

01175

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



# EJEMPLAR UNICO

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE  
ADQUISICION DE DATOS DE PROPOSITO GENERAL  
EN BASE A UNA MICROCOMPUTADORA**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**  
**MAESTRO EN INGENIERIA ELECTRONICA**  
**P R E S E N T A**

**HECTOR HARO GUZMAN**

**MEXICO, D. F.**

2002



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

A MI ESPOSA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
SECCION DE ELECTRONICA

TESIS QUE PRESENTA  
HECTOR HARO GUZMAN

PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN INGENIERIA ELECTRONICA

CREDITOS ASIGNADOS A LA TESIS: 12

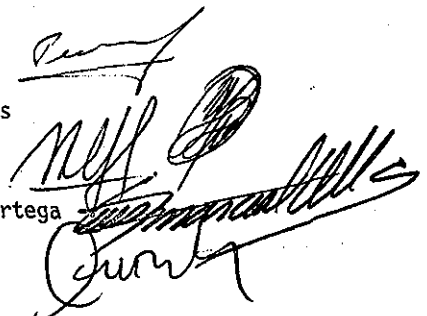
JURADO: M. en C. Pedro Joselevich Cohen

M. en I. Roberto Daza-Gómez Torres

M. en C. Alejandro Guarda Auras

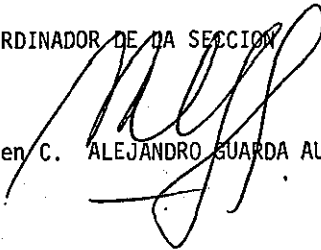
M. en C. Luis Marcial Hernández Ortega

M. en I. Caupolicán Muñoz Gamboa



COORDINADOR DE LA SECCION

M. en C. ALEJANDRO GUARDA AURAS



SECRETARIO ACADEMICO

M. en I. SERGIO TIRADO LEDEZMA.



C.U. MEXICO, D.F.

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS  
DE PROPOSITO GENERAL EN BASE A UNA MICROCOMPUTADORA.

RESUMEN:

En el presente trabajo se describe el diseño de un sistema de adquisición de datos de propósito general construido en base a una microcomputadora.

Se exponen las principales características de los sistemas de adquisición de datos (SAD) y se plantean los requisitos que debe satisfacer un sistema de propósito general.

Una sección del trabajo está dedicada a la microcomputadora, en esta se describen las partes de que está compuesta y la forma en que funciona. Debido a que la microcomputadora tiene integrada una memoria del tipo UV-EPROM, también se describe el diseño de un programador de memoria.

Se explica como funciona el sistema de forma general y se describe con detalle cada uno de los módulos de que consta, dándose a conocer la filosofía con que fue diseñado.

Para que el funcionamiento del sistema quede claramente entendido, se plantea un problema tipo el cual se resuelve desde su instrumentación.

Una parte importante de este sistema, son los circuitos periféricos con los que puede estar conectado, algunos de los cuales se exponen de forma muy ligera: la extensión de los canales de adquisición, un sistema automático de prueba, también en base a una microcomputadora, etc..

## C O N T E N I D O

### INTRODUCCION

1. OBJETIVOS DEL DISEÑO.
    - 1.1 Características de los SAD.
  2. MICROCOMPUTADORA.
    - 2.1 Descripción de la Intel 8748.
    - 2.2 Diseño de un programador de memoria.
  3. DISEÑO DEL SISTEMA.
    - 3.1 Reloj.
    - 3.2 Adquisición digital en paralelo.
    - 3.3 Adquisición digital en paralelo de propósito definido.
    - 3.4 Adquisición digital en serie.
    - 3.5 Adquisición digital por frecuencia.
    - 3.6 Adquisición analógica.
    - 3.7 Control por microcomputadora.
    - 3.8 Fuente de poder.
  4. METODOLOGIA DEL FUNCIONAMIENTO.
    - 4.1 Nomenclatura.
    - 4.2 Direccionamiento de puertos.
  5. PROBLEMA.
  6. RECUPERACION DE LA INFORMACION.
  7. PERIFERICOS DEL SISTEMA.
    - 7.1 Sistema automatico de prueba.
    - 7.2 Extension de canales.
    - 7.3 Lineas de comunicacion.
    - 7.4 Fuente de poder.
  8. DATOS TECNICOS.
- CONCLUSIONES

## INTRODUCCION

En el capitulo uno, se plantea la importancia que actualmente estan tomando los sistemas de adquisicion de datos y se exponen las caracteristicas que estos poseen dependiendo de su uso.

En el capitulo dos, se da un breve repaso de lo que es una microcomputadora y se ven en detalle las caracteristicas de la Intel 8748, microcomputadora contenida en un solo - circuito integrado. Debido a que este circuito tiene una memoria del tipo UV-EPROM, se describe tambien el diseno y la - implementacion de un programador de memoria de bajo costo en base a una TRS-80.

En el capitulo tres, se explica el funcionamiento - del sistema de forma general y se describe detalladamente el funcionamiento de cada uno de los modulos que la componen.

Para una rapida identificacion de los puertos de lectura y de las componentes, en el capitulo cuatro se establece la nomenclatura, asi como tambien la metodologia que se ha de seguir para la adquisicion de los datos.

En el capitulo cinco, se plantea un problema tipo a resolver con un sistema de adquisicion de datos, y se propone una solucion de instrumentacion asi como tambien, un programa desarrollado para la microcomputadora.

Una de las posibilidades que tiene este sistema para destinar la informacion adquirida, es grabarla en una cinta - magnetica de audio, en el capitulo seis, se describe la manera

en que la informacion contenida en la cinta es recuperada.

Debido a lo extenso que puede ser el campo de los SAD, en el capitulo siete se exponen ligeramente algunos de los circuitos perifericos con que se puede acoplar el sistema, tales como; un sistema automatico de prueba en base a una microcomputadora, la extension de canales de adquisicion, etc..

En el capitulo ocho, se presentan algunas de las -  
caracteristicas y datos tecnicos del sistema.



## CAPITULO 1.

OBJETIVOS DEL DISEÑO

Los sistemas de adquisicion de datos, son dispositivos creados para adquirir y almacenar, procesar o transmitir grandes cantidades de informacion de una forma autonoma.

