria.

3.1 DESCRIPCION DEL EQUIPO DE COMPUTACION.

Las características principales del sistema de cómputo CROMEMCO SISTEMA TRES que se utilizó son las siguientes:

- 1) Sistema operativo CDOS (CROMEMCO DISK OPERATING SYSTEM).
- 2) "Bootstrap" cargador
- 3) Ensamblador, Z-8 ϕ MACRO-ASSEMBLER

- 4) Compiladores o interpretes, (FORTRAN, LISP, - BASIC, etc.)
- 5) Ligador/cargador, ("LINKER/LOADER")
- 6) Biblioteca de subrutinas y macros
- 7) Una variedad de manipuladores de E/S con puertos en serie o en paralelo.

A continuación se describen en detalle las partes que se requieren conocer para el desarrollo del software.

3.1.1 El Sistema Operativo CDOS. Controla la entrada y salida de información hacia los dispositivos de almacenamiento en masa, tales como discos flexibles y discos duros, ésto es - para permitir a los usuarios crear y manipular archivos en disco ya sea aleatoria o secuencialmente.

Dicho sistema operativo esta escrito en lenguaje - de máquina Z-8 ϕ . CDOS es cargado en la memoria RAM(64K) a través de un programa "bootstrap" y ocupa espacio desde la localidad ϕ hasta la localidad 1 $\phi\phi$ H, así también como un espacio de 11K a 18K en la parte alta de memoria. La parte de memoria - destinada para el suario es generalmente de 48K a partir de la localidad 1 $\phi\phi$ H. Esta distribución de la memoria se muestra - gráficamente en la figura No. 34

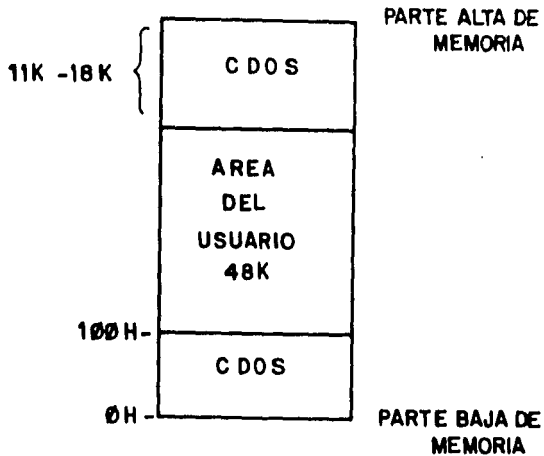


Figura.No.34 MAPA DE MEMORIA

3.1.2 Z-8 ϕ Macro-Ensamblador. Para elaborar programas en ensamblador Z-8 ϕ , el sistema CROMEMCO tiene un programa en ensamblador llamado Z-8 ϕ MACRO-ASSEMBLER, el cual traduce los nemónicos dentro de códigos de operación, asigna los símbolos a localidades de memoria y coloca dichas direcciones en los lugares apropiados dentro del código que se genera, ésto es, genera un código objeto a partir de un código fuente.

El MACRO-ASSEMBLER Z-8 ϕ es un ensamblador de dos pasos: El primer paso consiste en identificar la localidad que es asignada para cada símbolo, mientras que en el segundo paso se traducen los códigos de operación y se usa la información que resulta del primer paso para llenar el código correspondiente a instrucciones en las cuales se usan símbolos para representar direcciones, produciendo un código objeto relocalizable.

En el MACRO-ASSEMBLER Z-8 ϕ hay cuatro tipos de campos que pueden ser usados en una línea de código fuente que -- son: ETIQUETAS, CODIGO DE OPERACION, OPERANDOS Y COMENTARIOS o NOTAS.

Etiquetas: Las etiquetas quedan definidas como una cadena de caracteres alfanuméricos donde el primer carácter es una letra ó "\$" ó ".". Las etiquetas deben ir seguidas de dos puntos. Ningún registro de Z-8 ϕ , puede ser nombre de una etiqueta. Conviene editar el programa con las etiquetas colocadas a partir de la columna uno.

Códigos de operación: Los códigos de operación pueden comenzar en cualquier columna de una línea excepto en la línea uno, pueden ir después de una etiqueta, pero separados -- al menos por un espacio.

Pseudo Códigos de operación: Son un conjunto de códigos que sólo son reconocidos por el Macroensamblador. Estos códigos no generan código objeto, facilitan el trabajo de creación de un programa en ensamblador Z-8 ϕ . Algunos de los más -- usados son:

- a) ORG.- Condiciona el contador del programa (PC) del ensamblador para iniciar el ensamble de un

bloque del programa en una dirección específica, pueden usarse varios ORG en un sólo programa.

- b) EQU.- Se usa para informar al ensamblador que dos cantidades nombradas son equivalentes.
- c) DB.- Se usa para decirle al ensamblador que reserve un byte o un grupo de bytes como datos en el código objeto.
- d) DS.- Le dice al ensamblador que reserve un número específico de bytes en el código objeto para almacenamiento.
El ensamblador no insertará ningún valor particular en los bytes reservados.
- e) DW.- Le dice al ensamblador que reserve una palabra ó grupo de palabras en el código objeto. Cada palabra consta de dos bytes.
- f) ENTRY.- Es usado para declarar en un código fuente que ese archivo contiene las direcciones de los nombres listados. Estos nombres pueden ser de subrutinas o bloques de datos.
- g) END.- Termina el ensamble de un bloque de código fuente.

Operandos: Los operandos pueden ser nombres de re-

gistros, constantes, nombres de etiquetas o expresiones. Los nombres de registros incluyen todos los registros estandard - del Z-8 ϕ . Los operandos n \acute mericos pueden ser decimales, octales, hexadecimales o binarios, para especificar el tipo se ponen al finalizar el n \acute mero, las letras D, Q, H y B respectivamente.

Comentarios o Notas: En ocasiones es necesario introducir comentarios en los programas, para documentarlos y hacer m \acute s f \acute cil su entendimiento al leerlos. Para introducirlo es necesario que sean precedidos por punto y coma (;). Si se desea dejar una l \acute nea en blanco unicamente se pone ;.

Dentro de los programas realizados con el Macroensamblador Z-8 ϕ se pueden efectuar llamadas al sistema operativo denominadas "system call", las cuales son instrucciones en el c \acute digo fuente que pide al sistema operativo que realice alguna funci \acute on. Durante una llamada al sistema CDOS, se carga - un n \acute mero que define la funci \acute on a realizar en el registro C del Z-8 ϕ , posteriormente se carga cualquier par \acute metro que se pueda requerir en otros registros del Z-8 ϕ y finalmente se llama al - sistema operativo. Para una descripci \acute on m \acute s completa de estos elementos del software referirse al Manual CROMEMCO MACRO-ASSEMBLER (4).

sistema que funcionalmente trabaja en tiempo real con rutinas en ensamblador Z-8 ϕ , dejando otras tareas, como calculos aritméticos e interacción con el usuario para ser ejecutados por medio de programas en un lenguaje de alto nivel. Para ésto se utilizó FORTRAN IV como lenguaje de alto nivel debido a las características del LINKER, ya que está creado para ser usado con este lenguaje y facilita la programación.

La liga de subprogramas del sistema CROMEMCO esta definida como una llamada normal a una subrutina generada por el compilador de FORTRAN. Una referencia a un subprograma sin argumentos, genera simplemente una instrucción "CALL". El subprograma correspondiente deberá regresar con una instrucción RET. (CALL Y RET son instrucciones del Z-8 ϕ . (15)

Una referencia a un subprograma con argumentos, -- sigue una secuencia en la llamada (CALL) más complicada. Los argumentos siempre se pasan por referencia, es decir, se transmite la dirección del argumento y no su valor, cada argumento ocupa dos bytes pese a su tipo (entero, real, doble precisión, etc.)

El método para pasar los argumentos depende del número de argumentos a pasar.

3.1.3 El Compilador usado es FORTRAN IV. Se eligió por la facilidad que ofrece de ligar entre programas escritos en FORTRAN y áquellos escritos en otros lenguajes, tales como el lenguaje ensamblador para el MACRO-ASSEMBLER Z-8 ϕ . Se utiliza esta característica del sistema de cómputo para realizar programas en diferentes lenguajes y que al ejecutarse lleven a cabo tareas distintas.

3.1.4 Linker/Loader. Este programa tiene la tarea de unir varios códigos objetos para formar un programa, de esta manera se puede reunir programas y subprogramas, que pudieran estar incluso en una biblioteca, requeridos para alguna tarea compuesta y presentarlos como una sola entidad y generar directamente un programa ejecutable. En nuestro caso este concepto es importante, ya que se pretende que el usuario interactúe en la microcomputadora por medio de un lenguaje de alto nivel, y obtenga información de una señal de video y la manipule de manera fácil sin requerir un profundo conocimiento de computación, para lo cual la tarea de adquirir los datos en tiempo real será destinada para las rutinas escritas en lenguaje ensamblador.

El objetivo de ésto es que al ocurrir un evento en el mundo exterior, la microcomputadora debe responder con eventos lógicos en un tiempo oportuno, con lo cual se tendrá un --

1. 3 argumentos o menos son pasados en los registros del Z-8 ϕ
 - primer argumento en el registro par HL
 - segundo argumento en el registro par DE
 - tercer argumento en el registro par BC

2. 4 ó más argumentos son pasados como sigue:
 - primer argumento en el registro par HL
 - segundo argumento en el registro par DE
 - del tercer argumento hasta el argumento n en un bloque de datos continuos, el registro par BC apuntará al byte más bajo de este bloque.

