

NUEVO FOTOPOLARIMETRO AUTOMATICO PARA EL CASLEO:  
ELECTRONICA DEL INSTRUMENTO

A NEW AUTOMATIC PHOTOPOLARIMETER FOR CASLEO:  
ELECTRONICS OF INSTRUMENT

E. Martinez<sup>1,2</sup>; J.L. Aballay<sup>1,2</sup>; A. Marún<sup>2</sup>;  
H. Ruartes<sup>1,2</sup>

1 CONICET

2 Complejo Astronómico El Leoncito

RESUMEN: Un fotopolarímetro nuevo se está construyendo en el CASLEO. El instrumento está pensado para ser operado desde un computador PC/XT. El computador configura el instrumento como fotómetro o polarímetro y controla la adquisición de datos y los movimientos de los mecanismos del equipo. Se presenta una descripción y la teoría de funcionamiento de la electrónica del instrumento. En este artículo se describen el hardware y el software.

ABSTRACT :A new photopolarimeter is under construction in CASLEO. The instrument will be operated automatically by a PC/XT computer from the control room. The computer configures the instrument as photometer or polarimeter and controls the data acquisition and movements of the several mechanisms of the equipment. A description and the theory of operation of the electronics of the instrument is presented. The hardware and the control software of the instrument are described in this article.

## INTRODUCCION

Se describirá la electrónica del fotopolarímetro automático del CASLEO y su funcionamiento. Dividiremos la explicación en dos partes :

1- Descripción y teoría de funcionamiento del hardware.

2- Descripción y teoría de funcionamiento del software.

El instrumento, como su nombre lo indica, puede funcionar como fotómetro o polarímetro alternativamente. La diferencia entre ambos radica en parte en la óptica usada y en la forma de adquirir los datos. La operación del instrumento es totalmente automática; el usuario no necesita acceder a la plataforma del telescopio para realizar la observación.

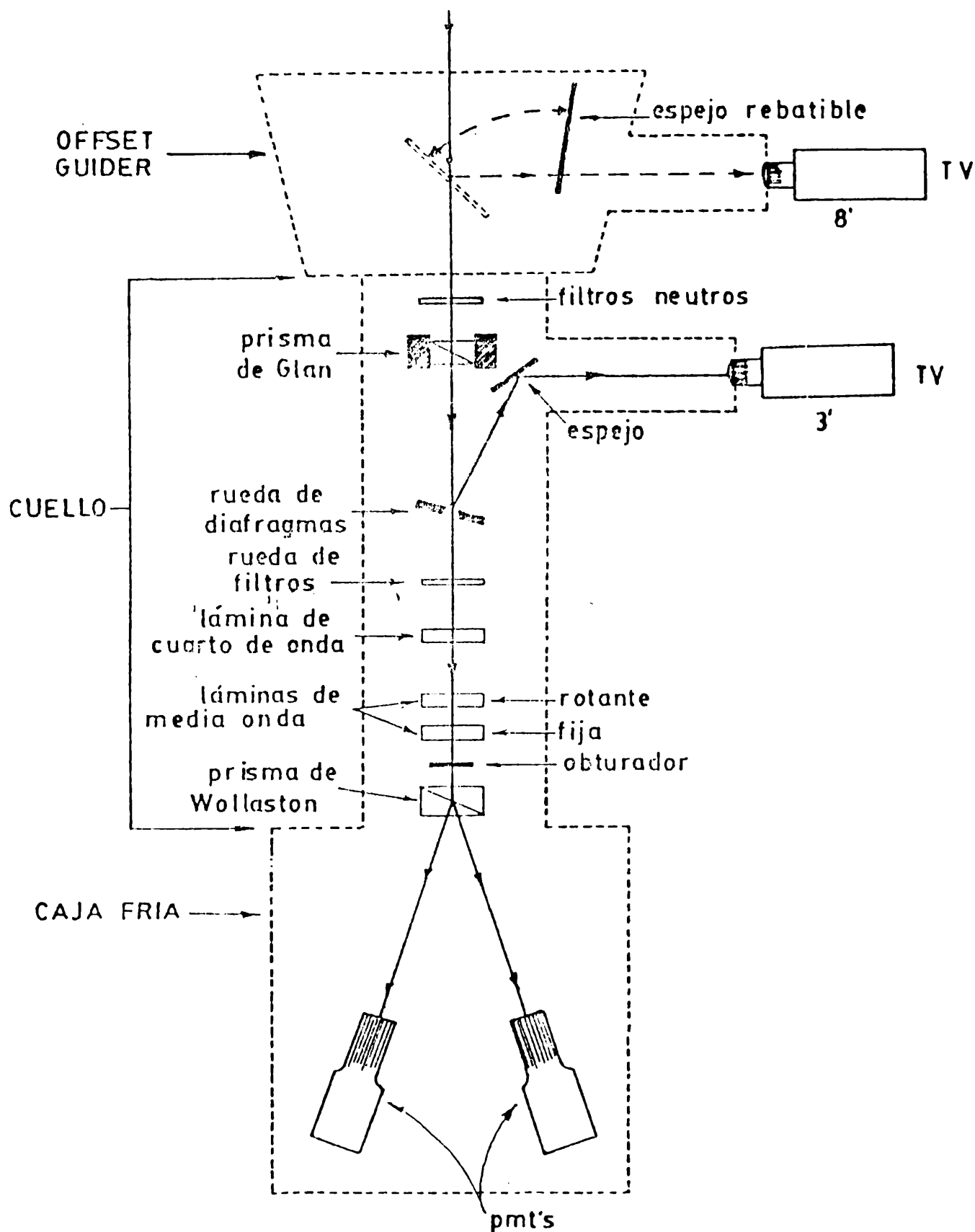
El instrumento es controlado por un computador PC/XT compatible, el cual procesa los datos y ordena las operaciones solicitadas por el usuario. La electrónica instalada dentro del PC es la encargada del control de movimientos a bajo nivel.

Para funcionar como polarímetro, básicamente se agrega a la óptica del fotómetro un conjunto de dos láminas de media onda, una rotante y otra fija, un prisma de Wollaston, que divide el haz de luz en dos (de polarizaciones ortogonales) y otros elementos que se usan para calibración del polarímetro y son auxiliares a la medición de los objetos. Lo esencial del funcionamiento como polarímetro es el giro de la lámina de media onda (LMO) y la forma de adquisición de los datos al rotar la lámina. En la fig.1 se muestra un esquema óptico-mecánico del instrumento.

La LMO rotante gira continuamente a una velocidad constante aproximada de 10 vueltas por segundo.

Cada revolución de la lámina consta de 100 posiciones de  $3,6^\circ$ ; para ir de una posición a otra la LMO realiza un paso; por lo tanto gira a una velocidad aproximada de 1 paso cada 1 mseg. Aun cuando el movimiento de la LMO es continuo, se puede considerar que permanece durante 1 mseg, aproximadamente, en cada posición. Se considera que la LMO está en sincronismo si por cada revolución realiza 100 pasos (del 0 al 99). En cada posición de la LMO se cuentan los pulsos de salida de los dos tubos fotomultiplicadores (PMTs), éstas se acumulan en dos buffers de memoria de la PC, uno por cada PMT (de 16 bits por posición), llamados buffers de revolución A y B. De esta manera se obtiene la modulación de intensidad de luz al girar la LMO, de la cual se calculan los parámetros de Stokes de la luz que ingresa. Al cabo de una revolución, si la LMO permanece en sincronismo, estos buffers se suman a otros dos de 32 bits por posición, uno por cada PMT (en los cuales se integran las cuentas totales) llamados buffers de integración A y B. Cada buffer, tanto de revolución como de integración, tiene 25 posiciones, una por cada posición óptica de la LMO. La LMO recorre 100 posiciones físicas en una revolución, pero debido al efecto de la lámina sobre el haz de luz los cuatro cuadrantes son ópticamente equivalentes, por lo que existen 25 posiciones ópticamente diferentes. De esta manera se realizan micro integraciones por revolución, las que se integran al total al finalizar cada vuelta si la LMO mantuvo el sincronismo durante ese giro. Se seleccionó este mecanismo, pues si se pierde el sincronismo durante una vuelta, el instrumento automáticamente descarta las cuentas acumuladas en esa revolución y no las suma a los buffers de integración, conservando de esta manera la integración y ahorrando tiempo de trabajo. Este mecanismo, al ser automático, es totalmente transparente al usuario. El mismo no es usado

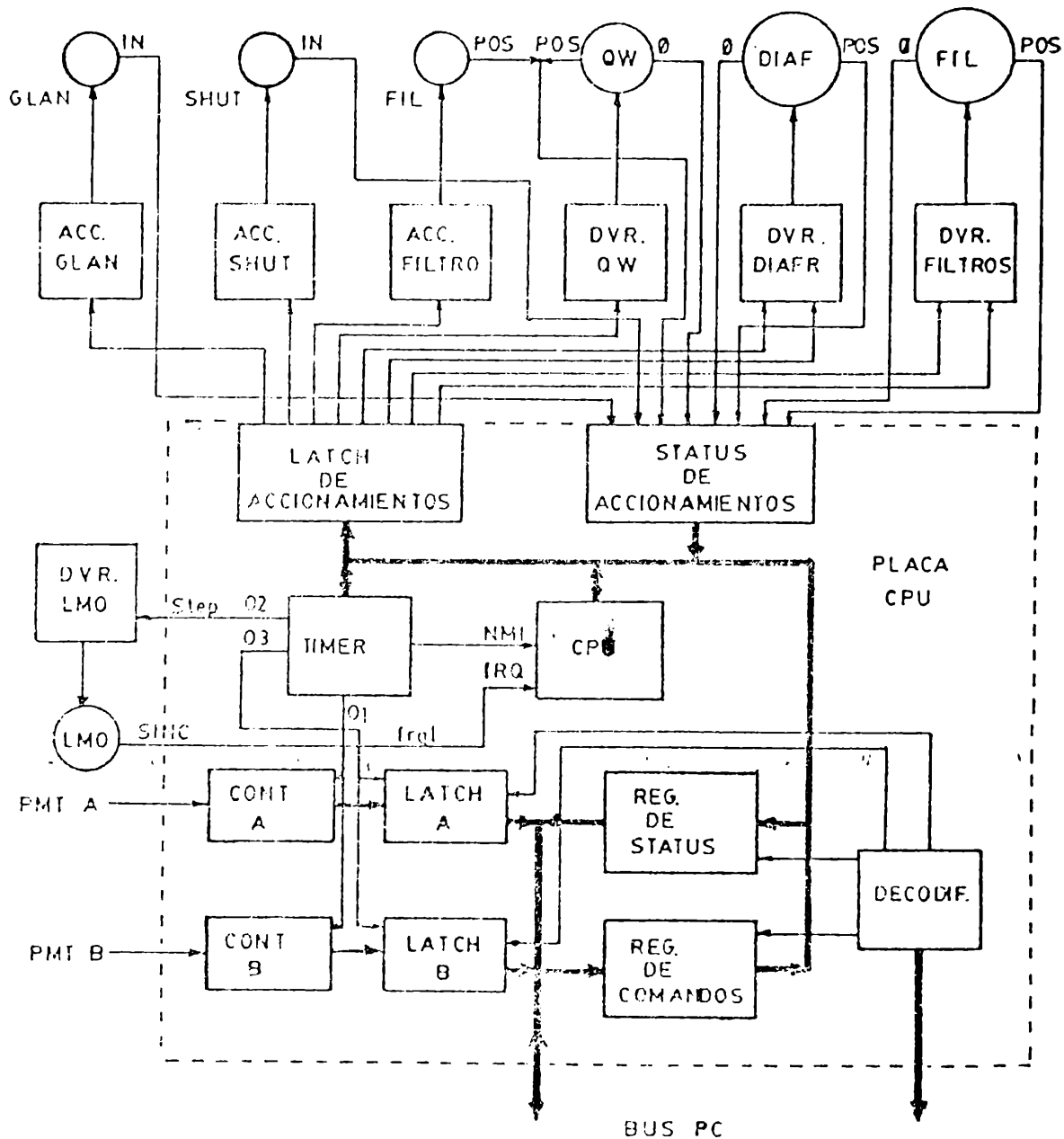
si el instrumento trabaja como fotómetro; en este caso simplemente se cuentan los pulsos totales durante la integración. Procesando los datos de los buffer de integración se puede ver como progresa la observación en tiempo real.