Dependiendo de la finalidad con que son disenados, los sistemas de adquisicion de datos (SAD), pueden ser divididos en dos grupos: Los SAD de proposito definido que son disenados para satisfacer los requisitos de una determinada aplicacion, y los SAD de proposito general que son disenados para que con solo pequenas modificaciones sean capaces de satisfacer las necesidades de casi cualquier aplicacion.

Antiguamente las funciones que ahora desarrollan los SAD, eran desarrolladas por un operador humano, el cual tenia a su cargo varios instrumentos de medicion. Dicha persona hacia un recorrido por todos los instrumentos a intervalos de tiempo previamente establecidos y tomaba nota de la informacion leida en cada uno de ellos.

Toda la informacion era almacenada y despues de transcurrido cierto tiempo, se procesaba. Para su procesamiento, era necesario mostrar la informacion de alguna forma en que fuera facilmente comprendida, tal como; tablas, graficas, ademas de que se obtenian ciertos valores tipicos como son promedios, maximos, minimos, etc., y para obtener estos, era necesario que otra persona trabajara con los datos, lo cual generalmente no era cosa facil, pues la informacion almacenada podia llegar a decenas de miles de datos.

4

Esta metodología de adquisición como se puede observar, tenía grandes desventajas, pero posiblemente la principal, era la introducida por el error humano, tanto en la adquisición de datos como en el procesado de la información. - Retrazos y olvidos en las lecturas, errores en el vaciado de valores, etc., eran casos comunes en el uso de este método.

Debido a lo ineficiente que era este método, se comenzaron a desarrollar instrumentos de medición autónomos, - los cuales proporcionaban la información por medio de gráficas, en cinta perforada de papel, etc.. El uso de estos - nuevos instrumentos, no ayudó mucho debido a que no todos los instrumentos tenían esta capacidad, y por lo tanto se seguía requiriendo de la presencia del operador humano.

Con el advenimiento de las computadoras, los SAD recibieron mucha atención, debido a que el procesado de la - información podía realizarse de una forma totalmente automática, tal que los resultados obtenidos eran más confiables y se obtenían en un tiempo mucho menor. Pero el uso de las computadoras, trajo consigo un nuevo problema que antes no existía; la manera en la que se debía alimentar la información a la - computadora. Generalmente se realizó mediante el uso de tarjetas perforadas, pero esto no ayudaba mucho, pues por un lado la máquina hacía el trabajo de la persona y por el otro, - se requería que una persona vaciara la información a tarjetas perforadas para que la computadora pudiera hacer su trabajo.

Con los avances de la electrónica, fue posible desarrollar toda una serie de sensores/transductores que entregaban a su salida una señal eléctrica proporcional al valor de

su entrada. El uso combinado de la computadora y de estos sensores, dieron como resultado, el primer sistema automatico de adquisicion y procesado de datos. La principal desventaja de este sistema como es obvio suponerse, era el costo, pero la informacion, podia ser procesada en tiempo real.

Posteriormente y con el fin de reducir los costos se empezaron a desarrollar sistemas electronicos autonomos, dedicados unicamente a la adquisicion de datos, donde la informacion recopilada era almacenada en algun tipo de memoria o bien transmitida a una computadora para su procesamiento. De esta forma, se empezaron a establecer redes automaticas de adquisicion de datos.

Desafortunadamente, la gran mayoria de los sistemas desarrollados, fueron disenados para satisfacer propósitos específicos y solo unos cuantos, podian considerarse como de propósito general.

#### 1.1 Características de los Sistemas de Adquisición de Datos.

La clasificación de los SAD, se hace en base a las siguientes características, independientemente de la finalidad con que son disenados:

- a) Numero de canales de adquisicion.
- b) Tipo de canales de adquisicion.
- c) Consumo de potencia.
- d) Autonomia.
- e) Capacidad de almacenamiento.
- f) Capacidad de comunicacion.

- g) Capacidad de procesamiento.
- h) Capacidad de decision.
- i) Capacidad de actuar.
- j) Velocidad.
- k) Resolucion.
- l) Costo.
- m) Tamano fisico.

Un canal de adquisicion es la via mediante la cual un SAD adquiere la informacion del exterior. Los canales dependiendo del tipo de la informacion que manejan pueden ser; digitales o analogicos.

La autonomia de un SAD, es el tiempo que el sistema puede estar trabajando sin necesidad de recibir mantenimiento. Principalmente esta determinada por su consumo de potencia y su capacidad de almacenamiento. Existen configuraciones en que no tiene sentido hablar de autonomia, debido a que el SAD puede estar conectado a la linea de distribucion de electricidad y transmitiendo la informacion recopilada hacia otro dispositivo para su procesamiento.

Generalmente los SAD, utilizan memorias de acceso secuencial para almacenar la informacion adquirida, tales memorias, permiten almacenar grandes cantidades de informacion a un costo muy reducido, posiblemente la cinta magnetica sea el medio mas usado para este fin.

La capacidad de comunicacion de un SAD, es la capacidad que tiene de poder intercambiar informacion con otros dispositivos: Existen configuraciones en que el SAD, recibe instrucciones para la adquisicion de datos y transmite los datos adquiridos para su procesamiento en tiempo real.

Aunque la mayoría de los sistemas de adquisición es tan diseñados exclusivamente para adquirir datos y almacenarlos o transmitirlos, también existen dispositivos inteligentes que son capaces de procesar la información adquirida, tomar decisiones en base a los resultados obtenidos, y ejecutar las por medio de líneas externas provistas expresamente para ese fin. Generalmente son los SAD para uso de laboratorio, - los que poseen estas características, ya que requieren el uso de una computadora para el procesamiento de la información en tiempo real.

La velocidad de un SAD es el tiempo que necesita - para acceder un canal y obtener la información. La resolución, esta determinada por la forma en que internamente se representa el dato adquirido.

Aunque básicamente las características anteriormente descritas son las más importantes, existen otras, que también ayudan a determinar el uso de un sistema, en una aplicación específica.

Un sistema de propósito general debe tener: Capacidad de aceptar información digital en serie o en paralelo, e información analógica por voltaje o por corriente de forma diferencial o referida.

Un número elevado de canales de adquisición, de los cuales, solamente se implementan los que se requieran. Un bajo consumo de potencia y una alta capacidad de almacenamiento, en orden de obtener una autonomía prolongada.

Capacidad de comunicacion con otros dispositivos, con el fin de intercambiar informacion. Capacidad de procesamiento, decision y actuacion, con el fin de que pueda funcionar como un dispositivo inteligente en el monitoreo de senales.