Se hace notar que bajo este esquema el subprograma debe conocer cuantos argumentos debe esperar para poder encontrarlos, ésto es, el programa que llama debe pasar el número correcto de argumentos, ya que ni el compilador ni el sistema en el tiempo de ejecución verifica dicho dato.

Este último concepto se utiliza en nuestro diseño para pasar datos de un programa en ensamblador a un programa en FORTRAN, ya que se espera coleccionar dos bloques de datos, uno que contiene la información de las coordenadas del movimiento del punto de mayor luminosidad y otro que contiene los inter

valos de tiempo medidos en cada cambio en la dirección del movimiento. Las direcciones para cada bloque se pasan en los registros pares DE y BC respectivamente y el tamaño de dichos bloques se pasa en la dirección que apunta el registro HL. - Cabe mencionar que el programa en FORTRAN reconoce a cada argumento como el valor de una variable que previamente fué declarada, y en el caso de los bloques de datos, previamente di mencionadas.

3.1.5 Biblioteca de Subrutinas. La Biblioteca de subrutinas de FORTRAN (FORLIB.REL) contienen un número de subrutinas que pueden ser llamadas por el usuario desde un programa en FORTRAN ó en ensamblador. Esta biblioteca es requerida, sobre todo, cuando se ligan programas en FORTRAN y en ensamblador ya que el LINKER/LOADER ha sido diseñado de tal manera que incluye automáticamente ciertas subrutinas de la biblioteca, como - por ejemplo la subrutina que reserva espacio en memoria para - variables dimensionadas en un programa escrito en FORTRAN, que pueden ser utilizadas por otro programa en ensamblador.

3.2 INTERFASE DIGITAL TU-ART

3.2.1 Descripción del TU-ART.

La importancia de describir el manejo de la inter-

fase digital TU-ART radica en el hecho de que por medio de -- ésta el SEASV se comunica, a través de interrupciones, con la microcomputadora para inicializar el proceso por medio del cual rutinas en lenguaje ensamblador realizan la adquisición de da tos en tiempo real. El TU-ART se comunica directamente con el CPU Z-8 ϕ mediante el "bus S-1 $\phi\phi$ " asincronamente. El TU-ART - puede ser dividido en un dispositivo A y un dispositivo B, los cuales proporcionan:

- Dos canales de intercambio de datos en paralelo
- Dos canales de intercambio de datos en serie
- Diez contadores programables y cada uno tiene - capacidad para interrumpir al microprocesador
- Dos líneas de interrupción que pueden ser utilizadas por el usuario.

El TU-ART tiene catorce registros usados para transferir datos, comandos y status para el dispositivo A y otros catorce para el dispositivo B. El CPU Z-8 ϕ normalmente lee un dato, o la información del status de los registros de entrada, a través del "bus-S-1 $\phi\phi$ ejecutando una instrucción IN y escribibe datos, o comandos en los registros de salida del TU-ART ejecutando una instrucción OUT. El usuario tiene la facilidad de poder seleccionar y fijar una dirección base para el dispositio

vo A, al igual que para el dispositivo B, con los cuatro bits más significativos de direccionamiento mediante un conjunto - de interruptores ("switches"). De esta manera los cuatro bits menos significativos de direccionamiento sobre el "bus-S-1φφ" determinan la dirección completa del registro de E/S seleccionado.

En el diseño sólo se utilizan un canal de intercambio de datos en paralelo, que consta de un puerto de salida de 8 bits y de un puerto de entrada de 8 bits, un contador programable y las dos líneas de interrupción.

El puerto de entrada sirve para enviar la información desde los latches hacia la memoria de la microcomputadora. De las 8 líneas del puerto de salida solo se utilizan 5, que corresponden a los bits menos significativos, como líneas de control hacia un decodificador que habilita las salidas de los latches, uno a la vez.

La línea de interrupción designada como $\overline{\text{SENSA}}$ para el dispositivo A se usa para comunicarle al CPU Z8φ que existe información disponible y que la rutina de servicio debe adquirir los datos. La otra línea de interrupción $\overline{\text{SENSE}}$ del dispositivo B, es utilizada para marcar el fin del proceso de adquisición de datos para pasar a la siguiente etapa en la que son

procesados por un programa en FORTRAN. Debido a que se desea medir la velocidad con que cambia de posición el punto de mayor luminosidad dentro de una secuencia de imágenes de video, como es el caso del movimiento de la cabeza de la mantis religiosa, así como la trayectoria que sigue dicho punto en su movimiento; se necesita medir la secuencia temporal en la cual ocurren dichos cambios. Para ésto se implementó una sencilla base de -- tiempo utilizando uno de los contadores programables del dispositivo A del TU-ART para que cuente aproximadamente 1 milisegundo. Se eligió el contador 3 por tener menor prioridad de interrupción que la señal SENSA pero mayor prioridad que SENSB. Entonces la jerarquía más alta le corresponde a la tarea de adquisición de datos, después a la base de tiempo y por último - está la interrupción asociada con SENSB.

Hasta aquí hemos descrito como el SEASV interrumpe a la microcomputadora por medio del TU-ART.

Ahora bien, el CPU Z-8 ϕ tiene tres modos de responder a una interrupción, Modo ϕ , Modo 1 y el Modo 2, pero a través del TU-ART solamente se puede trabajar en el Modo ϕ ó en el Modo 2. Para nuestra aplicación utilizamos el Modo 2 de interrupción por ser el modo de respuesta más poderoso del Z-8 ϕ . Con este modo el programador mantiene una tabla de direcciones

de inicio de 16 bit localizada en cualquier parte de memoria - para cada rutina de servicio de interrupción. Cuando una interrupción es reconocida, un apuntador de 16 bit debe ser proporcionado para obtener la dirección de inicio de la rutina de servicio de interrupción desde la tabla. Los 8 bits más significativos de este apuntador estan formados por el registro I del Z-8 ϕ . El registro I es usado para este propósito y puede ser programado por el usuario mediante la instrucción LD I,A. Los 8 bits menos significativos son suministrados por el TU-ART. Se cuenta con tres posibles fuentes ($\overline{\text{SENSA}}$, $\overline{\text{SENSB}}$ y el contador 3) las que son atendidas de acuerdo a una jerarquía de prioridades existente, por lo que el TU-ART genera una única salida de interrupción, esto permite implementar rutinas que son accedidas con un mínimo de tiempo. Se debe asegurar que el Z-8 ϕ - ha sido programado en el Modo 2 ejecutando la instrucción IM2 y que las interrupciones han sido habilitadas con la instrucción EI.

Una vez que el TU-ART ha sido configurado para trabajar en el Modo 2 de interrupción, se deben programar algunos de sus registros para que tanto el dispositivo A como el dispositivo B sean propiamente inicializados. Se describe a continuación los registros que se utilizaron y cuáles de ellos necesitan ser programados. La descripción se aplica igualmente a

los registros del dispositivo A y a los registros del dispositivo B.

- a) Registro de comando. Es un registro de salida de 8 bit cuya dirección esta dada por la dirección base + 2. El formato para este registro - se muestra en la figura No. 36.

D 7	D 6	D 5	D 4	D 3	D 2	D 1	D 0
NO SE USA	NO SE USA	TEST	HIGH BAUD	INTA ENA.	RST7 SEL.	BREAK	RESET

Figura 36 REGISTRO DE COMANDO

Los bits D5, D4 y D1 están relacionados con la - - transmisión en serie, que no se utiliza, para lo cual deben -- ser programados con un nivel bajo, al igual que el bit D2. Un nivel alto en los bits D3 y D0 causará que el dispositivo - -- (A ó B) responda a un reconocimiento de interrupción y que reciba un "reset" respectivamente.

- b) Registro de máscara de interrupciones. Es un registro de salida y su dirección esta dada por la dirección base + 3. Su formato se muestra en la figura No. 37.

D 7	D 6	D 5	D 4	D 3	D 2	D 1	D 0
CONT5	CONT4	TBE	RDA	CONT3	$\overline{\text{SENS}}$	CONT2	CONT1

Figura No. 37 REGISTRO DE MASCARA DE INTERRUPTIONES

Un nivel alto en cualquier bit permite interrumpir al elemento correspondiente, mientras que un nivel bajo en la máscara de interrupciones lo deshabilita. Los bits D3, D2 son las fuentes de interrupción de nuestro diseño y deben ser programadas con un nivel alto.

- c) Registro del puerto paralelo de salida. Su dirección se encuentra dada por la dirección -- base + 4. Permite la salida de información -- del TU-ART.
- d) Registro del puerto paralelo de entrada. Su dirección esta dada por la dirección base + 4. Permite el acceso de información al TU-ART.
- e) Registro del contador 3. Es un registro de salida. Su dirección esta dada por la dirección base + 7. El CPU carga en este registro un número máximo de conteo para el contador 3. Este número se decrementa por 1 cada 64 microsegundos después de la carga inicial. La máxima -- cuenta es 255, por lo que el intervalo de tiempo más largo es de $255 \times 64 = 16.32$ milisegundos. Cuando la cuenta alcanza el cero el contador interrumpe y queda deshabilitado.