# HARDWARE DEL INSTRUMENTO

## Descripción

En la fig. 2 se muestra un diagrama en bloques de la electrónica del instrumento que se agrega al computador (a partir del bus de la PC).



Esta consta de dos partes bien diferenciadas: la primera tiene dos placas superpuestas instaladas en un slot de un computador PC/XT compatible distante del telescopio y es la que controla los distintos mecanismos del instrumento; la otra, es un conjunto de placas instaladas en el fotopolarímetro debajo del telescopio; esta última contiene los drivers de los diferentes mecanismos del instrumento y recibe las señales de control de la primera. Ambas partes están aisladas ópticamente para separar la tierra del telescopio de la sala de control y unidas por un cable de 37 conductores. Una de las placas instaladas en la PC es una CPU basada en un microprocesador 6802, a la que llamaremos CPU del fotopolarímetro; controla los movimientos de las diferentes partes del instrumento y la adquisición de datos, interpretando los comandos que le da la PC. La comunicación entre la CPU y la PC está basada en comandos que la PC envía a la CPU y status que ésta envía a la primera, la que describiremos con mayor detalle más adelante. La otra placa contiene la interfase entre la CPU y los drivers y electrónica asociada a la adquisición e interfase con el bus de la PC. Podemos dividir estas dos placas en cuatro partes:

- 1- CPU del fotopolarímetro
- 2- Interfase entre CPU y drivers
- 3- Interfase entre la PC y la CPU
- 4- Circuitos asociados con la adquisición de datos

1- La CPU del fotopolarímetro consta de un microprocesador 6802, una EPROM, un timer programable 6840 y lógica de decodificación de los diferentes periféricos del 6802.

2- La CPU envía las señales de control a los mecanismos del instrumento instalado en el telescopio a través de

un latch, llamado latch de accionamientos (LA) y recibe las señales de los sensores de los dispositivos a través de un buffer, llamado status de accionamientos (SA). El latch LA es escrito por la CPU cada vez que debe accionar un mecanismo. Para conocer el estado de los diferentes dispositivos del fotopolarímetro, la CPU lee el buffer SA. Las señales de entrada y salida de la interfase están optoaisladas para separar las masas de la sala de control y el telescopio.

3- La interfase entre la PC y la CPU está formada por un latch, llamado registro de comando (RC) y por un buffer, llamado registro de status (RS). La PC escribe el RC cada vez que debe enviar un comando a la CPU, ésta lo lee, interpreta y lo ejecuta. El RC es, por lo tanto, de escritura solamente para la PC y de lectura solamente para la CPU. Cuando la CPU debe comunicarse con la PC escribe el RS. El RS es de escritura solamente para la CPU y de lectura solamente para la PC.

4- La electrónica asociada con la adquisición de datos la constituyen dos contadores de 16 bits cada uno, uno por cada PMT, llamados contador A (CA) y contador B (CB) y cuatro latches de 8 bits cada uno, denominados latches A1, A2, B1 y B2 (LA1, LA2, LB1, LB2). Estos cuatro latches ocupan cuatro posiciones del espacio de entrada/salida de la PC, por lo que son leídos independientemente.

La CPU del fotopolarímetro se encarga, permanentemente, de realizar las siguientes funciones :

a- A través del timer genera el "timing" de control de contadores y latches para la adquisición de datos, la interrupción para que la PC lea las cuentas acumuladas en esa posición y los pulsos de step para que avance la LMO. El mecanismo de adquisición se

explicará más adelante.

- b- Interpretar los comandos enviados por la PC a través del RC y enviar el estado del instrumento y la información que la PC pide a través del RS.
- c- Como consecuencia de la interpretación de los comandos enviados por la PC, y para ejecutarlos la CPU genera las señales necesarias para los drivers de accionamiento, por medio del LA, para mover los diferentes dispositivos del fotopolarímetro.
- d- Interpretar el estado del instrumento a través de las señales de los sensores que le llegan por medio del SA.

La electrónica instalada en el instrumento está formada por dos placas en las que están los drivers de los distintos dispositivos. Una placa contiene los drivers de la rueda de diafragmas, de la rueda de filtros y de la lámina de cuarto de onda; todos estos mecanismos son movidos por motores de paso. La otra placa contiene el driver de la lámina de media onda, que es movida por un motor de paso y los drivers de los accionamientos (que son rele tragantes) de glan, shutter y filtros fijos. El mecanismo que resta es el del filtro rotativo (Tilting scanning filter), que también es accionado por un motor de paso y usa el mismo driver que la rueda de filtros, cambiando la posición de un switch en el instrumento. El software controlará de diferente forma uno y otro mecanismo.

Todos los drivers de la primera placa funcionan de la misma manera y tienen el mismo circuito, la única diferencia es en el de la rueda de filtros que contiene la circuitería para selección de rueda de filtros o filtro rotativo. El circuito de estos drivers se compone de una lógica y de una etapa de potencia para el manejo de los motores. La lógica recibe las señales de avance y dirección enviadas por la CPU y genera la



secuencia para el movimiento de los motores (Código Gray). Los pulsos de paso de la secuencia de movimiento de los motores son generados en la misma placa, un mismo generador para los tres drivers. La etapa de potencia maneja los bobinados del motor con las señales de salida de la lógica; esta etapa queda desconectada de la tensión de alimentación cuando el mecanismo finaliza su movimiento para que el motor quede libre y se pueda acomodar a la posición impuesta por la mecánica. El driver de lámina de cuarto de onda no recibe señal de dirección, ya que siempre se deberá mover en un sentido. Cuando el driver de rueda de filtros es usado para accionar el filtro rotativo, se anula la generación de pulsos de pasos propia y es la CPU quien generará los pulsos para el movimiento del dispositivo. En este caso no se desconectará la tensión de alimentación de la etapa de potencia y el motor quedará siempre alimentado. Las ruedas de filtros y diafragmas tienen sensores de posición en cada una de las ocho posiciones y en la posición cero. Se usan detectores de efecto hall como elementos de sensado, para que no existan problemas de luz difusa. En el caso del filtro rotativo, no se usan sensores de efecto hall pues es necesario mayor precisión de posicionamiento del filtro; se sensa en este caso las dos posiciones extremas. Se usan interruptores ópticos como sensores.

El driver de LMO es idéntico a los anteriores en el sentido que contiene una lógica y una etapa de potencia, pero tiene algunas diferencias. La lógica no contiene la generación de pulsos incorporada, la CPU genera los pulsos de paso (Pulsos de step), de esta manera ésta es quien controla el "timing" del avance de la lámina. No tiene la posibilidad de invertir la dirección de movimiento, ya que no es necesario hacerlo. Tampoco, se desconecta la tensión de alimentación de la etapa de

potencia, ya que la lámina debe estar en movimiento continuo. Debido a que se requiere que la LMO gire a una velocidad más elevada que los otros motores y para asegurar el sincronismo (Minimizar la pérdida de pulsos), se alimenta el motor de la lámina con 15 V en lugar de 5 V como en los otros mecanismos, se agregan dos resistencias limitadoras de corriente. El único sensor que se necesita es el de sincronismo, para éste se usa un interruptor óptico.

Todos los accionamientos de los relés tragantes son iguales. En el caso de los filtros fijos se agrega una lógica que permite que por cada pulso de filtro fijo enviado por la CPU se accione un rele, el otro, los dos o ninguno. Otra lógica permite sensar las señales de posición de filtros fijos cuando se acciona los mismos o de lámina de cuarto de onda cuando ésta es accionada. Esto permite ahorrar bits de entrada de status a la CPU.

## FUNCIONAMIENTO

Funcionamiento de la CPU del fotopolarímetro.

Funcionamiento de la interfase CPU/Drivers de accionamientos.

Funcionamiento de la interfase CPU/PC.

Funcionamiento de la electrónica de adquisición de datos.

La CPU realiza las funciones como se explicó más arriba. Está basada en un microprocesador 6802; los periféricos de este procesador son : el timer 6840, que genera el timing de la adquisición de datos, la EPROM, donde reside el programa de control del instrumento, la interfase con la PC, formada por el RS y el RC y la

interfase con los drivers de accionamientos formada por el LA, el SA y el latch de interrupción de sincronismo. La CPU usa como RAM la interna del procesador. Todos estos dispositivos están mapeados en la memoria del 6802 como se especifica más abajo.

La decodificación de las direcciones la realiza la lógica basada en un 74LS138 cuyo bit más significativo de selección es la línea R/-W del procesador, los menos significativos son el A<sub>15</sub> y el A<sub>14</sub> del 6802. El 74LS138 puede seleccionar ocho segmentos; debido a que la línea R/-W es el bit más significativo del selector, los primeros cuatro segmentos son de escritura solamente y los otros de lectura solamente.

Además, las líneas A<sub>15</sub> y A<sub>14</sub> del procesador dividen el espacio de memoria en cuatro segmentos, estos son:

A <sub>15</sub>	A <sub>14</sub>	Segmento(Hexa)
0	0	0000 - 3FFF
0	1	4000 - 7FFF
1	0	8000 - BFFF
1	1	C000 - FFFF

Los segmentos de escritura y lectura solamente, seleccionados por 74LS138, estarán superpuestos en el mapa de memoria. El segmento inferior (0000) es dividido en dos, por la línea A<sub>8</sub>, para que no se superponga la RAM con el timer. La señal de VMA y el reloj del procesador, E, se usan para habilitar el selector (74LS138). La VMA lo habilitará cada vez que sobre el bus de address haya una dirección válida, o sea cuando el procesador se dirija a una posición de memoria; el reloj se usa para dar los pulsos de habilitación de los periféricos con el timing necesario.

El mapa de memoria del procesador queda dividido, así, en cinco segmentos, y se escogió la siguiente decodificación:

Lineas de address (A <sub>15-0</sub> )										R/-W	SEGMENTO (Hexa)	PERIFERICO
15	14	13	12	11	10	9	8	7 - 4	3 - 0			
0	0	X	X	X	X	X	0	X	X	X	0000 - 00FF (EL)	RAM
0	0	X	X	X	X	X	1	X	X	X	0100 - 3FFF (EL)	TIMER
0	1	X	X	X	X	X	X	X	X	0	4000 - 7FFF (ES)	REGISTRO DE STATUS
0	1	X	X	X	X	X	X	X	X	1	4000 - 7FFF (LS)	REGISTRO DE COMANDOS
1	0	X	X	X	X	X	X	X	X	0	8000 - BFFF (ES)	LATCH DE ACCIONAMIENTOS
1	0	X	X	X	X	X	X	X	X	1	8000 - BFFF (LS)	STATUS DE ACCIONAMIENTOS
1	1	X	X	X	X	X	X	X	X	0	C000 - FFFF (ES)	LATCH DE SINCRONISMO
1	1	X	X	X	X	X	X	X	X	1	C000 - FFFF (LS)	ROM

EL : Escritura y lectura  
 ES : Escritura solamente  
 LS : Lectura solamente

La CPU se comunica con la PC por medio de los registros de comando y status, éstos se mapean en el espacio de entrada/salida de la PC. Los latches de los contadores también son dispositivos de E/S de la PC. La lógica de decodificación de direcciones de la PC está basada, también, en un 74LS138. Esta lógica decodifica ocho segmentos en el mapa de E/S de la PC, de los cuales se utilizan seis, los cuatro más bajos para los latches y los dos más altos para los registros de comunicación con la CPU.