Una velocidad y una resolucion tales que sean suficientes para satisfacer casi todas las necesidades. Un costo minimo con el fin de que sea mas economico el trabajar con un sistema de proposito general para un determinado proposito que con un sistema disenado exclusivamente, para esa aplicacion y por ultimo, un tamano fisico reducido tal que pueda ser instalado en cualquier lugar.

Debido a que es imposible numerar todas las características de cualquier sistema en general, las anteriores, son las que se consideran mas importantes en la caracterizacion de un sistema de adquisicion de datos.

## CAPITULO 2.

MICROCOMPUTADORA.

Para disenar un sistema de adquisicion de datos con las características anteriormente descritas, se utilizo una microcomputadora de un solo circuito integrado, debido a que con esta, se podia lograr un sistema inteligente, pequeno y de bajo consumo de potencia.

Con el fin de poder entender correctamente el funcionamiento del sistema, en el presente capitulo se da una breve descripcion del funcionamiento de las computadoras con énfasis en las características propias de la Intel 8748.

Al final del capitulo y debido a que la microcomputadora 8748, trae integrada memoria del tipo UV-EPROM, se describe el diseno de un programador/verificador de memorias (PVM) de bajo costo.

Una computadora digital tipica consiste basicamente de:

CPU	Unidad procesadora central
ROM	Memoria de programa.
RAM	Memoria de datos.
PE/S	Puertos de entrada y salida.

La memoria de programa o memoria del procesador, sirve como lugar para almacenar las instrucciones, piezas de informacion codificadas que dirigen la actividad del CPU. Un grupo de instrucciones logicamente relacionadas, es llamado programa.

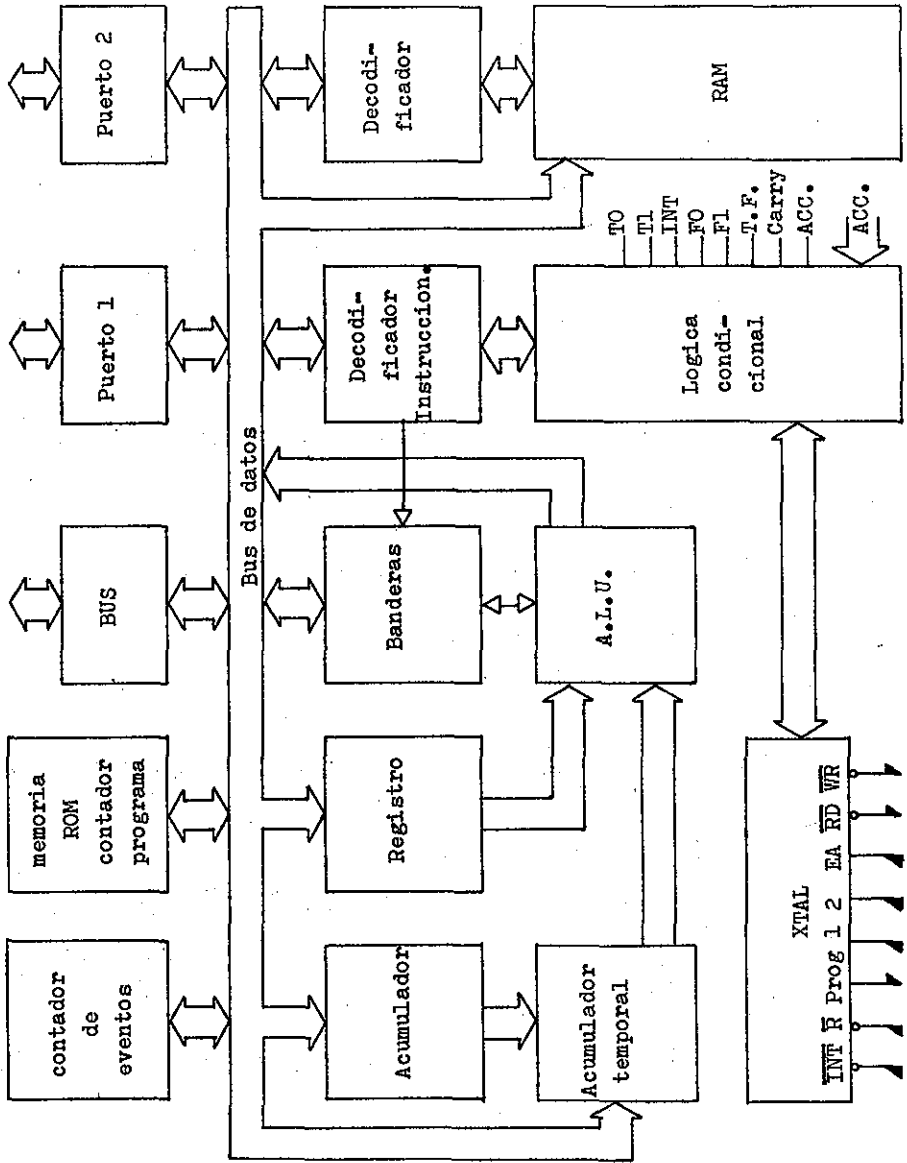


Figura 2.1



El CPU "lee" cada una de las instrucciones del programa almacenado en memoria en una secuencia determinada y las procesa. Si la secuencia del programa es logica, el hecho de procesar la informacion genera resultados utiles. El programa debe estar organizado, tal que el CPU no lea un dato cuando este espera leer una instruccion.

Basicamente existen tres tipos diferentes de memorias:

- Memorias de acceso aleatorio.
- Memorias de solo lectura.
- Memorias de acceso secuencial.

La caracteristica principal en las memorias de acceso secuencial es que los datos son escritos o leidos en forma secuencial. Esto es, para leer la localidad  $N + K$ , siendo que el apuntador esta en la localidad  $N$ , es necesario recorrer las  $K$  localidades restantes para poder acceder la localidad deseada. Lo cual es una limitacion pues aunque pudiendo ser de gran capacidad y baratas son muy lentas, por citar algunos ejemplos; cinta de papel perforado, cintas magneticas, etc..

En las memorias de acceso aleatorio (RAM), las palabras tambien estan almacenadas en localidades, pero el CPU tiene la capacidad de acceder una localidad en particular sin la necesidad de recorrer las demas, esto es, direccionando la localidad. Este acceso puede ser para escribir datos en la localidad direccionada, o para leer datos anteriormente almacenados.