3.2.2 Inicialización del TU-ART.

Para inicializar el TU-ART y usar las fuentes de interrupción que nos proporciona, se deben ejecutar los siguientes pasos.

- 1) Se configura el TU-ART para trabajar con el Modo 2 de interrupción del Z-8 ϕ , ajustando el interruptor proporcionado, para tal efecto, como parte del TU-ART.
- 2) Se asigna una dirección base para los registros del dispositivo A, haciéndose lo mismo para el dispositivo B. Esto se logra mediante el conjunto de interruptores suministrados por el TU-ART.
- 3) Se habilita la respuesta al reconocimiento de interrupciones y se limpian los registros de los dispositivos por medio de la programación del registro de comando.
- 4) Se habilitan las interrupciones de SENSA. contador 3 y SENSE programando el registro de más cara de interrupciones.

Al final del paso 4) el TU-ART queda programado -

para interrumpir al CPU, de acuerdo a las fuentes definidas - y a la jerarquía existente entre ellas. A continuación se -- presenta en la figura No. 38 una tabla con los vectores de 8 bit que proporciona el TU-ART para formar el apuntador a las rutinas de interrupción. Los tres bits más significativos co rresponden a los tres bits más significativos de la dirección base del dispositivo A.

PRIORIDAD	VECTOR DE INTERRUPCION TU-ART								FUENTE DE INTERRUPCION
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
ALTA	A7 DE LA DIR. BASE DE A	A6 DE LA DIR. BASE DE A	A5 DE LA DIR. BASE DE A	0	0	1	0	0	DISPOSITIVO A, $\overline{\text{SENSA}}$
				0	0	1	1	0	DISPOSITIVO A, CONTADOR 3
BAJA				1	0	1	0	0	DISPOSITIVO B, $\overline{\text{SENSB}}$

Figura No. 38 VECTORES DE INTERRUPCION DEL TU - ART

Cabe mencionar que existen otras trece posibles - fuentes de interrupción, las cuales no son utilizadas por lo que su discusión no es necesaria en este reporte. El lector interesado debe referirse al Manual TU-ART DIGITAL INTERFASE.

(13).

3.3 DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SOFTWARE.

Una vez conocidas las herramientas (MACRO-ENSAMBLADOR Z-8 ϕ , LINKER/LOADER, FORTRAN IV y el TU-ART) con que se -- contó para diseñar el sistema de software necesario para la captura de datos, asi como para su procesamiento y el despliegue de los resultados obtenidos, pasamos a describir los programas desarrollados. Estos programas comprenden un programa principal escrito en FORTRAN y un subprograma escrito en ensamblador Z-8 ϕ .

3.3.1 LLAMA. Programa Principal en Fortran.

El programa principal en Fortran llamado LLAMA.FOR tiene la función de comunicarse con el usuario, imprimiendo en cabezados y letreros en la terminal indicándole que acciones debe de llevar a cabo para activar el proceso de adquisición - de información. Una vez que estas acciones son ejecutadas, el programa LLAMA pasa el control a un subprograma, en ensambla-- dor, que se encarga de capturar la información, ésto es, leer los pares de coordenadas (x,y) obtenidas por el SEASV.

Este programa, LLAMA, también se encarga de desplegar en la pantalla la información recibida. Dicha información

comprende el bloque de coordenadas (x,y) del movimiento del punto de más luminosidad en la imagen, que corresponde a la cabeza de la mantis religiosa, y la información correspondiente al tiempo medido entre cada cambio de dirección del movimiento de dicho punto. Esta información se utiliza por el programa, para calcular la distancia absoluta entre los extremos alcanzados durante el movimiento oscilatorio del punto luminoso, de tal manera que se obtienen otros resultados tales como la velocidad del movimiento del objeto bajo estudio y el ángulo con que éste se desplaza. Hay que aclarar que hasta aquí la determinación de las coordenadas del movimiento de cualquier objeto bajo estudio son referidas a un eje de coordenadas cuyas unidades difieren de las reales, para lo cual se necesita convertir las mediciones hechas a través de información procesada por el SEASV a unidades reales.

Esto se logra midiendo la extensión real del área captada por la cámara de T.V. en el plano de estudio en las direcciones horizontal y vertical; obteniéndose, de esta manera, factores de conversión en ambos ejes con respecto al número de puntos en un campo considerados por el SEASV, en el análisis de cada imagen tomada. Estos factores son pedidos al usuario, como datos en el programa en FORTRAN, para calcular la distancia y el ángulo, mencionados anteriormente los cuales son des-

plegados en la terminal junto con aquellos resultados que son de interés. Los datos presentados en la terminal son los siguientes:

- N - Número de parejas de datos, información registrada por el subprograma que es enviada al programa principal como primer argumento.
- X - Valores de las parejas coordenadas (x,y) obtenidas durante el experimento por el subprograma, el cual las envía al programa principal como segundo argumento.
- T - Valores de los tiempos transcurridos entre cada cambio de dirección del movimiento del objeto en estudio, obtenidos por el subprograma, el cual los envía al programa principal como tercer argumento.
- DI - Distancia absoluta entre dos puntos extremos en cm.
- TI - Tiempo total transcurrido entre cada cambio de dirección en mseg.
- VEL - Velocidad con la que se mueve el punto de mayor luminosidad (la cabeza de la mantis), en una secuencia de imágenes en cm/seg.
- ANG - Angulo con que se desplaza en cada cambio de dirección el objeto en estudio, en grados.

En la figura No. 39 se puede observar el diagrama de flujo del programa principal LLAMA en FORTRAN.

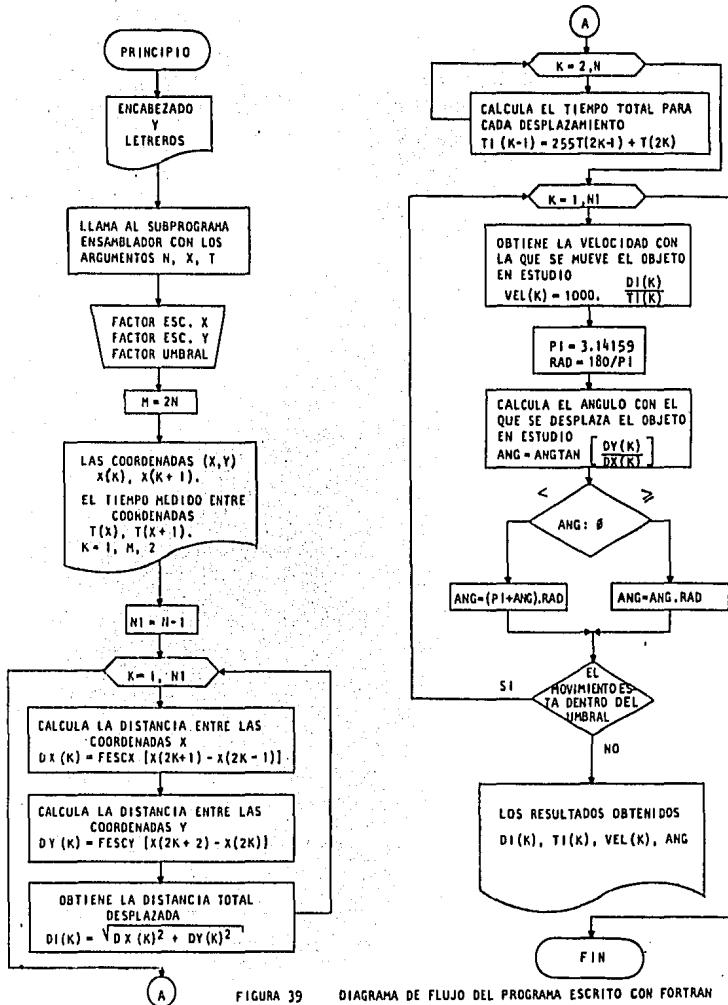


FIGURA 39

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA ESCRITO CON FORTRAN

3.3.2 TESISI. Subprograma en Ensamblador.

El subprograma en ensamblador Z-8 ϕ llamado TESISI. Z8 ϕ se encarga de salvar las direcciones que el programa en FORTRAN proporciona para colocar en esos apuntadores la información adquirida por el SEASV. Este programa, TESISI, lleva a cabo los siguientes pasos:

- 1) Programa el TU-ART
- 2) Inicializa los registros del Z-8 ϕ
- 3) Coloca apuntadores en el área de memoria que sirve como almacenamiento temporal.
- 4) Inicializa un contador para el número de datos capturados.
- 5) Reserva dos localidades en memoria que sirven como banderas. La primera indica cuándo se captura el primer par de coordenadas y la segunda cuándo termina la captura de información.

Una vez hecho ésto, el subprograma realiza una llamada al sistema operativo CDOS entrando en un "loop" donde espera a leer un carácter del teclado, el cual corresponde al código ASCII de la letra A minúscula (61H). Cuando recibe el código correcto el subprograma habilita las interrupciones, -

programa en Modo 2 de interrupción al Z-8 ϕ y ejecuta una instrucción HALT para esperar por interrupciones. Cuando el Z-8 ϕ reconoce una interrupción guarda el contenido del registro del contador de programa (PC) en el stack y cuando termina la rutina de interrupción recupera el contenido del stack y lo coloca en el registro del PC regresando a la siguiente instrucción. En esta parte el subprograma sensa la bandera que indica que cese la adquisición de datos, si ésta no esta activa regresa al HALT y espera por más interrupciones. Si la bandera esta activa entonces recupera toda la información contenida en las localidades de memoria asignadas por el programa LLAMA y le regresa el control a dicho programa principal. La figura No. 40 muestra el diagrama de flujo del subprograma en ensamblador Z-8 ϕ .