La lógica ocupa el segmento 0300-031F (Hexa) del espacio de E/S de la PC. La decodificación elegida es la que sigue:

Líneas de address										Address base (Hexa)	DISPOSITIVO				
13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0		
0	0	0	0	1	1	0	0	0	X	X	0	0	0	0300	LATCH A1
0	0	0	0	1	1	0	0	0	X	X	0	0	1	0301	LATCH A2
0	0	0	0	1	1	0	0	0	X	X	0	1	0	0302	LATCH B1
0	0	0	0	1	1	0	0	0	X	X	0	1	1	0303	LATCH B2
0	0	0	0	1	1	0	0	0	X	X	1	0	0	0304	No usado
0	0	0	0	1	1	0	0	0	X	X	1	0	1	0305	No usado
0	0	0	0	1	1	0	0	0	X	X	1	1	0	0306	COMANDO
0	0	0	0	1	1	0	0	0	X	X	1	1	1	0307	STATUS

La interfase con los drivers de accionamientos se realiza a través del LA y del SA; los drivers de los mecanismos del instrumento reciben señales de control a través del LA, cada bit del LA corresponde a una señal de un driver; de igual forma cada bit del SA sensa una señal que envía un driver. Las señales de control son activas bajo a la salida del LA, o sea que los drivers son accionados al escribir un cero al bit correspondiente del LA; estas señales son invertidas por los optoacopladores antes de llegar a los drivers. El procesador escribe el o los bits correspondientes al mecanismo a accionar en la forma que éste lo requiera (Pulso o nivel), sin cambiar los bits de los demás si no es necesario. Cada mecanismo tiene sensores de posición (de efecto hall u ópticos) que le permiten conocer a la CPU el estado del instrumento. Cada bit del SA corresponde a un sensor determinado. Las señales de posición de los mecanismos son, a la entrada del SA, activas alto, por lo tanto un uno en un bit del SA significa que ese sensor se encuentra activado.

Toda esta electrónica se encuentra montada en dos placas superpuestas instaladas en un slot de la PC y unidas por dos conectores.

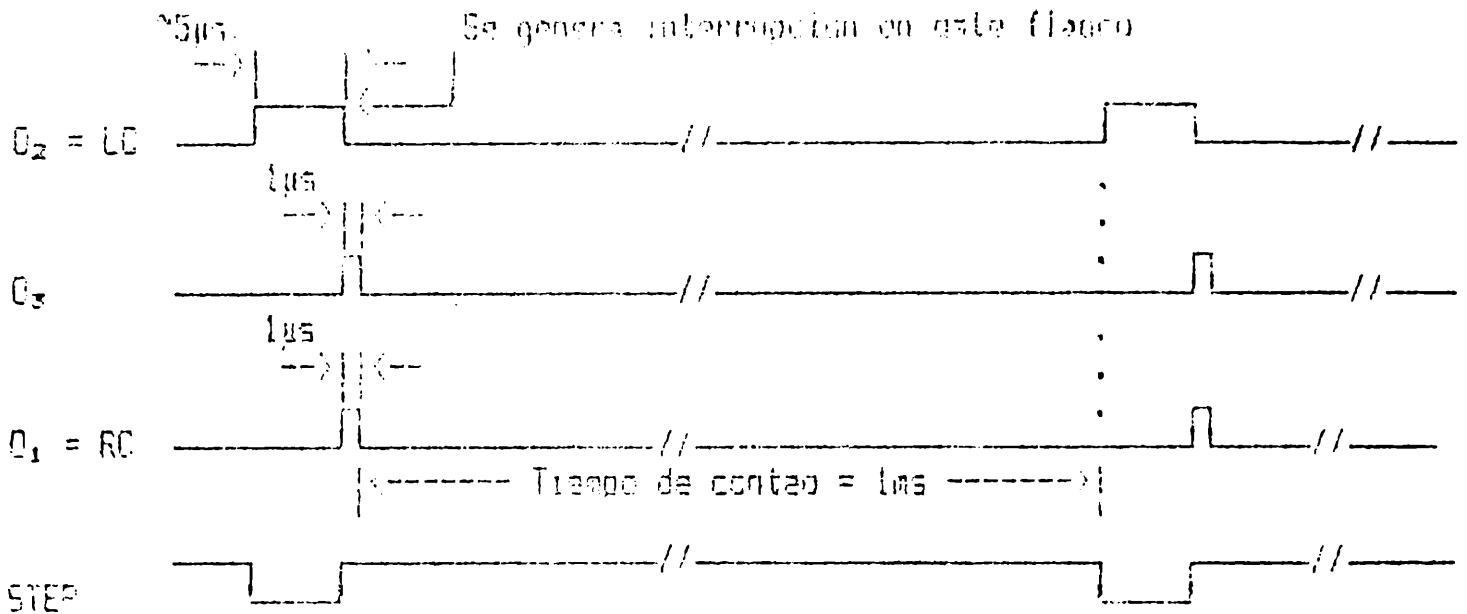
### Mecanismo de adquisición de datos

El "timing" del mecanismo de la adquisición de datos está controlado por el timer 6840, cuyas salidas manejan tres señales de la electrónica de adquisición de datos:

- O<sub>1</sub>: salida timer 1, maneja la señal de reset de los contadores.
- O<sub>2</sub>: salida timer 2, genera los pulsos de step de la LMO.
- O<sub>3</sub>: salida timer 3, maneja la señal de latch de los latches de los contadores.

El timer 2 trabaja en modo continuo (Continuous operating mode) con conteo doble de 8 bits (Dual 8-bit counting mode) (Ver hojas de datos del 6840 de Motorola), genera un tren de pulsos, de ancho y ciclo de trabajo controlados por software. Los timers 1 y 3 trabajan como monoestables (One shot) con conteo simple de 16 bits (Normal 16-bit mode). La señal que rige la temporización de la adquisición es la salida del timer 2 que genera los pulsos de avance (Step) del motor de la LMO. Las otras señales son generadas por ésta en forma sincrónica: por cada pulso de step de la LMO, se genera una interrupción; la rutina de atención de esta interrupción genera un pulso de salida del timer 1 y un pulso de salida del timer 3. Estos últimos tienen enmascarados el bit de interrupción en el registro de control, por lo tanto, no generan interrupciones a la CPU al finalizar el tiempo de monoestable.

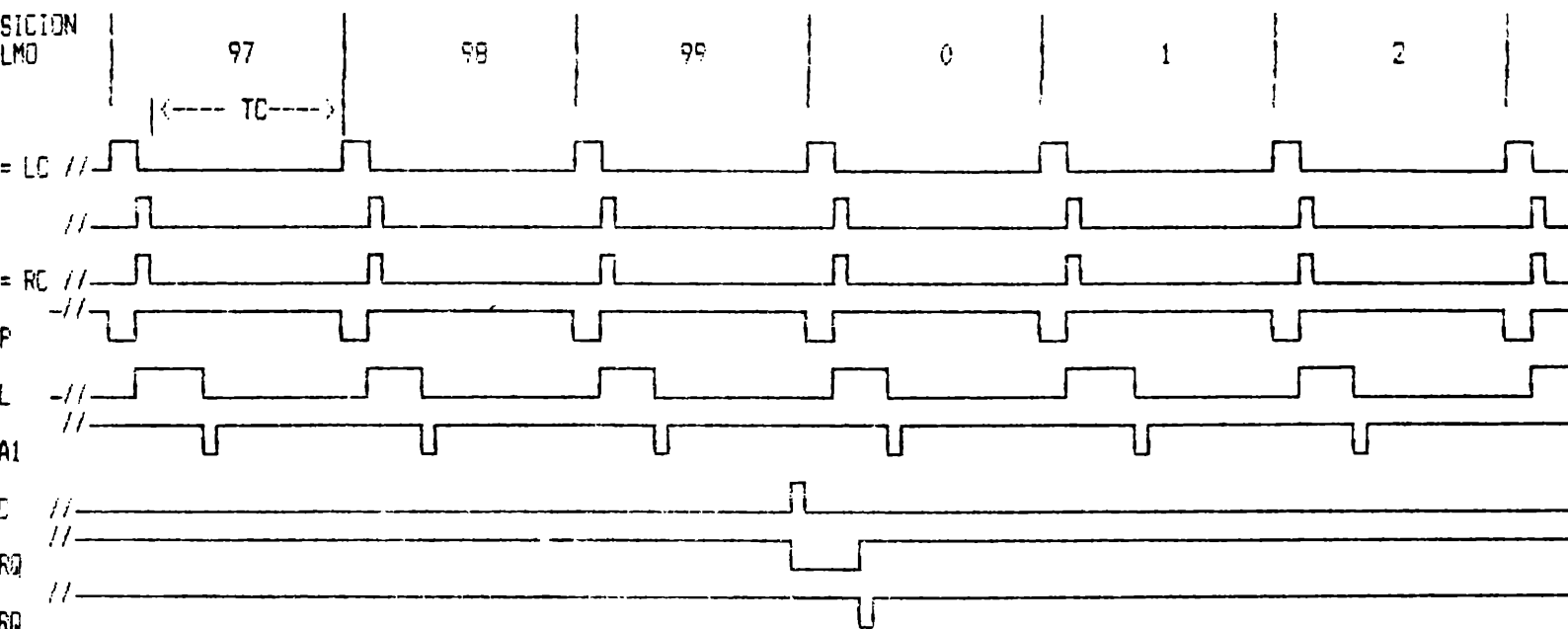
El diagrama de tiempos de las salidas de los timers es el siguiente:



..

El timer 2 genera un tren de pulsos de frecuencia y ciclo de trabajo controlados, como se ve en el diagrama de tiempos, en cada flanco de bajada del pulso del timer 2 se genera una interrupción al microprocesador (no enmascarable), la rutina de atención de esta interrupción dispara el timer 3 y el timer 1 generando los pulsos como se ve en el diagrama. Los pulsos del timer 2 generan los de STEP, luego de ser invertidos.

El diagrama total de tiempos del mecanismo de adquisición es el que sigue:



TC : Tiempo de conteo = 1ms

La LMO avanza con los pulsos de STEP, que son los de la salida del timer 2, O<sub>2</sub>, invertidos, en cada posición de la LMO se realiza una micro integración, el comienzo y el final de esta micro integración está dada por las señales LC y RC, como se explicará luego, el tiempo durante el cual se realiza la micro integración se llama tiempo de conteo. El flanco negativo de los pulsos O<sub>2</sub> genera una interrupción no enmascarable al microprocesador, la que dispara los pulsos de los timers 3, O<sub>3</sub>, y 1, O<sub>1</sub>, como se ve en el diagrama. La salida del timer 2 genera, también, la señal LC. En el flanco positivo de ésta se almacenan las cuentas de los contadores A y B en los latches respectivos. Seguidamente, el latch de IRQ de la PC (U12B en la hoja 2) es seteado por



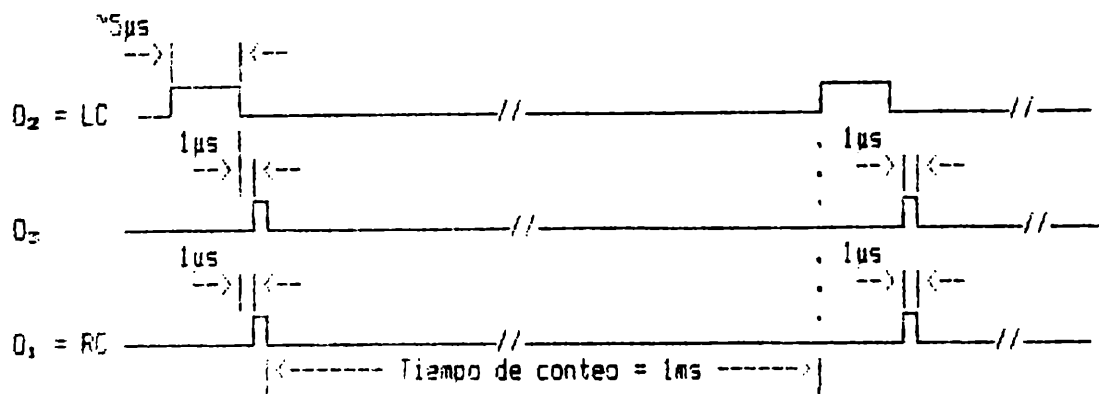
el flanco positivo del pulso de  $O_3$ , generando una interrupción a la PC que le advierte que debe leer las cuentas almacenadas en los latches; la señal IRQL es la interrupción de la PC, sube en el flanco positivo de  $O_3$  y baja cuando la PC atiende la interrupción, para ello cada vez que la PC lea el latch  $A_1$ , en la línea de selección del mismo,  $-OEA_1$ , habrá un pulso negativo el que reseteará, también, el latch de IRQ. La salida  $O_1$  genera la señal RC que resetea los contadores para que comiencen una nueva micro integración que finalizara en el flanco positivo del próximo pulso de LC. Por lo tanto, el tiempo de conteo es el que transcurre entre el flanco de bajada de RC y el flanco de subida del próximo LC.