El tiempo requerido para leer o escribir un dato en memoria, es llamado tiempo de acceso de lectura o de es--

critura respectivamente. A diferencia de las memorias de acceso secuencial en donde los tiempos de acceso dependen de la localidad deseada, en las RAM, todos los tiempos de acceso son iguales. Un mejor nombre para este tipo de memoria podria ser memoria de escritura y lectura, pues describiria mejor su funcion.

Las memorias de solo lectura (ROM) son iguales que las (RAM), la unica diferencia, es que las ROM no tienen capacidad de aceptar datos mientras estan en operacion. El contenido de la memoria es comunmente determinado en el momento de su fabricacion o bien por el usuario mediante un programador de memorias.

El CPU puede acceder cualquier dato almacenado en memoria, pero comunmente la memoria no es lo suficiente grande para almacenar un bloque completo requerido para cierta aplicacion. Este problema puede ser resultado por proveer a la computadora con puertos de entrada tal que el CPU puede direccionar a estos puertos y leer la informacion contenida en ellos. La adiccion de puertos de entrada permite a la computadora, recibir informacion de equipos externo tal como; lectora de cintas, floppy disk, etc., a altas velocidades y grandes volúmenes.

Una computadora, tambien requiere de puertos de salida que permitan al CPU comunicar al exterior los resultados del procesado de la informacion. Las salidas pueden estar conectadas a un display para uso de un operador humano, a dispositivos perifericos que produzcan impresos, a dispositivos de almacenamiento tales como cintas magneticas para guardar los resultados de los procesos, o bien, las salidas pueden ser senales de control

que dirijan la operacion de otros sistemas, tales como lineas de ensamblado automatico, etc.. Al igual que los puertos de entrada, los puertos de salida, son tambien direccionables.

La funcion del CPU es la de unificar al sistema, controlando las funciones realizadas por los otros componentes. El CPU debe de ser capaz de buscar las instrucciones de memoria, decodificar su contenido binario y ejecutarlas. Tambien debe de ser capaz de referirse a memoria y a los puertos de entrada y salida ( I/O ), como lo requiera la ejecucion de un programa, asi como de reconocer y responder a ciertas senales de control externas; tales como las interrupciones.

Una unidad procesadora central tipica, consiste de las siguientes unidades funcionales:

- Registros.
- Unidad logica/aritmetica (ALU).
- Circuitos de control.

Los registros son unidades de almacenamiento dentro del CPU. Algunos registros tienen aplicaciones dedicadas, tales como el contador de programa, el registro de instrucciones, el apuntador de memoria, etc.. Otros registros tales como el acumulador son para uso de proposito general.

El acumulador usualmente almacena uno de los operandos para ser manipulados por el ALU. Una instruccion tipica puede indicar al ALU que suma el contenido de memoria o de algun otro registro al contenido del acumulador y que el resultado lo deposite en el acumulador. En general el acumulador tiene una doble funcion, como registro fuente

(operando) y como registro destino (resultado). Normalmente el CPU incluye registros de proposito general adicionales que pueden ser usados para guardar operandos o datos. La ventaja de tener registros de proposito general en el CPU es que se elimina la necesidad de manejo de datos entre el acumulador y la memoria, lo cual ocasiona baja velocidad y poca eficiencia en el manejo de datos.

El conjunto de instrucciones que construye un programa esta almacenado en memoria, el procesador central hace referencia al contenido de la memoria en orden de determinar que accion es la apropiada, esto significa que el procesador debe saber en que localidad de memoria esta contenida la siguiente instruccion.

Cada una de las localidades de memoria esta numerada para distinguirla de las otras localidades. El numero - que identifica a cada una de las localidades es llamado direccion. El procesador tiene un contador el cual contiene la direccion de la proxima instruccion a procesar. Este registro es comunmente llamado contador de programa (program counter P.C.). El procesador renueva al PC, sumandole uno - cada vez que este busca una nueva instruccion de memoria.

El programador guarda las instrucciones del programa en direcciones adyacentes, tal que las primeras instrucciones a ejecutar se hallen en las primeras localidades. La unica posibilidad en la que el programador puede violar esta secuencia, es cuando existe una instruccion de "salto" hacia otra parte de la memoria.

La instruccion de salto, contiene la direccion a la cual debe saltar, tal que la proxima instruccion a realizar puede estar en cualquier localidad de memoria.

Durante la ejecución de la instrucción de salto, el procesador reemplaza el contenido del PC por la dirección adjunta a esta instrucción, de esta forma, se logra mantener una continuidad lógica en el programa.

Existe un tipo especial de saltos conocidos como "llamado" a subrutina. En este tipo de saltos, el procesador debe de recordar el contenido del contador de programa en el momento que ocurrió el salto. Esto posibilita al procesador a continuar la ejecución del programa principal, una vez que ha terminado con la última instrucción de la subrutina.

Una subrutina es un programa dentro de otro programa. Usualmente es un conjunto de instrucciones de propósito general cuya función se ejecuta repetidamente a lo largo de un programa principal.

El procesador tiene una forma muy especial de manejar las subrutinas para asegurar el regreso al programa principal. Cuando el procesador recibe una instrucción de llamada, incrementa el PC y almacena el contenido del contador de programa en un espacio de memoria reservado conocido como "pila" (stack).

La pila guarda la dirección de la instrucción que será ejecutada una vez terminada la subrutina. Mientras, el procesador carga la dirección contenida en la instrucción en el PC, tal que la siguiente instrucción a ejecutar, será la primera de la subrutina.

La última instrucción en cualquier subrutina es un "Regreso", tal instrucción no necesita especificar dirección de regreso, si no que simplemente se reemplaza la dirección del PC con la dirección que se encuentra hasta arriba de la pila.

En la mayoría de sistemas, una subrutina puede llamar a otra subrutina y esta a su vez, llamar a una tercera y así consecutivamente. Esto es aceptable si el procesador tiene suficiente capacidad de memoria para guardar las direcciones de regreso. En otras palabras, el número máximo de llamadas a subrutina, depende exclusivamente de la capacidad de la pila.

Cada computadora tiene una longitud de palabra característica y esta determinada por el tamaño de los elementos internos de almacenamiento, así como también por sus trayectorias de interconexión (BUS); por ejemplo, una computadora cuyos registros y buses pueden guardar y transferir 8-bits de información a la vez, es referida como un procesador de 8-bits en paralelo en el cual, los datos y las instrucciones están guardados en la memoria como números binarios de 8-bits. La palabra o campo de 8-bits es comúnmente referida como un byte.