Como se mencionó existen tres rutinas de servicio de interrupción:

- 1) La primera rutina se encarga de la adquisición de datos. Esta rutina espera por el primer valor de coordenadas, que posteriormente son usadas como referencia, analiza si existe algún -movimiento, considerando una tolerancia debido a la característica de la señal de video, y en qué dirección se produce. Mientras no se de--

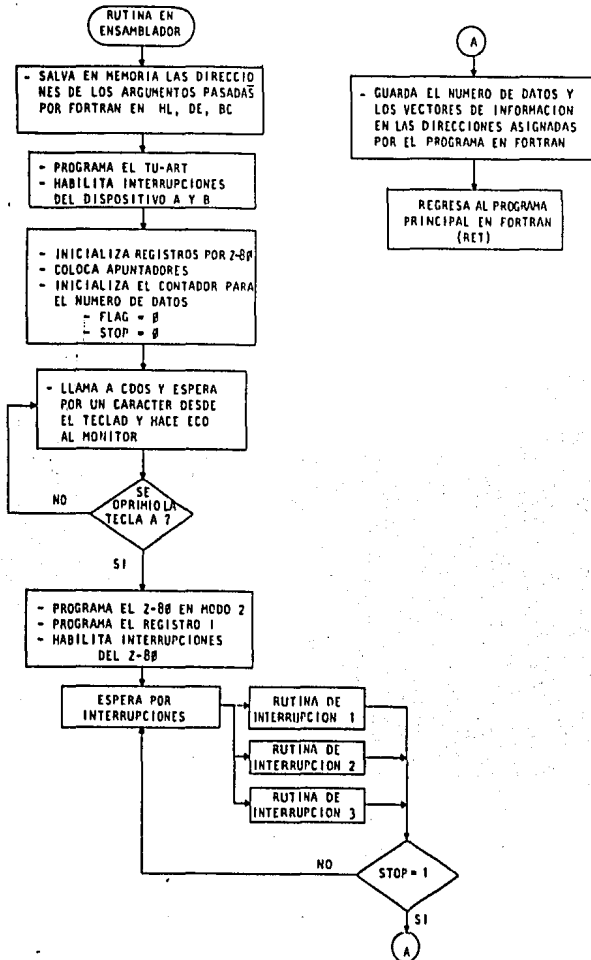


FIGURA 40 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA ESCRITO EN ENSAMBLADOR

tecte un cambio en la dirección del movimiento, la información capturada solo se actualiza. Al ocurrir un cambio en la dirección del movimien

to estos datos son almacenados en una área es
pecífica de memoria. Esta rutina se encarga
de arrancar el contador destinado a la base -
de tiempo, programándolo para interrumpir en
un 1mS. después de capturar el primer par de
coordenadas.

- 2) La segunda rutina se encarga de contar el tiem
po que mide el contador de la base de tiempo.
Esta rutina utiliza dos registros de 8 bits en
cascada con lo cuál se tiene capacidad para es
perar hasta un minuto para encontrar un cambio
en la dirección del movimiento. Esto fue dise
ñado así ya que de observaciones empíricas se
sabe que la mantis realiza varios movimientos
en un tiempo mucho menor (aproximadamente un
experimento dura un tiempo de 15 segs. dentro
del cuál la mantis realiza varios barridos).
Cuando se encuentra un cambio en la dirección
del movimiento, la primer rutina lee los dos
registros que llevan la cuenta de la base de
tiempo, ajusta este valor para encontrar el -
tiempo transcurrido entre cada cambio, y guar
da esta información en otra área de memoria.
- 3) La tercer rutina de interrupción es activada
por el usuario cuando presiona el "push button",

con la que se enciende una bandera que indica al subprograma en ensamblador que debe tener lista la información y regresa el control al programa principal en FORTRAN, (LLAMA), y además deshabilita las interrupciones con lo cual detiene la adquisición de datos. En la figura 41 se muestran los diagramas de flujo para - - cada rutina de interrupción escritas en ensamblador Z-8 ϕ .

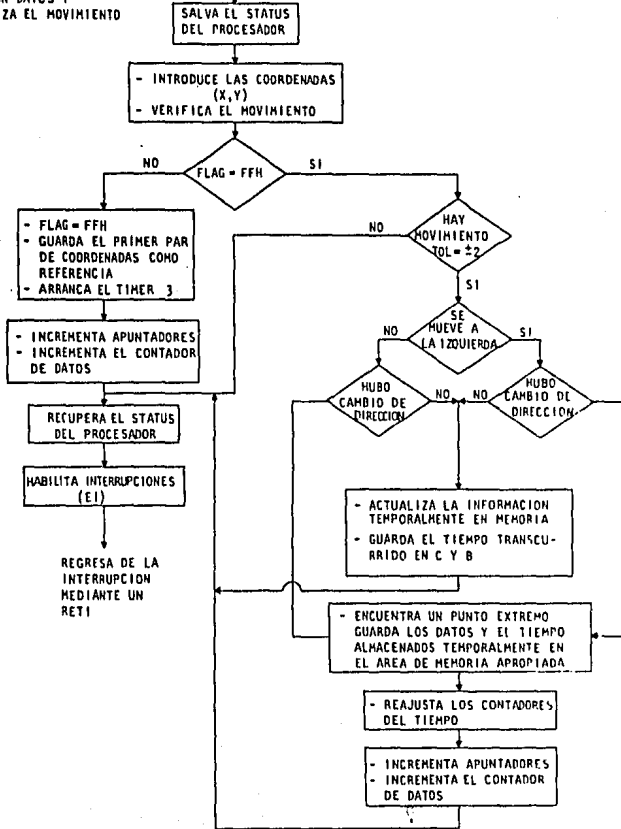
RESULTADOS

Una vez implementados los programas en el sistema de computación CROMEMCO se realizaron pruebas para analizar - el comportamiento del diseño completo.

Las pruebas iniciales consistieron en colocar un objeto blanco estático y adquirir sus coordenadas. En cada experimento se varió la posición del objeto.

Las siguientes pruebas fueron realizadas utilizando una varilla con un punto blanco en uno de sus extremos, la cual se movía manualmente frente a la cámara de T.V., con movimientos específicos en distancia y tiempo conocidos aproximada

RUTINA DE
INTERRUPCION QUE
ATIENDE A LA ADQUI-
SICION DATOS Y
ANALIZA EL MOVIMIENTO



a)

mente, para comprobar el funcionamiento dinámico del SEASV y de los programas elaborados. Cabe mencionar que se utilizó -- una lámpara como fuente de iluminación y la cámara sirvió como

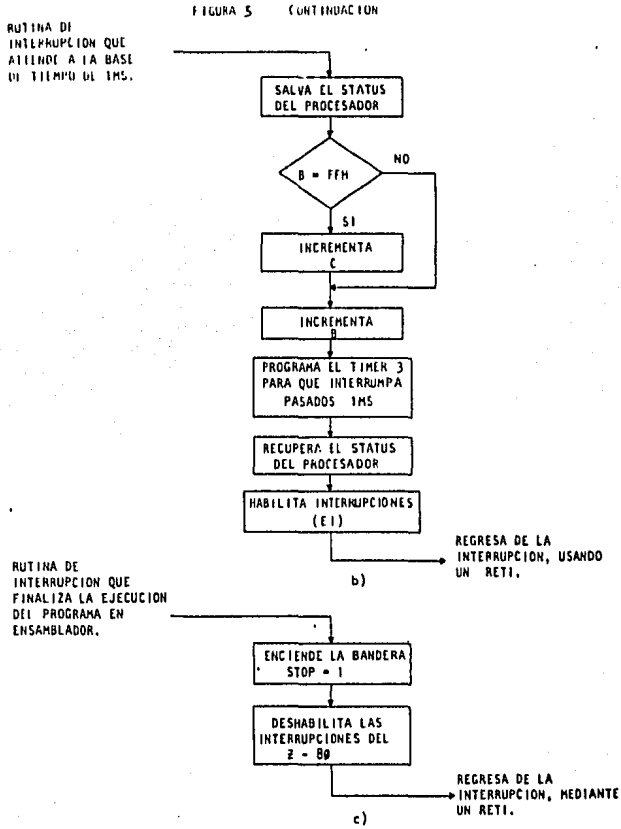


FIGURA 41 DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS RUTINAS DE INTERRUPCION ESCRITAS EN ENSAMBLADOR Z - 80

- a) RUTINA DE INTERRUPCION No. 1,
- b) RUTINA DE INTERRUPCION No. 2 y
- c) RUTINA DE INTERRUPCION No. 3.

fotómetro. Los resultados de éstos primeros experimentos arrojados por la computadora se listan a continuación.

A continuación se muestran los resultados obtenidos después de filmar exclusivamente el escenario, es decir, resultados obtenidos sin información.