Al finalizar una micro integración en cada posición de la LMO la PC es interrumpida, lee las cuentas acumuladas en los latches de los contadores y las acumula en dos buffers de su memoria (uno por cada PMT) de 25 posiciones de 16 bits cada una (buffers de revolución). Al finalizar una vuelta de la LMO y pasar nuevamente de la posición 99 a la 0, se genera una señal de sincronismo SINC, la que setea el latch de sincronismo, la señal  $-SIRQ$  se activa (en bajo) y se genera una interrupción (enmascarable) al microprocesador. La rutina de atención de la interrupción de sincronismo chequea que la LMO esté en sincronismo, y si no lo está avisa a la PC, a través del status correspondiente. Si la LMO está en sincronismo, la PC suma los buffers de revolución a dos buffers de 25 posiciones de 32 bits (buffers de integración) para obtener la integración total hasta ese momento. Si no lo está, descarta las cuentas acumuladas en los buffers de revolución con lo que no arruina la integración total. Por lo tanto, una pérdida de sincronismo de la LMO no hace que se pierda la integración total, simplemente se pierde la integración de la

vuelta. La PC suma la integración de la vuelta a la total en la posición 1 de la LMO. Esto permite que la CPU del instrumento tenga tiempo de avisar a la PC que se perdió el sincronismo de la LMO. El microprocesador borra la interrupción de sincronismo al intentar escribir al latch de sincronismo, activando la señal -CIRQ (en bajo).

### Calculo de cuentas de los timers

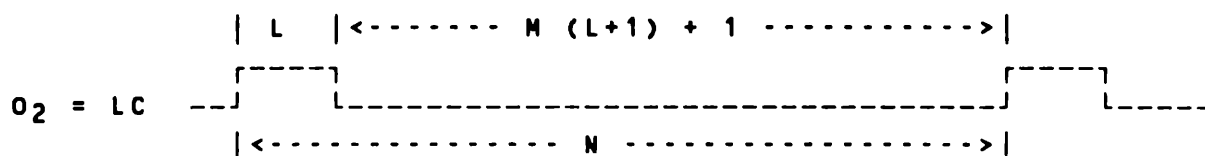
El diagrama exacto de las salidas de los timers deseable es el siguiente:



El diagrama exacto lo darán las limitaciones reales. Calcularemos las cuentas de cada timer por separado.

## Timer 2:

Este timer trabaja en modo continuo y conteo doble de 8 bits. Esto permite generar un tren de pulsos de ancho y separación entre pulsos variables. Tanto el ancho como la separación de pulsos estarán determinados por las cuentas de la parte alta y baja del contador del timer (ver hojas de datos del 6840). Para el cálculo de los dos bytes del contador del timer usaremos el siguiente diagrama.



El tiempo de conteo debe ser de 1 ms, si observamos el diagrama deseable, el periodo del timer 2 será  $2\mu\text{s}$  mayor que el tiempo de conteo, por lo tanto debe ser de  $1002\mu\text{s}$ . Debido a que el reloj del microprocesador es de 1 MHz, tenemos que N será 1002.

Del diagrama anterior:

$$M = (L+1) (M+1) \Rightarrow M = \frac{N}{L+1} - 1$$

Se selecciona un valor de L cercano a 5 de tal forma que M resulte entero, para minimizar el error.

$$\text{Con } L = 5 \Rightarrow M = 166$$

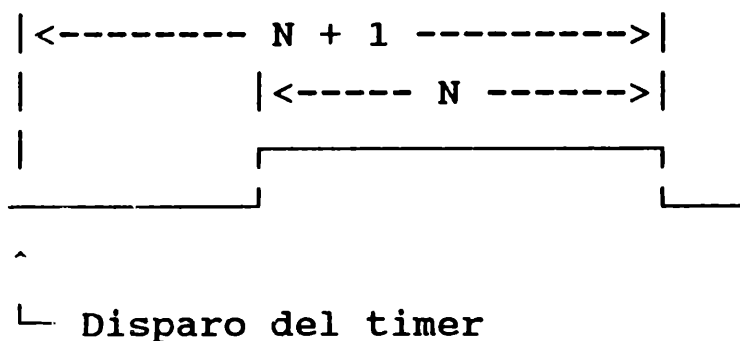
Se toma, por lo tanto:

$$L = 5 \text{ (05 H)}$$

M = 166 (A6 H) => Valor del contador A605 H

Timer 1 y Timer 3:

Estos timers trabajan como monoestables, disparados por la interrupción generada por el timer 2, y en conteo normal de 16 bits. El diagrama que rige su funcionamiento es el que sigue:



Se desea un ancho de pulso de  $1 \mu s$ , por lo tanto  $N$  debe ser 1.

En el caso del timer 2, las cuentas que se calcularon son aproximadas. Los timers 1 y 3 no se disparan inmediatamente después que se genera la interrupción del timer 2 debido a que la rutina ejecuta instrucciones para dispararlos, por lo que el  $N$  en el diagrama del timer 2 será mayor a 1002 para que el tiempo de conteo sea de 1 ms. Por esta razón, también, los timers no se disparan simultáneamente. El valor exacto de las cuentas del timer 2 se obtiene empíricamente por prueba y error.

Funcionamiento de drivers de rueda de filtros y de rueda de diafragmas.

Funcionamiento del driver de filtro rotativo.

Funcionamiento del driver de lámina de cuarto de onda.

Los drivers de las ruedas de filtros y diafragmas y lámina de cuarto de onda fueron pensados para que

trabajen con órdenes simples de la CPU. Ellos se encargan del movimiento de los motores de paso, al recibir la orden de la CPU. Desde el punto de vista funcional, los tres drivers son idénticos; existe diferencia en el funcionamiento del driver de rueda de filtros cuando trabaja con filtro rotativo.

Las señales de entrada a los drivers es el avance y la dirección. En el de diafragmas AVDO (AVance de Diafragmas Optoaislado) y DIRDO (DIRección Diafragmas Optoaislado). En la rueda de filtros, AVFO y DIRFO. En la lámina de cuarto de onda, AVQWO, en este caso no existe señal para la dirección, ya que la lámina se mueve en un solo sentido. La CPU envía estos pulsos para ordenar al driver el movimiento de los motores de las ruedas, las señales a la salida del latch son verdaderas bajo, pero como los optoaisladores invierten, llegan verdaderas alto a los drivers. Las señales de dirección son de nivel, las de avance son pulsos. Las señales de salida de los drivers son las de los sensores de posición y posición inicial de cada rueda. En la rueda de diafragmas POSDO (POSición de Diafragmas Optoaislado) y PIDO (Posición Inicial Optoaislada), en la rueda de filtro POSFO y PIFO y en la lámina de cuarto de onda POSQW y PIQWO. Estas señales son verdaderas bajo, y llegan verdaderas alto al status de accionamiento por la inversión de los optoaisladores.

La CPU ordena el movimiento del motor de la rueda al dar un pulso de avance. El flanco positivo de este pulso dispara un flip-flop del driver, su salida Q está conectada al clear de un segundo flip flop y pasan a alto; este segundo flip-flop trabaja en modo toggle, dividiendo la frecuencia de los pulsos de un generador a la entrada por dos. Al pasar la entrada de clear a alto permite que los pulsos de entrada pasen, con frecuencia mitad, a una lógica que genera la secuencia de

alimentación de las bobinas del motor (Código gray). El sentido de esta secuencia, y por lo tanto del giro del motor, depende del nivel de la señal de dirección. Simultáneamente con la generación de la secuencia de movimiento, al pasar a alto el Q del primer flip-flop se alimenta la etapa de potencia del driver. La etapa de potencia está formada por dos transistores para cada bobinado, estos transistores trabajan entre saturación y corte conectando y desconectando los bobinados. Al recibir el pulso de avance comienza a moverse el motor hasta que el sensor de posición se activa, esta señal resetea el primer flip-flop bloqueando los pulsos que generan la secuencia de movimiento del motor. Simultáneamente, la etapa de potencia es desconectada de la tensión de alimentación para que la rueda quede libre y se pueda acomodar en la posición impuesta por la mecánica.

En el caso del driver de rueda de filtros un switch selecciona entre rueda de filtros y filtro rotativo. Cuando se selecciona la rueda de filtros el driver trabaja como se explicó anteriormente. Al seleccionar el filtro rotativo, se elimina la generación propia de pulsos de step, y la entrada de pulsos de step de la lógica de generación de secuencia de movimiento queda conectada a la entrada de avance del driver y es la CPU quien da los pulsos para el movimiento del motor. Esto permite que el filtro rotativo se pueda mover de a una posición controlada por la CPU. Además, cuando se trabaja con filtro rotativo la etapa de potencia queda siempre encendida. El filtro rotativo trabaja con sensores ópticos en lugar de efecto hall, pues se necesita mayor precisión en el posicionamiento. Los sensores detectan las posiciones extremas del filtro y las señales POSFO y PIFO pasan a ser posición extrema y posición inicial del filtro.

El driver de cuarto de onda trabaja de la misma manera que se describió, pero la CPU detecta que la lámina llega a una posición de una manera diferente. La señal de posición de la lámina, POSQW, no va directamente al status de accionamiento, sino que es la entrada de una lógica que selecciona la señal de posición de QW cuando se acciona esta lámina o la posición de filtros fijos cuando este mecanismo es accionado. Este mecanismo se ideó para ahorrar bits en el status de accionamientos.

La forma en que la CPU realiza el movimiento de los mecanismos es:

- La CPU determina la dirección del movimiento y escribe el bit de dirección, en el latch de accionamientos, con el nivel que corresponda.
- La CPU envía el pulso de avance, a través del latch de accionamientos, y queda a la espera de que el mecanismo llegue a la próxima posición.
- El driver mueve el motor y se detiene al llegar a la próxima posición.
- La CPU detecta la llegada a la posición, leyendo el bit correspondiente al sensor del mecanismo accionado a través del status de accionamientos y continúa con la operación.

#### Funcionamiento driver lámina de media onda

La señal de entrada al driver STEPO son los pulsos de avance. El timer genera los pulsos de step, con una frecuencia controlada por el microprocesador. De esta manera se maneja en forma muy precisa el movimiento de la lámina. Los pulsos de step entran en la lógica de generación de la secuencia de movimiento del motor de la lámina. La lógica y la etapa de potencia son idénticas a las de los drivers explicados anteriormente. En este

caso no se desconecta la tensión de alimentación de la etapa de potencia, ya que la lámina debe estar en movimiento continuo. Debido a que el motor de la LMO debe girar a una velocidad mucho mayor que en el caso de los otros drivers y para asegurar que el motor no pierda pulsos de step, se hicieron algunas modificaciones a la etapa de potencia. La tensión de alimentación de esta etapa es de 15 V en lugar de 5 V, como en los drivers anteriores. El inconveniente de usar una tensión más elevada es el aumento en el consumo de corriente de los bobinados del motor. Para limitar la corriente de los bobinados se agregaron dos resistencias en serie de 10 ohms. Se agregaron, además, como recomienda el fabricante de los motores, dos capacitores de sintonía entre extremos de bobinados. El valor de estos capacitores se seleccionó por ensayos con diferentes tensiones de alimentación. Al realizar los ensayos se tuvo en cuenta la máxima velocidad a que llegaba el motor antes de perder el sincronismo sin carga, el torque, el sobrepico de corriente, el consumo medio de los bobinados y el ruido del motor al girar.