Cada una de las operaciones que el procesador puede ejecutar es identificada por un byte único, el cual es conocido como código de la instrucción o código de operación. En el caso de que se utilizan palabras de 8-bits para el código de la instrucción, se obtienen hasta 256 diferentes instrucciones, lo cual es más que suficiente para la mayoría de procesadores.

El procesador busca una instrucción en memoria en dos pasos distintos. Primero, el procesador manda la dirección en el PC a la memoria, y segundo, la memoria regresa el dato contenido en la localidad direccionada a el procesador. El CPU almacena el byte de la instrucción en un registro conocido como registro de instrucción, desde el cual dirige la ac

tividad de ejecucion de la instruccion.

Los 8-bits almacenados en el registro de instruccion pueden ser decodificados y usados para seleccionar lineas de salida. Cada una de estas lineas representa un conjunto de actividades asociadas con la ejecucion de una instruccion en particular. Las lineas habilitadas pueden ser combinadas con pulsos de tiempo para generar senales que puedan ser usadas para iniciar acciones especificas. Esta traduccion de codigo a acciones es desarrollada por el decodificador de instrucciones y los circuitos de control.

El manejar codigos de 8-bits por lo general es suficiente para especificar un proceso, pero hay veces que la ejecucion requiere mas informacion de 8-bits.

Un ejemplo de esto, es cuando la instruccion hace referencia a una localidad de memoria. El codigo de instruccion identifica la operacion a realizar, pero no puede especificar la direccion tambien. En casos como este el uso de instrucciones multi-byte son necesarios. Los bytes de la instruccion son almacenados juntos, y el procesador realiza dos busquedas con el fin de obtener la instruccion completa. El primer byte de la instruccion es colocado en el registro de instruccion y los siguientes bytes en registros temporales.

Todos los procesadores contienen una unidad Logica/Aritmetica (ALU). La ALU, como su nombre lo indica, es la porcion del CPU que realiza las operaciones logicas y aritmeticas con los datos.

La ALU debe contener un sumador que sea capaz de combinar el contenido de dos registros de acuerdo con la logica de la aritmetica binaria, esto permite al procesador realizar operaciones aritmeticas con datos obtenidos de memoria y de otras fuentes.

Usando solamente el sumador basico, un programador debe ser capaz de escribir rutinas que resten, multipliquen, dividan, etc., dandole a la maquina gran capacidad aritmetica. En la practica, la mayoria de las ALU pueden realizar - algunas otras funciones tales como: operaciones logicas - booleanas, corrimientos, etc..

La ALU contiene bits de bandera los cuales especifican ciertas condiciones que se presentan en el curso de una instruccion. Es posible programar saltos, llamados, y retornos que sean condicionales al estatuto de las banderas.

Los circuitos de control son la unidad mas importante dentro del CPU. Estos circuitos mantienen una secuencia logica de los eventos usando como entrada una senal de reloj. Despues de que una instruccion es buscada y decodificada, los circuitos de control generan las senales apropiadas para iniciar la accion de procesado. Los circuitos de control deben de ser capaces de responder a senales externas tales como: - interrupciones. Una requisicion de interrupcion causa una interrupcion temporal de la ejecucion del programa y un salto a una rutina especial que de servicio a la interrupcion.

Por lo general casi todos los procesadores estan - provistos de lineas de interrupcion con el fin de mejorar su eficiencia. Consideramos el caso de una computadora que esta procesando una gran cantidad de informacion, porcion de la - cual a de salir para su impresion. El CPU podria entregar un byte de datos al impresor cada ciclo de maquina, pero el imprimirlo le puede tomar al impresor el tiempo equivalente a - varios ciclos de maquina, por lo tanto el CPU debe de estar - esperando hasta que el impresor pueda aceptar otro byte. Si se implementa la capacidad de interrupcion en la computadora, el CPU puede entregar al impresor un dato y regresar a su programa, y asi, cuando el impresor este listo para recibir otro



dato, el puede pedir una interrupcion. Cuando el CPU reconoce la interrupcion suspende la ejecucion del programa principal y automaticamente salta a una rutina que entrega al impresor el siguiente byte. Despues de lo cual, el CPU continua con la ejecucion del programa principal. Hay que notar, que esto es en principio bastante similar a un llamado a subrutina, excepto de que el salto es iniciado externamente en lugar de por programa.

Las actividades del procesador central son ciclicas. El procesador busca una instruccion, la ejecuta, busca la siguiente instruccion, etc.. Esta secuencia ordenada de eventos requiere tiempos precisos y el CPU por lo tanto - necesita un oscilador que provea de los tiempos de referencia para todas las acciones del procesador. La busqueda y ejecucion de una instruccion es conocida como ciclo de instruccion. La porcion de un ciclo definido para una cierta actividad, es llamada estado, y el intervalo de tiempo entre pulsos del oscilador es referido como periodo del reloj. Como regla general, uno o mas periodos de reloj son necesarios para completar un estado y existen varios estados en un ciclo.

Una busqueda de instruccion, es en si una operacion de lectura de memoria, la cual trae la instruccion y la deposita en el registro de instruccion. La instruccion buscada, - puede entonces requerir un dato de la memoria, para lo cual, el CPU vuelve a mandar la senal de lectura y la direccion de memoria; la memoria responde por regresar el dato solicitado, dicho dato, es colocado en el acumulador o bien en alguno de los otros registros de proposito general, pero nunca en el - registro de instruccion.

La operacion de escribir en memoria es similar a la de leer excepto por la direccion en que fluye el dato. El CPU

manda la señal de escribir, la dirección de memoria y entonces manda el dato para ser almacenado en memoria.

Las operaciones de entrada/salida, son similares a las de leer/escribir en memoria con la excepción de que el direccionamiento es a los puertos de I/O en lugar de memoria.

## 2.1 Descripción de la Intel 8748.

La selección de una microcomputadora para satisfacer las necesidades de este sistema se realizó en base a; la capacidad de memoria RAM, las características de la memoria ROM, números de puertos de entrada y salida, capacidad de expansión y el número de circuitos integrados requeridos. Específicamente se seleccionó la Intel 8748 por ser una de las pocas que traen integrada la memoria del tipo UV-EPROM en el mismo circuito.