Prueba 1:

```

n =      0
      x      y      tiempo ms
      0      0      0      0
  
```

*** despliegue de los datos obtenidos ***

distancia	tiempo	velocidad
cms	mseg	cm/seg

Prueba 2:

```

n =      0
      x      y      tiempo ms
      0      0      0      0
  
```

*** despliegue de los datos obtenidos ***

distancia	tiempo	velocidad
cms	mseg	cm/seg

Resultados obtenidos con un punto fijo, colocado en diferentes posiciones sobre el escenario en cada prueba.

Prueba 1, primera posición:

```

n =      1
      x      y      tiempo ms
      99     132     0      0
  
```

*** despliegue de los datos obtenidos ***

distancia	tiempo	velocidad
cms	mseg	cm/seg

Prueba 2, segunda posición:

n = 1
 x y tiempo ms
 98 130 0 0

** despegue de los datos obtenidos **

distancia	tiempo	velocidad
cms	mseg	cm/seg

Prueba 3, tercera posición:

n = 1
 x y tiempo ms
 105 73 0 0

** despegue de los datos obtenidos **

distancia	tiempo	velocidad
cms	mseg	cm/seg

Resultados obtenidos de las pruebas realizadas moviendo una varilla con un punto blanco en su extremo.

n = 4

x	y	tiempo ms
110	152	0 0
117	157	1 175
115	157	0 19
15	154	3 152
157	137	3 100
55	145	3 11

** despegue de los datos obtenidos **

distancia	tiempo	velocidad		
cms	mseg	cm/seg		
-3.500 cm	3.500 cm	920.000 mseg	3.805 cm/seg	180.65
3				
4.160 cm	4.228 cm	650.000 mseg	7.170 cm/seg	-5.45
4				

Prueba 2:

γ		tiempo ms	
112	64	0	0
114	64	0	41
85	59	3	83
87	56	0	17
84	57	0	52
122	60	4	210
79	57	5	210

** despliegue de los datos obtenidos **

distancia	tiempo	velocidad		
cm	mseg	cm/seg		
-2.030 cm 2	2.040 cm	851.000 mseg	2.397 cm/seg	185.427°
-2.440 cm 5	2.443 cm	1234.000 mseg	2.158 cm/seg	2.587°
-3.010 cm 5	3.012 cm	1490.000 mseg	3.022 cm/seg	182.383°

Prueba 3:

γ		tiempo ms	
80	152	0	0
84	151	0	4
133	138	5	23
84	153	3	136
132	139	4	244
129	139	1	17
133	134	0	175

** despliegue de los datos obtenidos **

distancia	tiempo	velocidad		
cm	mseg	cm/seg		
3.430 cm 2	3.449 cm	1303.000 mseg	2.662 cm/seg	-9.421°
-7.430 cm 3	3.480 cm	904.000 mseg	3.852 cm/seg	170.078°
3.340 cm 4	3.406 cm	1268.000 mseg	2.485 cm/seg	-9.012°
-1.210 cm 5	1.210 cm	373.000 mseg	1.769 cm/seg	180.000°

Posteriormente se realizaron pruebas bajo las mismas condiciones que los experimentos anteriores, pero esta vez tomando a la mantis religiosa como objeto de estudio. Se pintó un punto blanco sobre la cabeza de la mantis. Hay que aclarar que la mantis religiosa es filmada desde una vista en planta a todo lo largo y que su cabeza debe quedar apuntando hacia la parte superior captada por la cámara para que el barrido en encuentre primero la cabeza y de esta manera cuantificar su movimiento, de lo contrario se incurre en el error de detectar -- otro punto luminoso de la imagen, como sería su cuerpo. Los resultados que se obtuvieron en esta ocasión se listan a continuación.

De estudios y observaciones empíricas hechas anteriormente en el laboratorio de Bioingeniería del CIFIC se sabe que el desplazamiento de la cabeza de la mantis está en el rango de 1 a 2.5 cm, y que la velocidad con que ésta se mueve es de 1 a 2 cm/seg. En los resultados obtenidos con el SEASV se puede apreciar que hay movimientos realizados por la cabeza de la mantis, pero también existe una variación que puede ser interpretado como si el punto de mayor luminosidad en la imagen brincara de un lado hacia otro. En este caso, lo que ocurre es que la cabeza de la mantis no se comporta como el punto blanco de los experimentos anteriores, el cual refleja una luminosidad constante a pesar de su movimiento. Esto es, en el caso

de la mantis, esta luminosidad es variable porque el movimiento de la cabeza del animal no ocurre precisamente sobre un -- plano horizontal, sino que presenta pequeñas oscilaciones ver ticales, además de que el área que ocupa su cabeza es pequeña en comparación a la de su cuerpo aún pintandola de blanco, lo cual hace difícil controlar el punto de mayor luminosidad al - realizar un experimento, así como la determinación confiable de cuándo ocurre un desplazamiento real y cuándo no. Cuando esta variación se presenta bajo condiciones óptimas de iluminación y enfoque, se vuelve mínimo y constante, pero a pequeños cambios en estas variables la situación empeora rápidamente - y los resultados obtenidos son poco confiables. Para minimizar este problema se podría conjugar el uso de equipo óptico, agregar circuitos de sensibilidad más fina al "hardware" y hacer un ajuste de error por medio de "software". Asimismo, un estudio más detallado del comportamiento de "barrido" de la - mantis sería de gran utilidad en el desarrollo de dichas mejoras, (para una discusión más extensa ver capítulo de conclusiones).

Resultados obtenidos después de haber realizados -
pruebas con la Mantis Religiosa.

Prueba 1: Mantis Religiosa sin movimiento

n = 1
x y tiempo ms
143 124 0 0

** despliegue de los datos obtenidos **

d en x	dtotal	tupo	vel	ang
cm	cm	mseg	cm/seg	grados

Prueba 2: Mantis Religiosa barriendo la cabeza

n = 11
x y tiempo ms
137 58 0 0
152 59 26 253
136 58 6 249
143 58 2 92
136 57 0 17
143 58 0 17
136 57 0 18
143 58 0 17
136 57 0 17
143 58 0 18
136 57 0 17

** despliegue de los datos obtenidos **

d en x	dtotal	tupo	vel	ang
cm	cm	mseg	cm/seg	grados
1.050	1.051	6909.000	.152	2.182
1				
-1.120	1.121	1785.000	.628	182.045
2				
.490	.490	604.000	.811	0.000
3				

Prueba 3: Mantis Religiosa Barriendo la Cabeza

n =	14			
x	y	tiempo ms		
88	14	0	0	
79	13	0	17	
88	11	0	87	
74	43	1	6	
94	44	1	127	
88	44	1	209	
95	44	0	35	
73	42	1	39	
79	43	0	69	
76	42	0	87	
95	47	2	235	
73	46	2	57	
95	41	2	200	
88	41	1	87	

** despliegue de los datos obtenidos **

d en x	dtotal	tmpro	vel	
cm	cm	mseg	cm/seg	
1.400	1.401	383.000	3.657	1.2
4				
-1.420	.420	465.000	.903	180.0
5				
-1.540	1.542	295.000	5.227	192.0
7				
1.330	1.345	747.000	1.800	8.8
10				
-1.540	1.541	569.000	2.707	181.4
11				
1.540	1.553	712.000	2.181	17.4
12				
-1.490	.490	343.000	1.429	190.0
13				

CONCLUSIONES

El trabajo presentado a lo largo de esta tesis, es un trabajo original que muestra como se vinculan cada día más el diseño electrónico "hardware" y programas de cómputo "software" para resolver problemas que nacen en proyectos de investigación multidisciplinarios, ésto es, que involucran la participación de diversas ramas de la ciencia.

Después de haber realizado un análisis de los resultados obtenidos en las pruebas realizadas con el SEASV, puede concluirse lo siguiente: En las pruebas realizadas con la varilla con la punta blanca, para comprobar, teóricamente, la fidelidad de los resultados obtenidos por el sistema, éste se comporta satisfactoriamente puesto que los resultados obtenidos correspondieron a los esperados, es decir, el sistema localiza adecuadamente las coordenadas donde se encuentra el punto de mayor luminosidad, en una imagen dada, determina con fidelidad la distancia entre puntos extremos de un barrido, movimiento oscilatorio del punto luminoso en un plano, así como la velocidad del barrido en una secuencia de imágenes.

Las condiciones de operación bajo las cuales se efectuaron estas pruebas pueden considerarse como óptimas para

el funcionamiento correcto del sistema, las cuales son:

- 1) Un escenario con un fondo de color oscuro que contraste perfectamente con el color del objeto cuya posición hay que detectar.
- 2) Una iluminación uniforme sobre toda el área - donde se efectúe el movimiento, de tal manera que el punto de interés refleje el máximo de luz generando una señal de video donde la información correspondiente al punto de mayor luminosidad en la imagen alcance un nivel de voltaje arriba de un umbral considerándose, por lo tanto, como un punto blanco.
- 3) Es importante hacer hincapié sobre la zona de acción de la filmación ya que el área está limitada por el campo de la cámara; el movimiento que ésta capta es sobre un plano y tiene un límite en cuanto el objeto bajo estudio se encuentra en movimiento y pueda salirse del plano. Esto provoca que el objeto filmado se salga del área percibida por la cámara, perdiendose la información recibida por el SEASV, reflejándose en los resultados como un punto con movimiento aleatorio.