La señal de salida del driver es la de sincronismo que se genera una por giro de la lámina, o sea cada 100 pulsos de step. El sensor usado es un interruptor óptico; el pulso generado por el sensor dispara un monoestable que genera un pulso negativo de 1  $\mu$ seg, aproximadamente, de ancho. De esta manera, los pulsos de sincronismos son limpios y bien definidos, ya que la señal de salida del sensor permanecerá activa todo el tiempo que la lámina permanezca en la posición cero. Los pulsos de sincronismo generan una interrupción a la CPU.

Funcionamiento de los accionamientos de glan, shutter de PMTs y filtros fijos



Tanto el driver del glan como el del shutter funcionan en idéntica forma. Las señales de accionamiento de los drivers de glan y shutter son de nivel, la de filtros fijos es un pulso.

El accionamiento del driver de glan se produce cuando se activa la señal GLANO (Activa en alto), el transistor Q35 se satura y la bobina del chupador recibe toda la tensión del zener D34; al circular corriente se produce una caída debido al capacitor C100, la tensión sobre la bobina baja a un valor necesario para que no se despegue. Este mecanismo permite que se accione la bobina con un pulso grande de tensión que luego baja impidiendo que se despegue el chupador. La detección de la posición del glan se realiza a través de la señal GLANINO que se obtiene del flip-flop formado por las compuertas U72C y U72D. Se usa el flip-flop para que la señal cambie cuando se llega a una posición sin que existan rebotes. Se puede seleccionar el nivel de GLANINO según la posición del jumper.

El driver de filtros fijos maneja los dos chupadores de los filtros; permite seguir una secuencia específica de accionamiento: partiendo de una posición sin filtros, el primer pulso coloca el filtro 1, el segundo coloca el filtro 2 y saca el filtro 1, el tercer pulso coloca el filtro 1, sin sacar el 2 y el cuarto saca ambos filtros (vuelve a la posición inicial). Esta secuencia se logra por medio de la lógica formada por los flip-flops U100A y U100B que forman un contador binario de dos bits. La señal de sensado de posición es compartida por el driver de cuarto de onda: cada vez que se acciona el driver de filtros fijos, la lógica formada por U77C, U77D, U71 y U77A selecciona la señal de posición de los filtros fijos. La posición de los filtros está dada por los sensores de efecto hall U78 y U79 que detectan si los filtros 1 y/o 2 están fuera de posición.

## Software de la CPU del fotopolarímetro

El software de control del instrumento (Software de la CPU) reside en la EPROM de la CPU. Este software permite interpretar y ejecutar los diferentes comandos que la PC manda al instrumento y enviar la información a la PC. Controla, además, el mecanismo de adquisición de datos. El protocolo de la comunicación entre la PC y la CPU del fotopolarímetro se explica más adelante.

El software fue escrito en lenguaje assembler del 6802. Es un programa modular, cada módulo de un determinado nivel ejecuta módulos de niveles inferiores, como instrucciones de un lenguaje de más alto nivel que el assembler, en la forma de subrutinas. De esta manera, la lectura del software es más comprensible y menos intrincada. El software se basa en un módulo principal que, luego de llevar los mecanismos del instrumento a una posición inicial, entra en un loop en el cual permanecerá indefinidamente. Dentro del loop detecta la llegada de comandos de la PC. Al llegar una orden la decodifica y ejecuta el módulo correspondiente al comando decodificado. Cada comando es ejecutado por un módulo dedicado; al finalizar la ejecución vuelve al módulo principal para continuar el loop de espera de un nuevo comando. Los módulos de ejecución de cada comando utilizan rutinas generales de nivel más bajo. Se tienen, por lo tanto, tres niveles de software: el más alto, módulo principal, debajo de éste los módulos de comando y por último, las rutinas generales que son las que, en definitiva, mueven los drivers de los mecanismos. La comunicación entre los módulos de diferentes niveles se realiza a través de registros en RAM. Cada módulo tiene bien definidas las entradas y las salidas y tienen un sólo punto de entrada y uno sólo de salida.

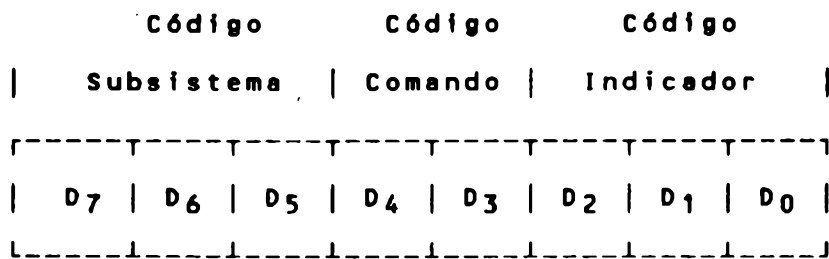
## Comunicación PC-CPU fotopolarímetro

Desde el punto de vista de la PC, ésta envía comandos a la CPU y recibe contestación según el estado del instrumento y la ejecución de los comandos pedidos.

La comunicación entre la PC y la CPU del fotopolarímetro se realiza a través de dos registros residentes en la CPU del instrumento: el registro de comandos y el registro de status. El primero es un latch que es escrito por la PC y leído por la CPU, a través de este registro la PC da comandos, según la codificación que se explicitará más abajo, al instrumento. El registro de status está formado por un latch y un buffer. Se usa esta combinación pues se necesita disponer de la posibilidad de borrar el registro de status al escribir un nuevo comando. A través de este registro la CPU comunica su estado a la PC, según una codificación que se explicará más abajo. Tanto el registro de comandos como el de status son de ocho bits.

Cada vez que la PC envía un comando a la CPU, ésta responde con un status que informa su actividad y su estado. Todo pedido de la PC queda contestado, de tal manera que ésta sepa si su pedido fue recibido y está siendo ejecutado. Por cada comando, la CPU contesta con un código de comando en progreso si lo recibe y según el resultado de la ejecución la CPU contesta con un código de comando cumplido, si la ejecución fue satisfactoria y de comando no cumplido si no lo fue. Si el comando fue de pedido de información del estado de los mecanismos, la CPU contestará con la información pedida, pero mientras la busca, la PC recibe un código de comando en progreso.

La estructura del byte de comandos y del de status es la siguiente.



**Subsistema:** (D7 a D5) Se refiere al dispositivo al que se le aplicará el comando, o a la parte del sistema al cual se refiere el pedido de la PC. En el status indica el mecanismo sobre el que se da información o del estado del comando pedido.

**Comando:** (D4 y D3) Es el código de la acción a tomar con ese subsistema. En el status indica el estado del pedido de la PC o si se está dando información de un mecanismo.

**Indicador:** (D2 a D0) Es un campo en el cual se indica información adicional que necesita el comando.

## C O D I F I C A C I O N D E C O M A N D O S

STEMA	RUEDA DE FILTROS	RUEDA DE DIAFRAGMAS	GLAN	SHUTTER PMTs	LAMINA DE CUARTO ONDA	FILTROS FIJOS	ADQUISICION	SET
o de sistema -D <sub>2</sub>	1 0 1	0 1 0	0 0 0	0 1 1	0 0 1	1 1 0	1 0 0	1 1 1
o comando	0 0 : Retroceder una posición 1 1 : Avanzar una posición 1 0 : Mover a una posición 0 1 : Informar posición	0 0 : Sacar mecanismo 1 1 : Entrar mecanismo 0 1 : Informar posición  1 0 : No usado	0 0 : Ir a posición cero 1 1 : Avanzar una posición 1 0 : Mover a una posición 0 1 : Informar posición	0 0 : Detener conteo 1 1 : Iniciar conteo 0 1 : Informar posición  1 0 : No usado	1 1 : Reset e caliente ( Soft reset ) 1 0 : Configuración instrumento 0 1 : Informar configuración 0 0 : No usado			
o de D <sub>2</sub>	Número de posición en binario para código de comando 10 ( Mover a una posición )  0 0 0 para los demás códigos de comando	0 0 0 para todos los códigos de comando	Número de posición en binario para código de comando 1 0 ( Mover a una posición )  0 0 0 Para los demás códigos de comando	0 0 0 para todos los códigos de comando	1 1 1 para código de comando 1 0 ( Configuración instrumento ) D <sub>2</sub> : 0 : Filtro rotativo 1 : Rueda de filtros  D <sub>1</sub> : 0 : Con G 1 : Sin G  D <sub>0</sub> : 0 : Fotorrelé 1 : Polarización			

### NOTAS:

- 1- El código de subsistema para filtro rotativo es el mismo que para la rueda de filtros. El sistema selecciona el conjunto de comandos para el filtro rotativo de acuerdo con la configuración del instrumento. El conjunto de códigos de comando para filtro rotativo es el mismo que para la rueda de filtros.
- 2- Se usan las siguiente abreviaturas :  
 QW : Cuarto de onda. Se usa también para lámina de cuarto de onda.  
 LMO : Lámina de media onda

## C O D I F I C A C I O N   D E   S T A T U S

RUEDA DE FILTROS	RUEDA DE DIAFRAGMAS	GLAN	SHUTTER PNTs	LAMINA DE CUARTO ONDA	FILTROS FIJOS	ADQUISICION	SET
1 0 1	0 1 0	0 0 0	0 1 1	0 0 1	1 1 0	1 0 0	1 1 1
							1 1 : Sistema re 0 0 : Sistema no ready 1 0 : sistema en progreso 0 1 : Informa configurac
Número de posición en binario para código de comando 0 1 ( Informar posición )  0 0 0 : Para los demás códigos de comando	0 0 0 : Mecanismo OUT 0 1 1 : Mecanismo IN Para comando 0 1 ( Informar posición )  0 0 0 : Para los demás códigos de comando	Número de posición en binario para código de comando 0 1 ( Informar posición )  0 0 0 : Para los demás códigos de comando	1 1 1 : Sistema contando 1 0 0 : Conteo detenido Para código de comando 0 1 ( Informa es- tado )  0 0 0 para los demás códigos de comando	0 0 0 para código de comando 10 y Para código de comando 0 0 : D <sub>1</sub> : 0 : Posició no inicia 1 : Posició inicial D <sub>1</sub> : 0 : LMO fue de sincroni 1 : LMO en sincroni  D <sub>2</sub> = 0 Para código de comando 0 1 : inc con igual codifi ción que en comar			

### NOTAS:

- 1- El código de subsistema para filtro rotativo rotativo es el mismo que para la rueda de filtros. El sistema selecciona el conjunto de comandos para el filtro rotativo de acuerdo con la configuración del instrumento. El conjunto de códigos de estado para filtro rotativo es el mismo que para la rueda de filtros.
- 2- Se usan las siguiente abreviaturas :  
 QW : Cuarto de onda. Se usa también para lámina de cuarto de onda.  
 LMO : Lámina de media onda

## PROGRAMA PRINCIPAL

Al encenderse o resetearse la CPU, se ejecuta una secuencia que llamamos de encendido. La CPU inicializa, primeramente, el timer y los registros en RAM según una configuración que llamamos configuración cero. Esta configuración es supuesta y se usa como punto de partida de la configuración definitiva. La configuración cero es la siguiente :

- Con rueda de filtros (en lugar del filtro rotativo).
- Sin lámina de cuarto de onda.
- Instrumento como polarímetro.
- Conteo detenido.
- LMO fuera de sincronismo.
- Posición del instrumento no inicial.
- Sistema no ready.

Seguidamente se inicializan los mecanismos del instrumento que no dependen de la configuración real a una posición inicial: mueve la rueda de diafragmas a la posición de diafragma cero, pone el glan en posición OUT, pone el shutter en posición IN y saca ambos filtros fijos. Paralelamente a cada accionamiento actualiza los registros indicativos de la posición de cada mecanismo. El resto de los mecanismos dependen de la configuración real del fotopolarímetro. Queda esperando un comando de configuración. Cuando llega, según la configuración que la PC le envía, mueve los mecanismos restantes a una posición inicial y actualiza los registros que corresponden. Si el instrumento es usado como polarímetro pone en sincronismo la LMO. Una vez que la secuencia descripta se ejecuta sin error queda a la espera de un nuevo comando para ejecutar. Al detectar la llegada de un comando, el programa principal lo decodifica y pasa a

ejecutar el módulo correspondiente al comando pedido. Una vez finalizada la ejecución del pedido de la PC se vuelve al programa principal a la espera de un nuevo comando. Se entra en un loop de detección, decodificación y ejecución de comandos.