Las principales características de la Intel 8748 son:

- Un circuito integrado de 40 patas.
- CPU de 8-bits.
- 1 K x 8 Memoria de programa.
- 64 x 8 Memoria de datos
- 27 líneas de entrada/salida.
- Reloj/contador de eventos de 8-bits.
- Ciclo de instrucción de 2.5 microsegundos.
- Fuente de poder de 5 volts.

La memoria de programa es del tipo UV-EPROM, este tipo de memoria es igual al ROM, con la diferencia de que el usuario la puede borrar y re-programar tantas veces quiera.

Hay tres localidades de especial importancia en esta memoria:

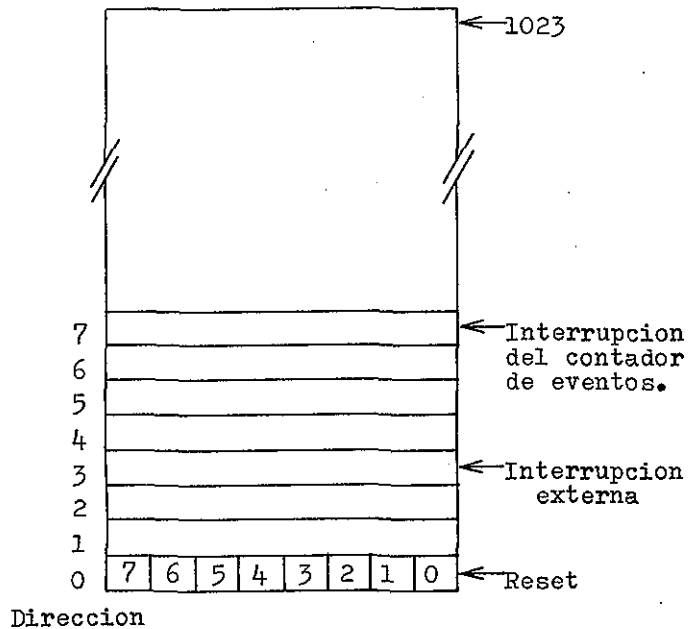


Figura 2.2

Localidad 0, cuando se activa la linea de Reset o se enciende la micro, la primera instruccion a ejecutar es la ubicada en esta localidad.

Localidad 3, cuando se activa la linea de interrupcion del procesador (si esta ha sido habilitada por programa), la siguiente instruccion a ejecutar es la contenida en esta localidad.

Localidad 7, un salto a esta localidad es provocado por una senal de interrupcion del reloj/contador de eventos ( si ha sido habilitada ), a causa de un sobreflujo en la cuenta.

La memoria de datos puede ser direccionada indirectamente por medio de dos apuntadores (R0, R1), los cuales residen en las direcciones 00 y 01 respectivamente de la misma memoria.

Las primeras ocho localidades de memoria (0 - 7) son usadas como registros de trabajo y son direccionadas directamente por algunas de las instrucciones. Debido a esto, son usadas comunmente para almacenar resultados intermedios que se accesan frecuentemente.

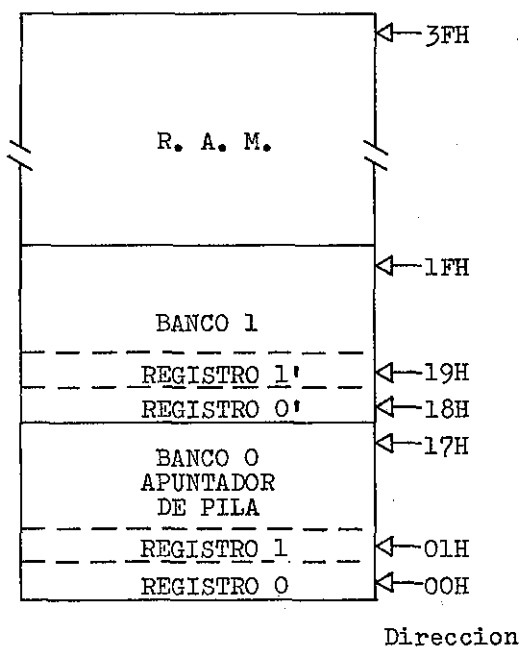


Figura 2.3

La 8748 tiene la capacidad de cambiar el banco de registros mediante una instruccion. El ejecutar dicha instruccion provoca que las localidades 18H - 1FH de la memoria sean utilizadas como registros en lugar de las localidades - 0 - 7. Este segundo banco de registros puede ser usado como extension del primer banco, reservado para el uso de servicio a interrupciones, o bien si no se usa, las localidades 18H - 1FH pueden ser accesadas como memoria RAM.

Debido a que los apuntadores RO y RI, son parte del banco de registros, el cambiar de un banco a otro, crea efectivamente dos apuntadores mas RO' y RI'.

Las localidades 8H - 17H de RAM son direccionadas por el SP durante llamados a subrutinas tal que en ellas se deposita el contenido del PC. Debido a que 16 localidades de memoria estan disponibles para el SP, se pueden hacer ocho - llamados a subrutina en cadena, pues cada llamado utiliza 2 localidades.

Las 27 lineas de entrada/salida (I/O), estan, agrupadas en tres puertos de 8-bits cada uno, mas tres lineas - adicionales que pueden alterar la secuencia de un programa, cuando se prueban mediante instrucciones de saltos condicionales.

Los puertos 1 y 2 (P1 y P2), tienen características idénticas. La información escrita por el CPU es retenida a la salida y permanece hasta que otra palabra es escrita. - - \*  
Cuando los puertos se usan como entradas, las señales de entrada deben de estar presentes hasta que sean leídas por una

instruccion de lectura del CPU. La estructura de los circuitos de salida permiten que cada linea pueda servir como entrada o como salida.

El tercer puerto llamado "BUS" (DB), es un canal bi direccional de 8-bits con senales de control de entrada y salidas asociadas. Este puerto tambien puede ser utilizado como entrada o salida, pero no se pueden mezclar las dos.

Las tres lineas adicionales (TO, T1, y  $\overline{\text{INT}}$ ), son en tradas que se pueden probar mediante instrucciones de salto - condicional. Ademas, es posible iniciar una secuencia de interrupcion cuando se aplica un nivel bajo a la entrada  $\overline{\text{INT}}$ . La accion de esta senal puede ser habilitada o deshabilitada por la ejecucion de una instruccion.