- 4) Finalmente debe considerarse la zona de foco - de la cámara. En este caso también es importante mantener enfocado el objeto de interés durante la secuencia de imágenes tomadas durante la trayectoria de su movimiento, mientras dure el experimento, pues al igual que en el punto 4 la información se puede perder en caso de desenfoque y reflejarse en los resultados como un punto con un movimiento aleatorio.

En conclusión se puede decir que cuando pueden controlarse las variables mencionadas en párrafos anteriores los resultados obtenidos son confiables y satisfactorios.

Por otro lado los resultados obtenidos durante las pruebas realizadas con la mantis religiosa no fueron del todo satisfactorias debido a que el sistema resultó ser sumamente sensible a las posibles variaciones que pueden existir en la ubicación del punto de mayor reflexión de luz, esto es, la mantis no es un punto blanco sino que es un animal que tiene una de sus partes pintadas de blanco la cual se puede mover aleatoriamente, de tal forma que según la posición que mantenga ante la cámara presentará por efectos de la luz distintos puntos de máxima reflexión y esto conduce a que la distorsión en los re-

sultados pueda ir desde una oscilación de ± 4 unidades en la localización de las coordenadas del punto de mayor luminosidad cuyo efecto puede corregirse por medio de software, hasta alterar totalmente la información e incluso perder el pulso de información en la señal de video. También es posible que durante el movimiento aleatorio de la mantis religiosa, el punto de interés sobre ésta se salga del foco de la cámara provocando los problemas mencionados en el punto 4.

La razón de este comportamiento se debe a que bajo las condiciones en las que se efectuaron las pruebas no se logró obtener un buen contraste entre el punto de interés, el punto pintado con pintura blanca en la cabeza de la mantis, y el resto de la escena. Analizando las condiciones bajo las cuales se realizaron los experimentos se encontró que para mejorar el comportamiento del sistema se pueden tomar las siguientes medidas:

- 1) Se pueden utilizar filtros polarizados de tal manera que todo aquello que rodea al punto de interés sea filtrado aislándolo lo más posible. Esto es, dado que la mantis religiosa es generalmente de un color verde, o café claro, se puede utilizar para pintar el punto de interés so

- bre la mantis religiosa, una pintura fosforescente o fluorescente que refleje un máximo de luz y por medio de un filtro en la lente de la cámara que elimine el color de la mantis incrementando el contraste entre la luz reflejada por la zona pintada y el resto de la imagen (fondo y el cuerpo de la mantis religiosa)
- 2) La iluminación debe de ser suficientemente uniforme para que el punto de interés en cualquier posición sobre el campo de la cámara refleje siempre el máximo nivel de luz con respecto al resto del escenario.
 - 3) Reducir el ángulo de visión de la cámara al mínimo posible para disminuir los efectos de ruido a causa de fuentes luminosas externas o bien de zonas donde la luz se ha dispersado y por lo tanto ya no es uniforme. Esta reducción se puede hacer adaptando un teleobjetivo a la cámara, aunque si esto resultara muy costoso se podría recurrir a una solución más rudimentaria pero eficiente, la cual consiste en adaptar un tubo de cartoncillo negro al objetivo de la cámara disminuyendo su campo de visión.
 - 4) También se puede considerar la eliminación de

ángulos en el escenario para aminorar los posibles efectos de sombras producidos por éstos.

- 5) En cuanto al problema que presenta la mantis religiosa ante el foco de la cámara, se puede sugerir como proyecto complementario a esta tesis. El diseño de experimentos empíricos para analizar la posibilidad de determinar la posición de la cabeza de la mantis religiosa, con respecto al pedestal donde se le coloca, en el momento de iniciar sus barridos. Se propone que se determine dicha posición en función del tamaño del animal y la posición que adopta antes de iniciar el barrido.

Si los resultados de este proyecto fueran satisfactorios, servirían como complemento del SEASV, ya que conociendo previamente la localización de la cabeza de la mantis al iniciar su barrido, es posible afocar la cámara hacia esa zona y eliminar el problema de desenfoque.

Bajo estas consideraciones; consiguiendo obtener la máxima reflexión de luz sobre un "único" punto en la mantis religiosa durante el tiempo que dure el experimento, se deben

esperar resultados satisfactorios y confiables del SEASV desarrollado en esta tesis, para utilizarlos en futuras investigaciones que involucren la determinación de trayectorias seguidas por objetos luminosos moviéndose en un fondo obscuro.

Debido a los problemas encontrados durante la realización de experimentos teniendo la cabeza de la mantis como objeto en estudio, se penso en una etapa futura cuya función sea tratar de reducir las fuentes de ruido. Dicha opción consiste en el desarrollo e implementación de una extensión al sistema electrónico que analiza la señal de video (SEASV) que le permita recibir la señal de video a través de una videocasetera. Esto es, se propone que se edite un cassette con las señales de video que contengan el menor ruido posible, obtenidas durante experimentos con animales. De tal manera, se dispondría de una señal grabada y no en vivo, como es nuestro caso, la cual sería susceptible de ser seleccionada y así obtener una señal más estable y definida, según los requerimientos del SEASV. Para ello, es necesario diseñar un demodulador, ya que en la videocasetera la señal de video es modulada en amplitud para ser transmitida a una pantalla de televisión.

B I B L I O G R A F I A

1. CDOS OPERATING SYSTEM, Instruction Manual
CROMEMCO, Inc. 1981.
2. CERVANTES F., LARA R. Y ARBIB M.A.
A Neural Model of Retino-Tectal-Pretectal Interactions
Subserving Prey-Predator Recognition and Size Preference
in Anuran Amphibian. Journal of Theoretical Biology. En
prensa.
3. CONNELLY, J.A.,
Analog Integrated Circuits, John Wiley and Sons, New York
1945.
4. CROMEMCO MACRO ASSEMBLER, Instruction Manual
Cromemco, Inc. 1978.
5. CHESHIRE DAVID.
The Video Manual, Adkinson Parrish, 1982.
6. FORTRAN IV, Instruction Manual
Cromemco, Inc, 1978
7. GROB, Bernard.
Basis Television Principles and Serviang, McGraw Hill
Kogakusha, Ltd. 1975.
8. LARA R., ARBIB M.A. y CROMARTY A.S.
The Role of Tectal Column in Facilitation of Amphibian
Prey-Catchine Behavior a Neural Model. Journal of
Neurosciences, 2: 520-530, 1982.
9. LARA R., CARMONA M., DAZA F. Y CRUZ A.
A Global Model of the Neural Mechanisms Responsible for
Visuomotor Behavior in toads. Journal of Theoretical Bio
logy. 1984.
10. LARA R., FRANCO A. y SANDOVAL M.E.
Monocular Depth Perception in the Praying Mantis.
Mandado a publicar a Nature.

11. NATIONAL SEMICONDUCTOR PRODUCTS INC., LINEAR INTEGRATED CIRCUITS DATA BOOK
National, Inc. 1978.
12. TTL DATA BOOK FOR DESIGN ENGINEERS.
2a. Edición, Dallas, Tex.: Texas Instruments, Inc. 1976.
13. TU-ART DIGITAL INTERFASE, Instruction Manual
CROMEMCO, Inc. 1980.
14. WINKEL, DAVID Y PROSSER, FRANKLIN
The Art of Digital Design, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, Inc., 1980.
15. Z-80-CPU TECHNICAL MANUAL.
C. Cupertino, Calif.: Zilog, Inc, 1976.

Listados de programas de la etapa de software
Programa Principal LLAMA, FOR

Este Programa calcula la velocidad promedio de la mantis religiosa a partir de las coordenadas obtenidas en tiempo real por el sistema que procesa la señal de video que proviene de la cámara. Para lo cual hace uso de una rutina en ensamblador de z80 que se encarga de capturar la posición, así como el tiempo mediante un sistema base de aproximadamente un milisegundo.

```

integer n,x(400),t(400)
real dx(175),dy(175),grad
real vel,di(175),ti(175)
  pi= 3.141592
  rad= 180./pi
  write(3,10)
10  format(' *** El sistema de adquisicion se encuentra listo ** ',/)
  write(3,12)
12  format(' 1) Para arrancar el sistema oprima la tecla A ',/)
  write(3,15)
15  format(' 2) Para finalizar la ejecucion oprima el pushbutton',/)

```

Llama a la rutina en ensamblador
 n: al numero total de pares de coordenadas y pares de datos que contienen la informacion del tiempo
 x: a las coordenadas x's y a las coordenadas y's
 t: a los pares de datos que llevan el tiempo

```

call tesis(n,x,t)
write(3,20)
20  format(' fin del experimento ',/)
write(3,21)
21  format('/', ' dame el factor de escala en x... ')
read(3,22)fescx
22  format(f7.4)
write(3,25)
25  format('/', ' dame el factor de escala en y... ')
read(3,26)fescy
26  format(f7.4)
write(3,27)
27  format(' dame el factor de umbral ')
read(3,28)fumbr
28  format(f7.4)

```

A continuacion desplega los datos obtenidos por la rutina de ensamblador

```

m=2*n
write(3,50)n
50  format(2x,'n = ',i5)
write(3,60)
60  format(9x,'x ',5x,'y ', 3x,' tiempo ms ')
do 150 k=1,m,2
write(3,200)x(k),x(k+1),t(k),t(k+1)
200 format(4x,4f7)
150 continue

```

Calcula la distancia entre dos posiciones extremas, así como el tiempo total transcurrido entre dichos extremos

```

n1= n-1
do 160 k=1,n1
dx(k)=(x(2*k+1)-x(2*k-1))*fescx