#### RUTINAS DE COMANDOS.

Comando de rueda de filtros y rueda de diafragmas :

DIAFIL

Comando de mecanismo de glan y shutter de PMTs :

GLASHUSR

Comando de movimientos de filtros fijos : FILFIJSR

Comando de lámina de cuarto de onda : LQWSR

Comando de adquisición de datos : ADQUISR

Comando de configuración del instrumento : SETSR

Comando de driver de filtro rotativo : FILROTSR

#### DESCRIPCION DE REGISTROS

El software de control de la CPU del instrumento usa varios registros residentes en la RAM de la misma. A continuación se describen los mismos.

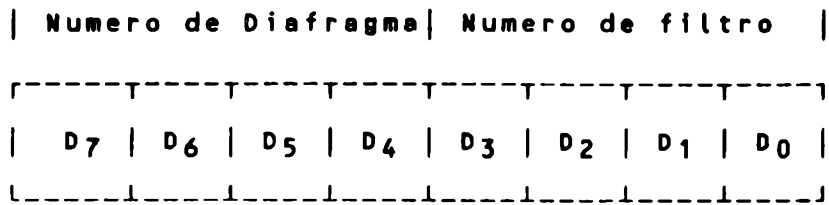
STATREG : Es la imagen del registro de status que la CPU envía a la PC.

COMREG : Es la imagen del registro de comandos que la PC envía a la CPU. Se conserva el comando ya que el software opera sobre este registro y para detectar el envío de un nuevo comando.

DIAFIL : Contiene la posición de la rueda de filtros y rueda de diafragmas actual. Se opera sobre este



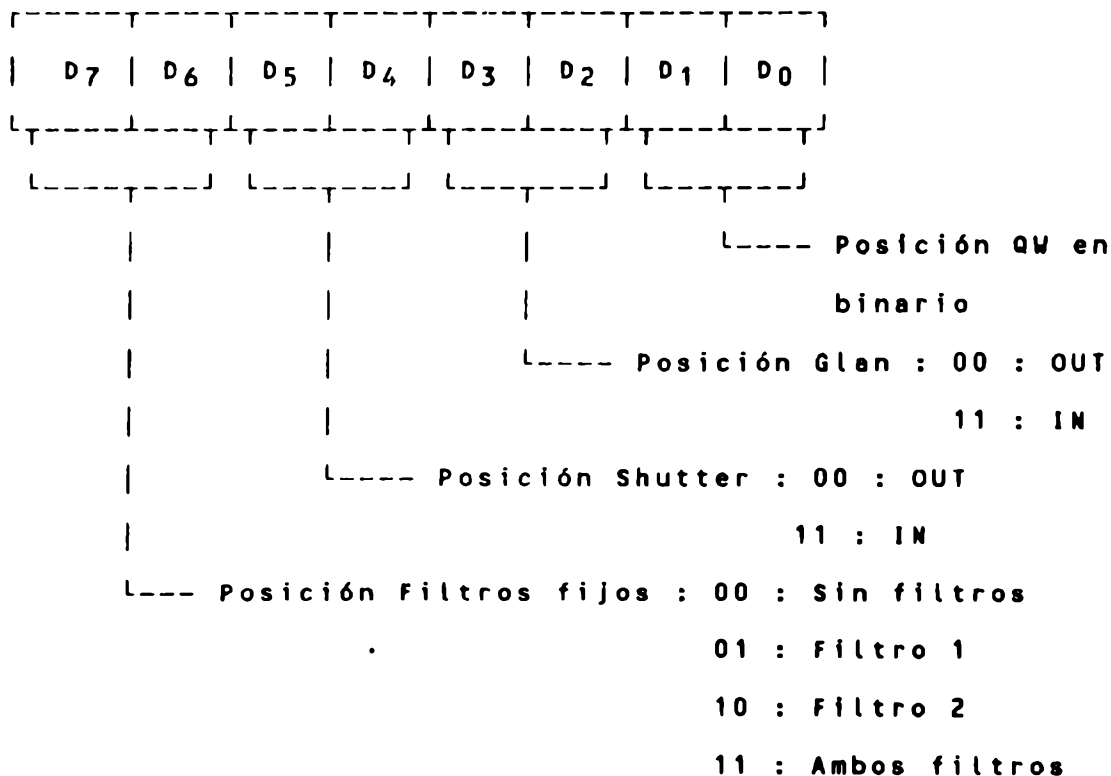
registro cada vez que se mueve alguna de las  
ruedas. Tiene la siguiente estructura:



**ACCIQW** : Indica la posición de los siguientes  
accionamientos:

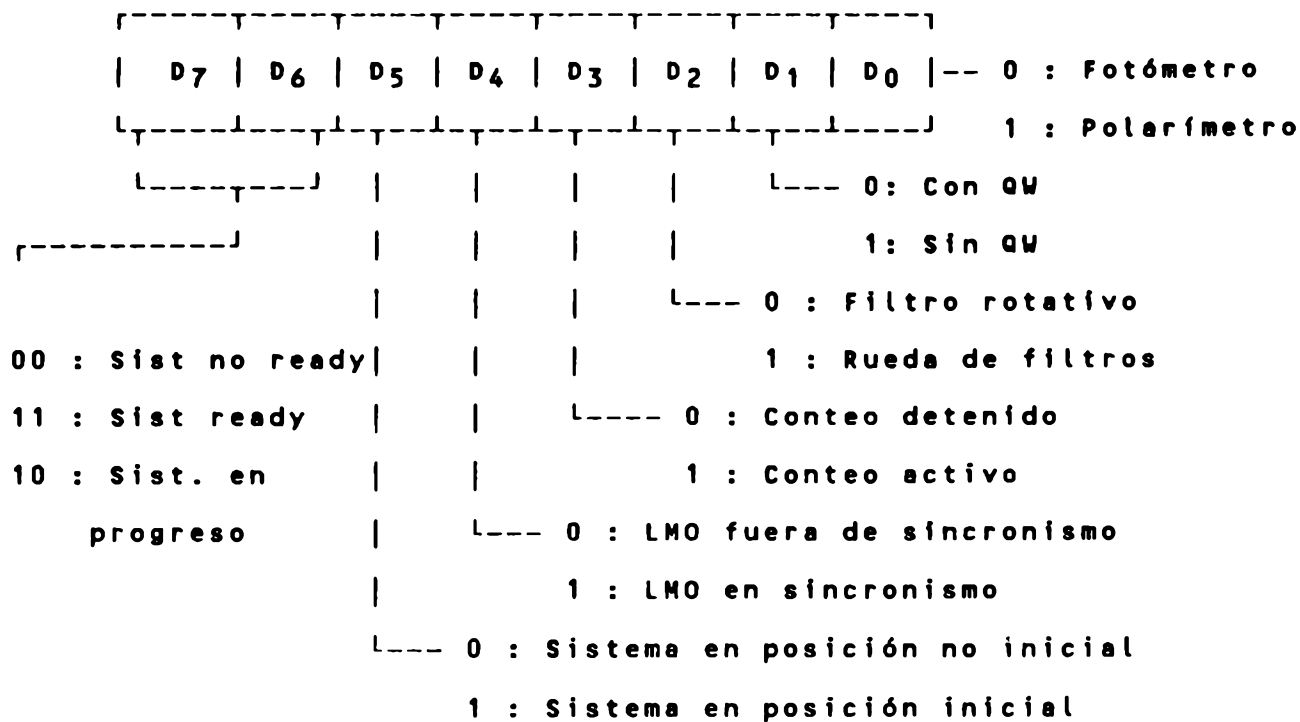
- 1- Posición de lámina de cuarto de onda ( QW )
- 2- Posición del Glan
- 3- Posición del shutter de las PMTs
- 4- Posición de los filtros fijos

La estructura del registro es la que sigue:



**ADQRDY**: Contiene información relativa al estado de la  
adquisición (Si está contando o no),

configuración del instrumento y estado actualizado del sistema. La estructura del registro es la siguiente:



**LATREG:** Contiene la imagen actualizada del latch de accionamientos. Cada vez que este latch es escrito por alguna rutina del programa se actualiza este registro.

**SACCREG:** Contiene la imagen del status de accionamientos.

**POSCONT:** Este registro es usado por la rutina ACCIONSR, que se encarga de mover los mecanismos por pulsos, como contador de posiciones a mover. Es un registro temporario y no contiene información actual de algún mecanismo del sistema.

**POSACT:** Es usado por la rutina ACCIONSR para conocer la posición actual del mecanismo a mover. No contiene información actual del sistema.

**POSFUT:** Es usado por la rutina ACCIONSR para conocer la posición futura del mecanismo que se debe mover.

**ERRFLG:** Este registro es el flag de error. Cada vez que alguna rutina detecta una condición de error lo informa a través de este registro.

**DELCONT:** Es un registro usado para contar delays.

**CONT:** Registro usado como contador general.

**MSKACC:** Este registro es usado por la rutina ACCIONSR, contiene la mascara de accionamiento de un determinado mecanismo que esta rutina debe usar para moverlo.

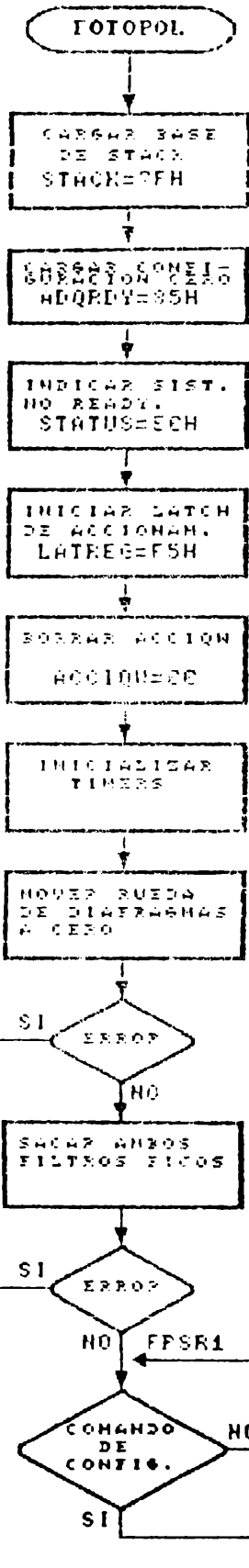
**MSKPOS:** Este registro es usado por la rutina ACCIONSR, contiene la mascara de posición del mecanismo sobre el cual debe accionar.

**MSKPOSA:** Este registro es usado por la rutina ACCIONSR cada vez que se envía un comando de reset ( Ir a posición cero ) de algún mecanismo que tiene indicador de posición cero. Contiene la mascara para verificar ese indicador.

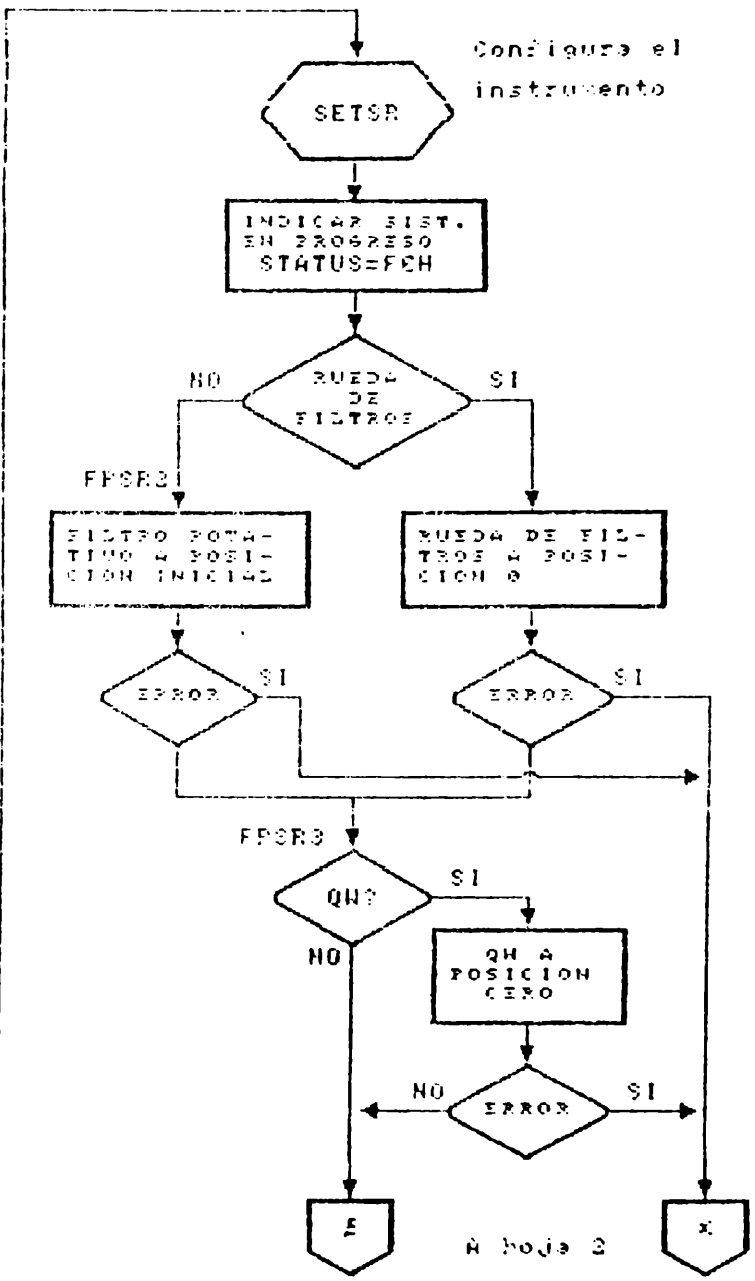
**MASK:** Es usado por la rutina ACCIONSR como mascara auxiliar. Se utiliza para el manejo de las mascaras en ciertos casos.

**POSLMO:** Contiene la posición actual de la lámina de media onda. Cada vez que una interrupción de step ( timer 2 ) es atendida se incrementa en uno, se vuelve a cero por la interrupción de sincronismo.

**T1CTRL, T2CTRL, T3CTRL:** Contienen la imagen actualizada de los registros de control de cada timer.



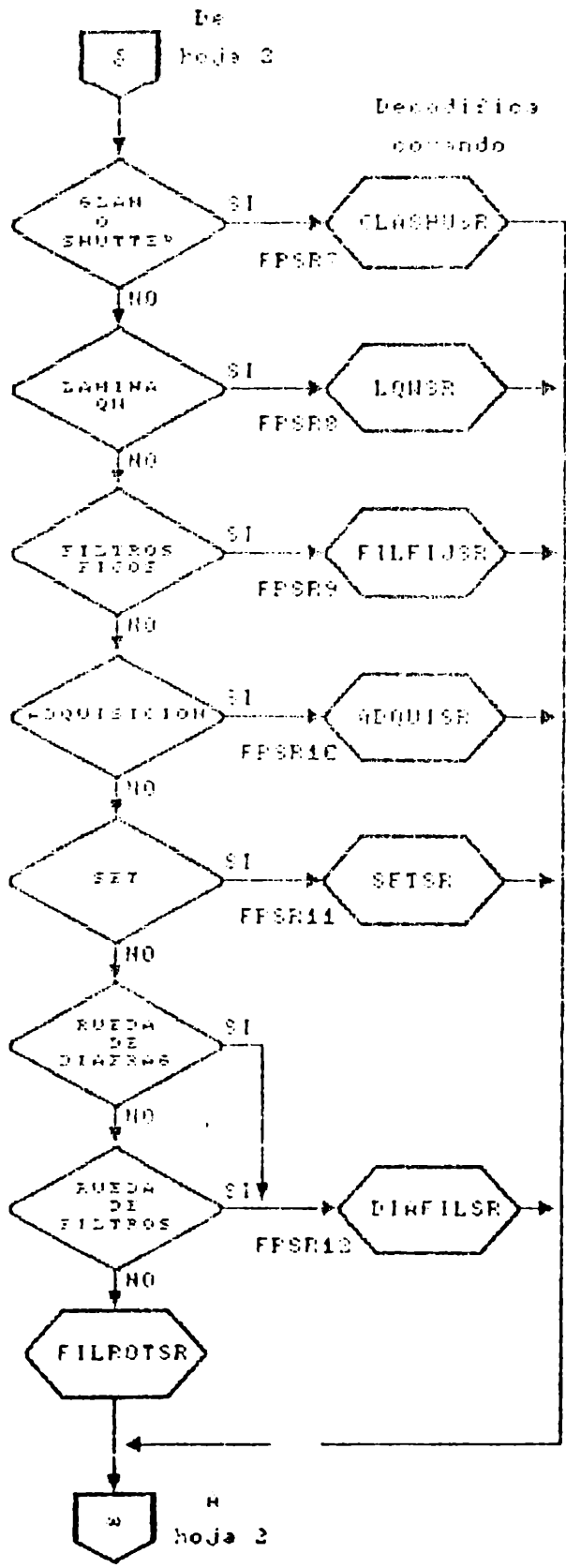
A Hoja 2



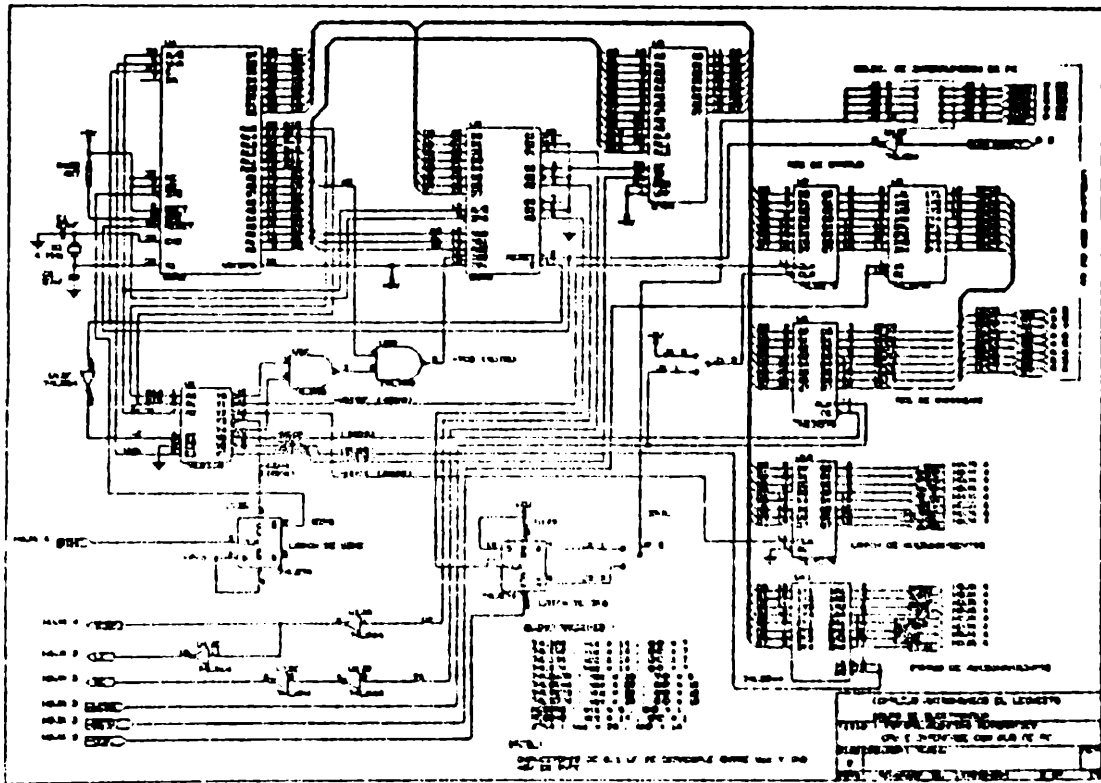
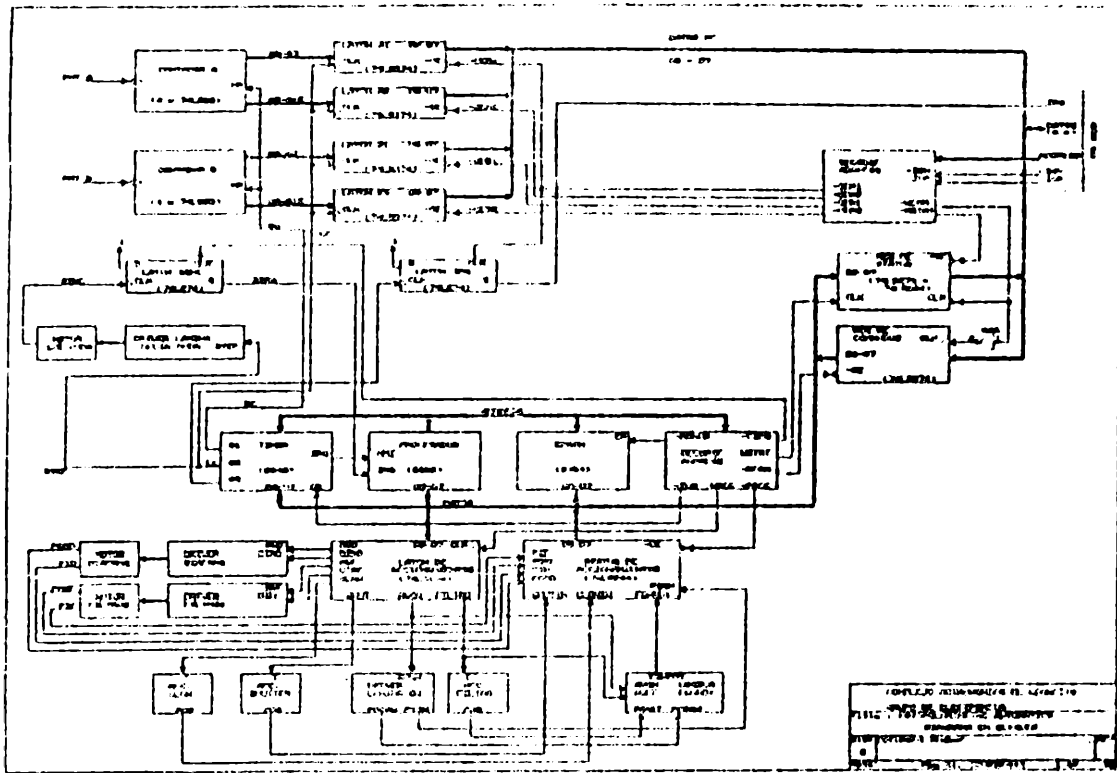
Configure el instrumento

COMPLEJO ASTRONOMICO EL LEONCITO	
GRUPO DE ELECTRONICA	
FOTOPOLARIMETRO AUTOMATICO	
SOFTWARE DE LA CPU: PROGRAMA PRINCIPAL	Hoja 1 de x
	Fecha 29/06/90