```

```

dy(k)=(x(2*k+2)-X(2*k))*fescy
di(k)= sqrt(dx(k)**2 + dy(k)**2)
160 continue
do 170 k=2,n
ti(k-1)= 256*ti(2*k-1)+t(2*k)
170 continue
write(3,190)
format(//,5x,' ** despliegue de los datos obtenidos ** ')
190 write(3,193)
format(//,6x,'d en x',9x,'dtotal',11x,'tmo',17x,'vel',12x,'ang')
193 write(3,210)
format(//,6x,'cm',12x,'cm',16x,'mseg',16x,'cm/seg',9x,'grados',/)
210

```

Calcula la velocidad promedio con la que se mueve la cabeza de la
mantis religiosa

```

n1=n-1
do 180 k=1,n1
if( (ti(k).eq.0).or.(dx(k).eq.0)) go to 5
vel= (1000*di(k))/ti(k)
if ((dy(k).ge.0).and.(dx(k).ge.0)) go to 1
if ((dy(k).ge.0).and.(dx(k).le.0)) go to 2
if ((dy(k).le.0).and.(dx(k).le.0)) go to 3
if ((dy(k).le.0).and.(dx(k).ge.0)) go to 4
1 grad=atan(dy(k)/dx(k))*rad
if (dx(k).eq.0) grad=90
go to 5
2 dx(k)=-dx(k)
if (dx(k).gt.0) grad=-atan(dy(k)/dx(k))*rad+180
dx(k)=-dx(k)
go to 5
3 dy(k)=-dy(k)
dx(k)=-dx(k)
grad=atan(dy(k)/dx(k))*rad+180
if (dx(k).eq.0) grad=270
dy(k)=-dy(k)
dx(k)=-dx(k)
go to 5
4 dy(k)=-dy(k)
grad=-atan(dy(k)/dx(k))*rad
if (dx(k).eq.0) grad=270
go to 5
5 if ((di(k).lt.fumbr).or.(ti(k).lt.100)) go to 180
if((grad.lt.10).and.(grad.gt.-10)) go to 219
if ((grad.lt.190).and.(grad.gt.170)) go to 219
go to 180
219 write(3,220) dx(k),di(k),ti(k),vel,grad
220 format(6x,f8.3,6x,f8.3,9x,f8.3,9x,f8.3,6x,f8.3)
write(3,225)k
225 format(6x,4i7)
180 continue
end

```

Subprograma TESISI.Z80

```
te ype tesis.z80
```

```
***** PROGRAMA PARA CUANTIFICAR EL MOVIMIENTO DE LA *****
***** MANTIS RELIGIOSA *****
*****
```

```
Este programa obtiene las coordenadas del movimiento de la
cabeza de la mantis religiosa a través de un sistema que
procesa la señal compuesta de video de una cámara, además
de utilizar una interfaz (TUART) que genera las interrupciones
para el z80-cpu, así como también una base de tiempo de 1 msec
```

```
Este programa es llamado desde un programa principal en Fortran
el cual asigna las direcciones en donde deben de ser colocados
los parámetros que obtenga la rutina de ensamblador, estas
direcciones son pasadas a través de los registros pares hl, de, bc
```

```
Uso de los registros del z80-cpu
```

```
a: almacenamiento temporal para cálculos
b: parte baja del contador para la base de tiempo
c: parte alta del contador para la base de tiempo
d: almacenamiento temporal para las coordenadas x's
e: bandera para indicar la dirección del movimiento de
  la cabeza de la mantis
hl: apuntador para el bloque de coordenadas que indiquen
  posiciones extremas
ix: apuntador para almacenamiento de propósito general
ix: apuntador para el bloque de datos sobre el tiempo
  medido en las posiciones extremas
```

```
org 5000h
entry tesis
```

```
tesis:
```

```
cdos equ 5 ;Se utiliza el sistema operativo
dir1 dir 2 ;Reserva 2 bytes para almacenamiento
dir2 ds 2 ; " " " " "
dir3 ds 2 ; " " " " "
flag ds 2 ; " " " " "
di ;Deshabilita interrupciones
ld (dir1),hl ;Salva la dirección del parámetro 1
ld (dir2),de ; " " " " " 2
ld (dir3),bc ; " " " " " 3
im2 ;Modo de interrupción 2 del z80
ld a,00h ;Selecciona el dispositivo A del TUART
out 54h,a ; por medio de software
ld a,09h ;Limpia el dispositivo A y habilita la
out 82h,a ; respuesta a interrupciones
out 52h,a ;Realiza lo mismo con el dispositivo B
ld a,0ch ;Habilita las interrupciones de SENS y
out 83h,a ; del Timer3 del dispositivo A
ld a,04h ;Habilita las interrupciones de SENS
out 53h,a ; del dispositivo B
ld a,58h ;Selecciona la página de memoria 88
ld i,a ; para los vectores de interrupción
xor a ;Limpia el acumulador para inicializar los
ld hl,6100h ; registros respectivos, además de
```

```

ld      ix,6500h      ; cargar los apuntadores con las
ld      ix,6060h      ; direcciones especificas en memoria
ld      d,a           ; para las areas de proposito gral.,
ld      e,a           ; para las areas de los bloques de
ld      b,a           ; datos, etc.
ld      (flag),a      ; Limpia la bandera que indica inicio de mov.
ld      (ix + 5),a    ; Limpia el contador de bloque de pares de dato
ld      (ix + 6),a    ; Limpia la bandera que indica fin de ejecucion
ld      c,01h        ; Carga c con el valor para leer el teclado
;
rdkey:  call  cdos      ; Llama al sistema y espera hasta que se oprima
        cp     61h      ; la tecla "A", haciendo eco a la pantalla
        jr     nz,rdkey ; el acumulador toma el caracter
        ld     c,00h    ; Limpia el contador de la base de tiempo
        ei     ; Habilita las interrupciones del z80
wait:   halt         ; Espera por interrupciones del sistema
        ld     a,(ix + 6) ; Senala la bandera de fin de ejecucion
        cp     01h      ; si esta encendida salva los datos en las
        jp     nz,wait  ; direcciones dadas por Fortran, de lo
        ; contrario continua ejecucion

```

```

; Se inicia la recuperacion de registros para regresar al programa
; principal en FORTRAN

```

```

ld      hl,(dir1)     ; Obtiene la direccion del parametro 1 y
ld      a,(ix + 5)    ; guarda en ella el numero del bloque de
ld      (hl),a        ; pares de datos.
inc     hl            ; Apunta a la siguiente direccion del parametro
ld      (hl),00h      ; Completa el valor del parametro con ceros.
ld      b,(ix + 5)    ; Toma el numero de pares de datos del bloque
ld      hl,6100h      ; transfiere la informacion a la area de
ld      ix,(dir2)     ; memoria especificada por Fortran.

```

loop1:

```

ld      a,(hl)        ; Este loop transfiere pares de datos
ld      (iy),a        ; correspondientes a las coordenadas X e Y
inc     iy            ; completando cada valor del parametro con
ld      (iy),00h      ; ceros.
inc     hl            ;
inc     iy            ;
ld      a,(hl)        ;
ld      (iy),a        ;
inc     iy            ;
ld      (iy),00h      ;
inc     hl            ;
inc     iy            ;
djnz   loop1         ;

```

```

ld      b,(ix + 5)    ; Toma el numero de pares de datos del bloque
ld      hl,6500h      ; transfiere la informacion a la area de
ld      ix,(dir3)     ; memoria especificada por Fortran.

```

loop2:

```

ld      a,(hl)        ; Este loop transfiere pares de datos
ld      (iy),a        ; correspondientes al tiempo transcurrido entre
inc     iy            ; cada par de coordenadas
ld      (iy),00h      ;
inc     hl            ;
inc     iy            ;

```



```

ld      a,(hl)      ;
ld      (iy),a     ;
inc     iy          ;
ld      (iy),00h   ;
inc     hl          ;
inc     iy          ;
djnz   loop2       ;
ld      a,7         ;Saca un 7 a la consola para que suene la
out     1,a         ; alarma indicando fin de la ejecucion.
ret     ;Regresa al programa principal en Fortran.
;

```

```

; Inicio de la rutina de interrupcion que genera la base de tiempo
; de 1 ms.
;

```

```

timer:  push  af      ;Salva en el stack la informacion de banderas
        ld    a,b     ;Lee la parte baja del contador de tiempo
        xor   0ffh    ; si ha llegado a 256 mses incrementa la part
        jr    nz,clock ; alta del contador de tiempo de lo contrario
        inc   c       ; caso incrementando el la parte baja
clock:  inc     b      ;
        ld    a,0fh   ;Carga el valor para que el Timer3 cuente
        out   87h,a   ; aproximadamente hasta 1 mses.
        pop  af      ;Recupera el estado de las banderas
        ei     ;Habilita las interrupciones del z80
        reti    ; antes de volver a WAIT.
;

```

```

; Inicio de la rutina de interrupcion que accesa los datos del
; sistema.
;

```

```

head:  push  af      ;Salva en el stack el estado de las banderas
        ld    a,0ah   ;Carga la direccion para habilitar el latch
        out   84h,a   ; que captura las coordenadas X.
        in    a,84h   ;Obten las coordenadas X del puerto de
        ld    d,a     ; entrada y las salva en el reg. D
        xor   a       ;Limpia el acumulador y deshabilita el latch
        out   84h,a   ; de las coordenadas X.
        ld    a,0bh   ;Carga la direccion para habilitar el latch
        out   84h,a   ; que captura las coordenadas Y.
        in    a,84h   ;Obten las coordenadas Y del puerto de
        ld    (ix+1),a ; entrada y salvalas en memoria.
        xor   a       ;Limpia el acumulador y deshabilita el latch
        out   84h,a   ; de las coordenadas Y.
        ld    a,(flag) ;Revisa si ya se inicio el movimiento de la
        and   0ffh    ; cabeza de la mantis, si este ya ha empezado
        jr    nz,move ; salta a analizar el movimiento, sino
        ld    a,0ffh  ; enciende la bandera y guarda el primer punt
        ld    (flag),a ; y el tiempo cero, tanto en el area de
        ld    (ix),d  ; memoria de proposito gral. como en el
        ld    (hl),d  ; area de memoria que sirve como buffer.
        inc   hl      ;
        ld    a,(ix+1) ;
        ld    (hl),a  ;
        inc   hl      ;
        ld    (iy),00h ;
        inc   iy      ;
        ld    (iy),00h ;
        inc   iy      ;
        inc   (ix+5)  ;Incrementa el contador de pares de datos.
        ld    a,0fh   ;Arranca el Timer3 para la base de tiempo
        out   87h,a   ; de aproximadamente 1 mses.
other:  pop  af      ;Recupera el estado de las banderas.
        ei     ;Habilita las interrupciones de z80 antes
        reti    ; de volver a WAIT.
move:  ld    a,d     ;Obtiene la coordenada x actual y la compara
        sub   (ix)    ; con la coordenada anterior.

```

```

jr      z.other      ; Si es igual espera por otro dato.
jr      nc,mrgh      ; Si es mayor se mueve a la derecha, sino
                    ; el movimiento es a la izquierda.
;
neq
cp      02h          ;
jr      c.other      ;
jr      z.other      ;
ld      a,e          ; Sensa hacia que direccion se ha movido
cp      01h          ; anteriormente la cabeza de la mantis.
jr      z,cmove      ; Si el movimiento es a la izquierda continua
jr      nc,chart     ; sino se efectuo un cambio a la derecha.
ld      e,01h        ; Indica que el movimiento se inicio a la izq.
move:   ld      (ix),d ; Salva las cordenadas y la informacion del
ld      a,(ix + 1)   ; tiempo en el area de memoria de proposito
ld      (ix + 2),a   ; general y regresa a esperar mas datos.
ld      (ix + 3),c   ;
ld      (ix + 4),b   ;
jr      other        ;
mrgh:   cp      01h  ;
;
;-----
jr      z.other      ;
ld      a,e          ; Sensa hacia que direccion se ha movido
cp      01h          ; anteriormente la cabeza de la mantis.
jr      z,chart      ; Si el movimiento es a la derecha continua
jr      nc,cmove     ; sino se efectuo un cambio a la izquierda.
ld      e,02h        ; Indica que el movimiento se inicio a la der.
chart:  jr      cmove  ; Salta a guardar la informacion.
ld      e,01h        ; Actualiza la direccion hacia la izquierda y
jr      milu         ; procede a guardar los datos en el buffer.
chart:  ld      e,02h ; Actualiza la direccion hacia la derecha.
milu:   ld      a,(ix) ; Recupera la informacion del area de memoria
ld      (hl),a       ; de proposito general y la almacena en el
inc     hl           ; area de memoria que corresponde al
ld      a,(ix + 2)   ; buffer de datos.
ld      (hl),a       ;
inc     hl           ;
ld      a,(ix + 3)   ;
ld      (iy),a       ;
inc     iy           ;
ld      a,(ix + 4)   ;
ld      (iy),a       ;
inc     iy           ;
ld      a,c          ; Correge el tiempo que se pasaron los
sub     (ix + 3)     ; contadores b y c.
ld      c,a          ;
ld      a,b          ;
sub     (ix + 4)     ;
ld      b,a          ;
inc     (ix + 5)     ; Incrementa la cuenta de pares de datos.
jr      cmove        ; Salta a salvar los datos actuales.
;
; Inicio la rutina de interrupcion que da fin a la ejecucion del
; experimento.
;
exit:   ld      (ix + 6),01h ; Enciende la bandera para indicar fin de
reti   ; ejecucion y deshabilita interrupciones
;      ; antes de regresar a WAIT.
;
org    5884h
dw     head          ; Vector de interrupcion para el movimiento.
org    5886h
dw     timer         ; Vector de interrupcion para la base de tiempo
org    5874h
dw     exit          ; Vector de interrupcion para fin de ejecucion.

```

APENDICE "B".

Gufa para el usuario.

El diseño e implementación de los programas que - constituyen la etapa de "software" de esta tesis se realizó - utilizando el sistema de computación CROMEMCO SISTEMA TRES, - del laboratorio de Bioingeniería del CIFIC de la UNAM. Para esto se siguieron los siguientes pasos:

Edición.- Tanto el programa principal, que esta - escrito en FORTRAN, como el subprograma, escrito en ensamblador Z-8 ϕ , que interactua directamente con el SEASV, fueron editados utilizando un editor de pantalla llamado SCREEN, generándose archivos en disco, denominados LLAMA.FOR y TESISI.Z8 ϕ -- respectivamente.

Compilación.- Después de haber generado los programas fuente, el siguiente paso es su traducción a programas objeto. En el caso del programa principal se teclea:

A.FOR = (nombre del programa) [LLAMA]

En el caso del subprograma, para ensamblador se teclea el siguiente comando:

A.ASMB (nombre del programa en ensamblador) [TESISI]

Una vez efectuado este paso se cuenta con dos archi
vos en disco de los programas objeto.

Ligado.- Posteriormente se utiliza el programa LINK
para ligar ambos programas (en FORTRAN y en ensamblador), crean
do de esta manera un solo programa ejecutable. Para esto se -
teclea el siguiente comando:

A.LINK LLAMA, FORLIB/S, TESISI, LLAMA/N/E

El programa ligador carga los dos programas objeto
relocalizables en memoria y cambia todas las direcciones de me
moría relativas en las direcciones de memoria actuales, generan
do un programa ejecutable.

Ejecución.- Finalmente cuando el usuario desee eje
cutar una corrida con el programa ejecutable generado en los -
pasos anteriores, sólo debe teclear el nombre de programa prin
cipal, esto es:

A. LLAMA

Una vez que el programa inicia su ejecución, le envía al usuario una descripción de los pasos que debe seguir, - así como de la información que debe proporcionar al programa - para llevar a cabo un experimento y poder adquirir información. Cuando se inicia la ejecución, el programa despliega lo siguiente:

```

1. El programa le pide el nombre del usuario.
2. El programa le pide el nombre del sistema de control.
3. El programa le pide el nombre del sistema de control.
4. El programa le pide el nombre del sistema de control.
5. El programa le pide el nombre del sistema de control.

```

quedando en espera de que el usuario oprima la tecla "A" para ejecutar las siguientes fases del experimento.

Para finalizar la captura de datos, el usuario - - debe oprimir el "pushbutton" proporcionado por el SEASV. Inmediatamente después de que ésto ocurre, el sistema hace sonar ~~una~~ una alarma en el teclado indicando el fin de captura de datos. A continuación pide al usuario los factores de escala, los cuales deben de ser calculados como se describió en el diseño del "software" en el capítulo III.

Done el factor de escala en v... 0.07

Done el factor de escala en v... 0.04

Done el factor de escala en v... 0

Dichos factores son utilizados para cálculos aritméticos de la distancia, tiempo y velocidad, entre los puntos extremos del barrido del objeto bajo estudio (el punto de mayor luminosidad dentro de la imagen captada) y el ángulo del barrido con respecto al eje x.

Después de recibir los valores anteriores, el programa procesa los datos capturados por el SEASV y despliega los resultados obtenidos de la siguiente manera.

- 1) Para arrancar el sistema oprima la tecla A
- 2) Para finalizar la ejecución oprima el pushbutton a fin del experimento

dame el factor de escala en x... 0.07

dame el factor de escala en y... .04

dame el factor de umbral 2

n =	x	y	tiempo ms
	94	41	0 0
	91	42	0 191
	95	42	1 121
	73	41	2 10
	79	46	0 17
	76	46	0 87
	78	45	1 4
	72	46	0 35
	95	47	1 5
	88	47	0 35
	95	43	1 108
	76	43	0 226
	94	46	1 213
	88	45	1 52
	92	42	0 122
	89	42	0 104

** despliegue de los datos obtenidos **

d en x	dtotal	tmfo	vel	
cm	cm	mseg	cm/seg	
.280	.280	377.000	.743	0.0
2				
-1.540	1.541	522.000	2.951	181.4
3				
1.610	1.610	261.000	6.170	1.4
8				
-1.330	1.330	226.000	5.885	180.0
11				
1.260	1.266	469.000	2.699	5.4
12				
-.420	.422	308.000	1.370	185.4
13				
-.210	.210	104.000	2.019	180.0
15	,			

donde la distancia en x y la distancia total están dadas en cm. el tiempo en mseg, la velocidad en cm/seg, y el ángulo en grados. De esta manera se da por terminada una sesión de experimentos.