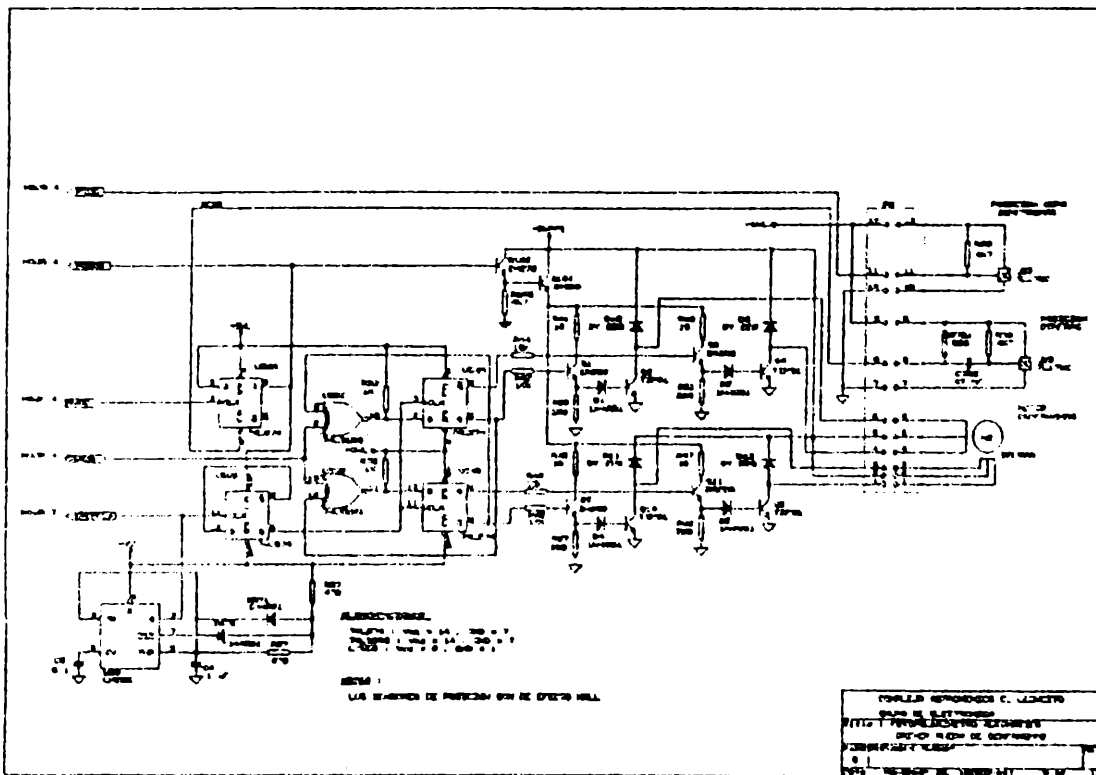
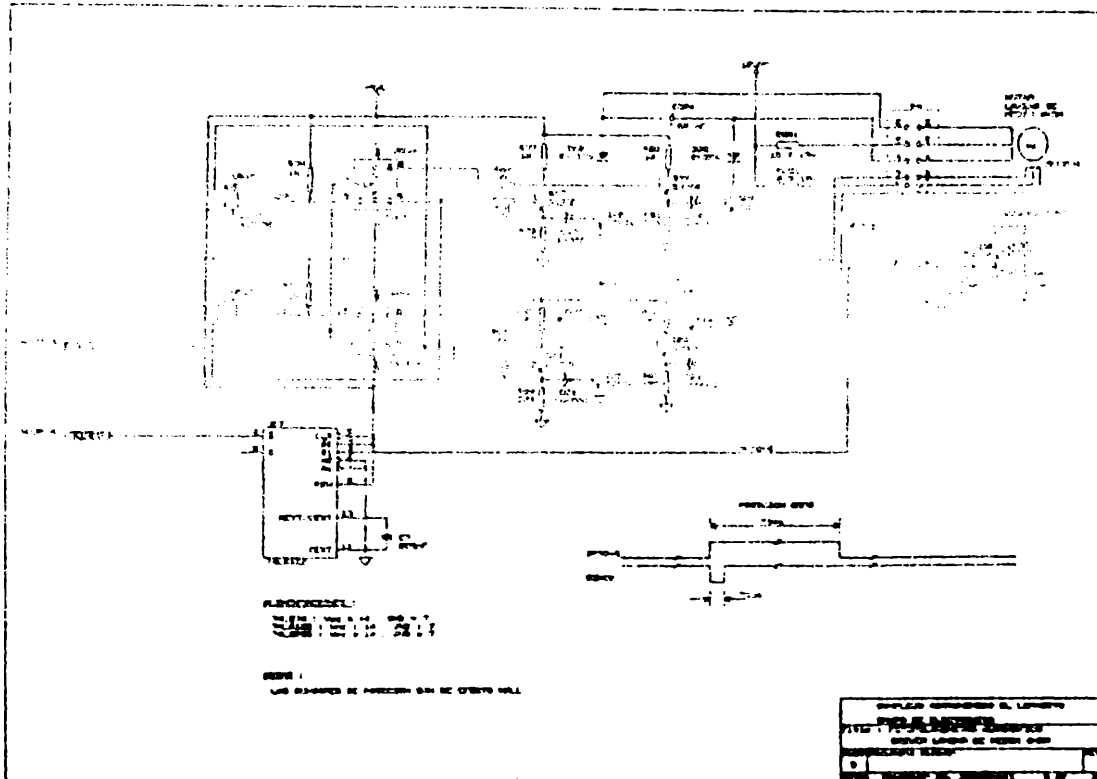


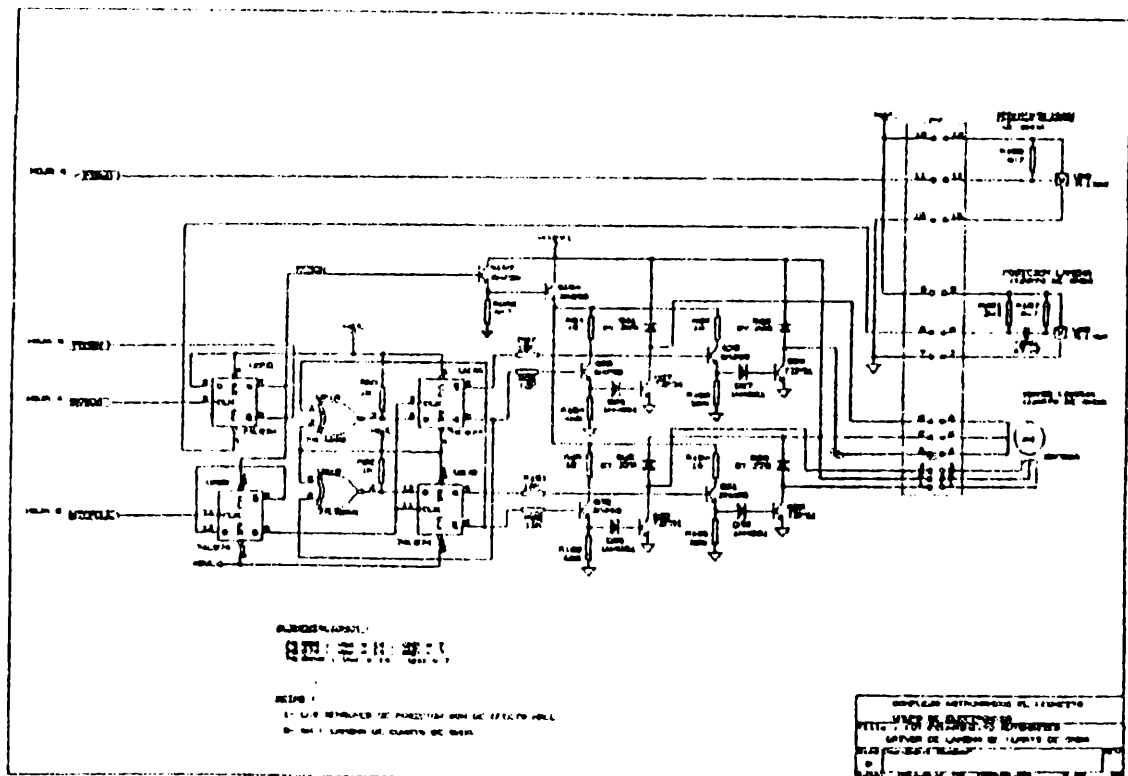
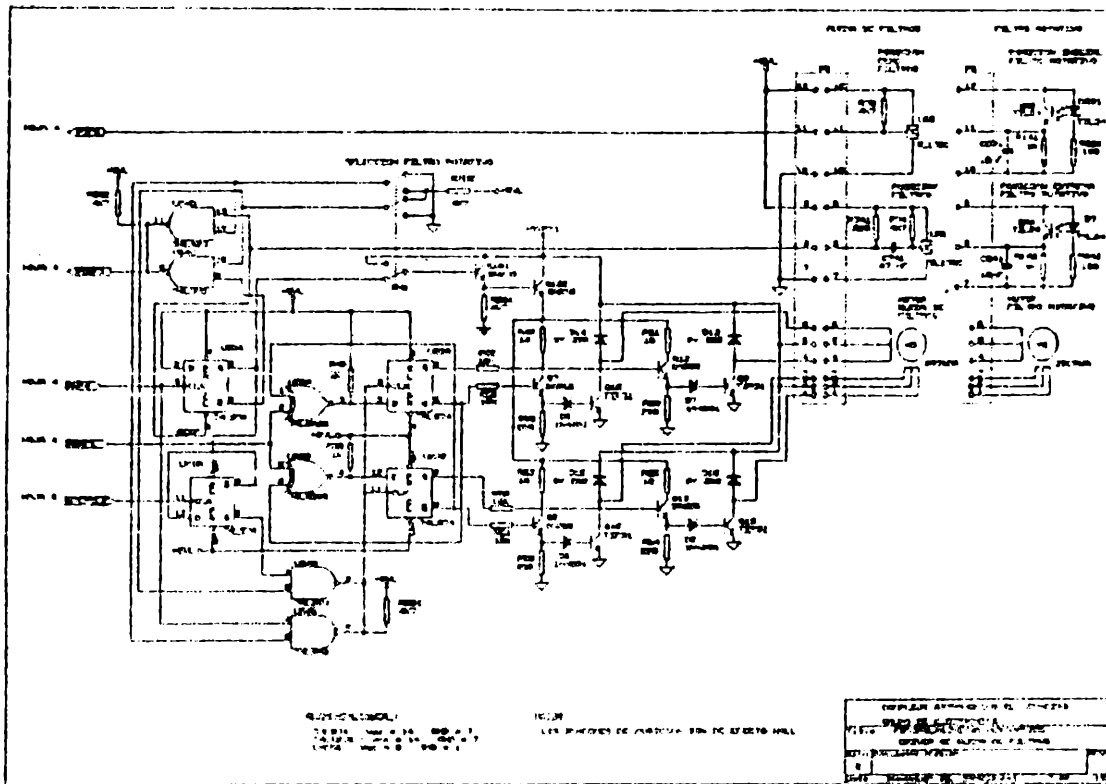
COMPLEJO ASTRONÓMICO EL LEONCITO	
GRUPO DE ELECTRONICA	
FOTOPOLARIMETRO AUTOMÁTICO	
SOFTWARE DE LA CPU: PROGRAMA PRINCIPAL (Continuación)	Hojas: 3 de x Fecha: 26/06/90













## REFERENCIAS

- Serkowsky, K.: 1974, *Methods of Experimental Physics* **12**, Part 8, p.361
- Serkowsky, K.: 1974, *Polarimeters for Optical Astronomy, Planets, Stars and Nebulae studied with photopolarimeter*, p.135
- Frecker, J., Serkowsky, K.: 1976, *Applied Optics*, Vol **15** N°3.
- Mc Master, W.: Matrix representation of polarization, *Review of Modern Physics*, Vol **33** N°1.
- Metz, K.: 1986, A Polarimeter with a new device for eliminating the Instrumental phase-plate polarization, *Astr. and Ap* **159**, 333-335.
- Metz, K.: 1984, A Polarimeter with a new polarizer and a new device for eliminating the sky background polarization, *Astr. and Ap.* **136**, 175-1787.
- Schwarz, H.: 1989, *PISCO Operating Manual*, Version 1.
- Magalanes, A., Benedetti, E., Roland, E.: A Photopolarimeter With Tilt-Scanning Capability.
- Longhurst, R.: 1976, *Geometrical and Physical Optics*, Tercera Edición Longman Ed, Londres 1976.
- Motorola : 1988, *Microprocessor, microcontroller and peripheral data* Vol I y Vol II.
- Signetics : 1986, *TTL Data Manual*.
- Texas Instruments : 1986, *Optoelectronics Device Data*.