La 8748, contiene un contador de 8-bits para auxili ar al usuario al contar eventos externos y al generar retrasos de tiempo preciso, en ambos casos, el modo de operacion - del contador es el mismo y lo unico que cambia es la entrada del contador.

Como contador de eventos, la ejecucion de una ins trucccion conecta la linea T1, a la entrada del contador y lo habilita, la maxima frecuencia permisible de T1, es de 133 - Khz. Como reloj, la ejecucion de una instruccion conecta la entrada del contador a un reloj interno con una frecuencia de 12.5 Khz., y habilita la cuenta.

El incremento de una cuenta maxima (FFH) a cero, da como resultado que la bandera de sobreflujo del contador se - active, generando con esto una requisicion de interrupcion. Al igual que con la interrupcion externa, la interrupcion del

contador puede ser habilitada o deshabilitada por programa.

La linea TO tiene una doble funcion, por programa se puede habilitar por esta linea la salida de una senal de reloj generada internamente o bien como senal de entrada que puede ser leida mediante saltos condicionales.

De una forma muy general, lo anterior describe las caracteristicas de la microcomputadora, para mayor informacion refierase a los manuales de fabricantes listados al final d este trabajo.

## 2.2      Diseno de un Programador de Memorias.

Debido a que la memoria de programa interna del 8748 puede ser borrada y reprogramada por el usuario, se requirio disenar y construir un programador de memorias facil de manejar y a un costo reducido.

El borrado de la memoria se realiza al exponer el dispositivo a luz ultravioleta con una longitud de onda de aproximadamente 2 537 Angstroms. El tiempo de exposicion es de aproximadamente 20 minutos cuando se usa una lampara de - 12 000 mmW/cm<sup>2</sup> a una distancia de 2.5 cms., cuando la memoria esta borrada, todos los bits se ponen en el estado logico "0".

La funcion que debe cumplir el programador/verifica dor de memorias (PVM), es la de proporcionar al dispositivo a programar los datos y las senales de control necesarias para accesar la memoria.

El diseno del PVM se realizo en base a un sistema - comercial TRS-80 de Radio Shack, el cual tiene como elemento central una microcomputadora Z80 y consta de: una pantalla, -

un teclado y memoria secuencial en cinta magnetica cassette.

Generalmente la programacion se hace en lenguaje - BASIC, aunque tambien existe la posibilidad de operar directamente el microprocesador (Z80) en lenguaje de maquina o en samblar programas escritos en ensamblador.

En el presente trabajo no se detalla el funcionamiento de la TRS-80, si no que solamente se describen las ca racteristicas necesarias para el diseno del PVM. Para mayor informacion de la TRS-80, consultar con los manuales del fabricante.

El primer paso a seguir para la realizacion del - PVM de la 8748, fue el dotar a la TRS-80 de los medios necesarios para poderse comunicar hacia el exterior. Esto es, - de proveerla de puertos de entrada y salida direccionables - con comandos de I/O. Debido a que la TRS-80 trabaja con pal bras de 8-bits, los puertos de I/O, tambien son de 8-bits.

La TRS-80 tiene un conector externo donde estan dis ponibles los datos y senales de control, necesarias para poder expandir el sistema. En este conector, las senales de in teres son:

<u>PATA</u>	<u>NOMBRE</u>	<u>DESCRIPCION</u>
12	<u>OUT</u>	Senal de control para escritura a perifericos.
19	<u>IN</u>	Senal de control para lectura de perifericos.



<u>PATA</u>	<u>NOMBRE</u>	<u>DESCRIPCION</u>
	DO-D7	BUS direccional de datos.
	AO-A15	BUS de direcciones.
8	GND	Nivel de referencia (tierra).

Las senales  $\overline{OUT}$  e  $\overline{IN}$ , presentan un nivel bajo en el momento que el microprocesador desea sacar o leer datos de los perifericos respectivamente.

Las senales AO - A15 indican la direccion del periferico que desea acceder (la direccion FEH y FFH, estan dedicadas a la interface con la grabadora).

Para que los puertos de I/O sean de proposito general, no se les provee de senales de control, aunque esto es posible con ligeras modificaciones. Los puertos de entrada no retienen el dato, esto es, el dato debe de estar presente en las entradas en el momento que se desea leerlo. Los puertos de salida retienen el dato hasta que nueva informacion es escrita en ellos.

Para el diseno del expansor se utiliza un decodificador de 3 a 8 lineas, por lo cual, este sistema puede manejar hasta 16 puertos, 8 de entrada y 8 de salida.

El direccionamiento del decodificador se hace por medio de las lineas de direccion AO - A5 y la seleccion de puertos de entrada o salida se hace con las senales  $\overline{IN}$  y  $\overline{OUT}$ . La figura 2.4 nos muestra el diseno de expansor.

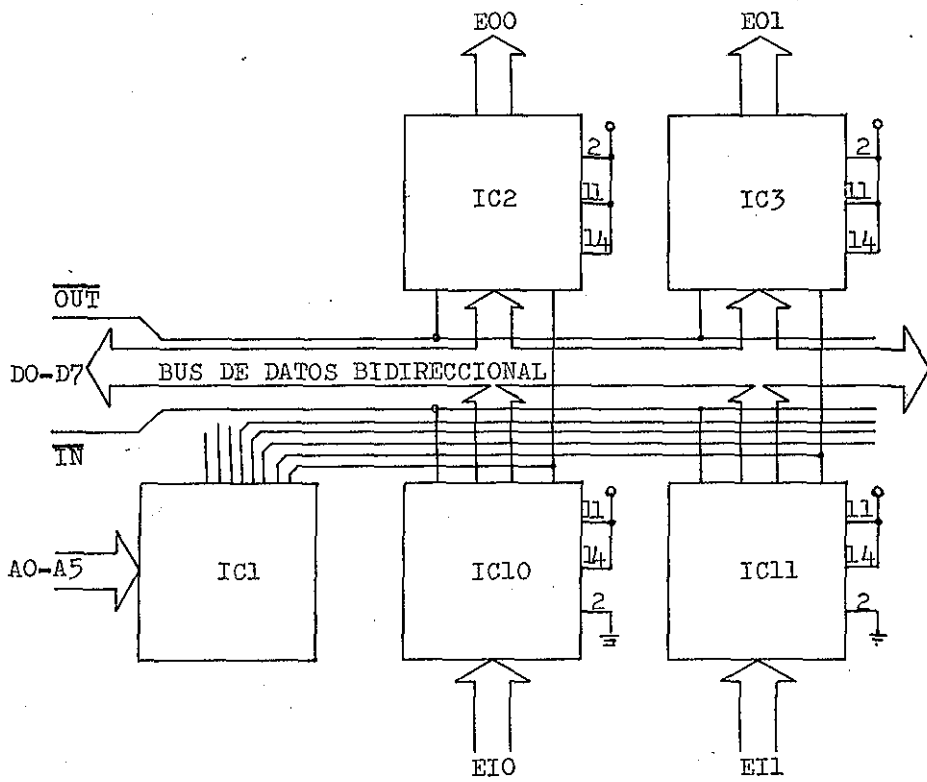


Figura 2.4

La tabla 2.1 muestra las direcciones con las cuales se accesan los puertos:

<u>DIRECCION</u>	<u>FUNCION</u>	<u>PUERTO</u>
10H (XXX1 0000)	I/O	EX0
11H (XXX1 0001)	I/O	EX1
12H (XXX1 0010)	I/O	EX2
13H (XXX1 0011)	I/O	EX3
14H (XXX1 0100)	I/O	EX4
15H (XXX1 0101)	I/O	EX5
16H (XXX1 0110)	I/O	EX6
17H (XXX1 0111)	I/O	EX7

Tabla 2.1

Debido a que solamente se utilizan las líneas A0-A5 del BUS de direcciones para decodificar un puerto, estos pueden ser sobre-direccionados, esto es, al acceder un puerto diferente tambien se pueden estar accedendo estos puertos, por ejemplo: Si se desea acceder el puerto de la direccion 91H. las líneas A0 - A5 contienen la misma informacion que cuando se desea acceder la direccion 11H, por lo tanto en ambos casos se habilita el puerto EX1.

Con el diseno anterior, se provee a la TRS-80 de los puertos de entrada y salida de datos necesarios para el manejo del programador/verificador de memoria UV-EPROM de la 8748.

El proceso de programar y verificar la memoria consiste de los siguientes 20 pasos:

- 1.- Se inicializa el programador.  
(VDD = 5v.,  $\overline{\text{RESET}}$  = 0v., TO = 5v., EA = 5v., reloj aplicado, DB y PROG = 5v.).

- 2.- Se incerta el dispositivo a programar.
- 3.- Se selecciona el modo de programacion.  
(TO = 0v.).
- 4.- Se activa el modo de programacion.  
(EA = 23v.).
- 5.- PROG = 0.
- 6.- Se direcciona la memoria.  
(A0 - A9 Bus y P20 - 21).
- 7.- Se almacena la direccion de memoria.  
(RESET = 5v.).
- 8.- Se manda el dato.  
(D0 - D7 Bus).
- 9.- Se almacena el dato.  
(VDD = 25v.).
- 10.- Pulso de programacion.  
PROG = 23v., durante 50 ms.
- 11.- PROG = 0.
- 12.- VDD = 5.
- 13.- PROG = 5v..
- 14.- Se activa el modo de verificacion.  
(TO = 5v.).

- 15.- Se lee y se verifica el dato programado.
- 16.-  $T0 = 0v..$
- 17.-  $\overline{RESET} = 0v..$
- 18.- Se repite desde el paso No. 5, si no se ha terminado.
- 19.- ( $V_{DD} = 5v., \overline{RESET} = 0v., T0 = 5v., EA = 5v. PROG = 5v.$ ).
- 20.- Remueva el circuito de la base.

El diagrama de tiempos del ciclo de programar/verificar es mostrado en la siguiente figura:

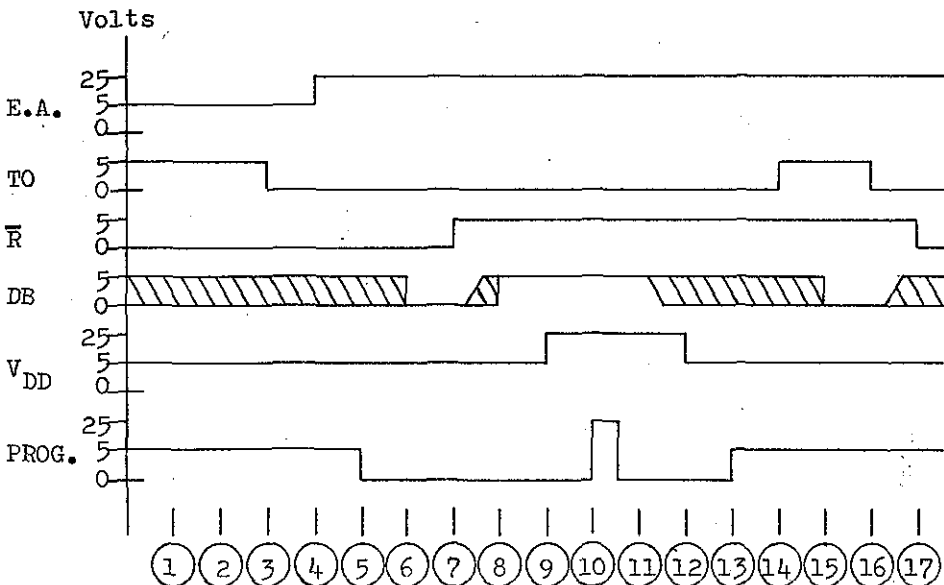


Figura 2.5

Para llevar a cabo la programacion/verificacion de memoria se utilizan los siguientes puertos del expansor:

- E00 Datos (D0-D7) y direcciones (A0-A7).
- E10 Datos a verificar (V0-V7).
- E01 Direcciones (A8, A9) y lineas de control.

Mediante estas lineas de control se proporciona al PVM de las senales necesarias para el programador de memorias. La tabla 2.2 muestra las lineas y los niveles que se requieren:

<u>PIN</u>	<u>SEÑAL</u>	<u>NIVELES</u>
1	TO	0v. - 5v.
4	<u>RESET</u>	0v. - 5v.
7	EA	5v. - 23v.
25	PROG	0v. - 5v. - 23v.
26	VDD	5v. - 25v.

Tabla 2.2

Se requiere ademas de una senal extra para manejar el bus de datos/direcciones en los casos de programar (entrada), y verificar (salida), los datos. Esta senal puede ser TO, ya que esta, cumple un cometido similar dentro de la microcomputadora.

Un diseno que cumple con los requerimientos del PVM es el mostrado en la siguiente figura:

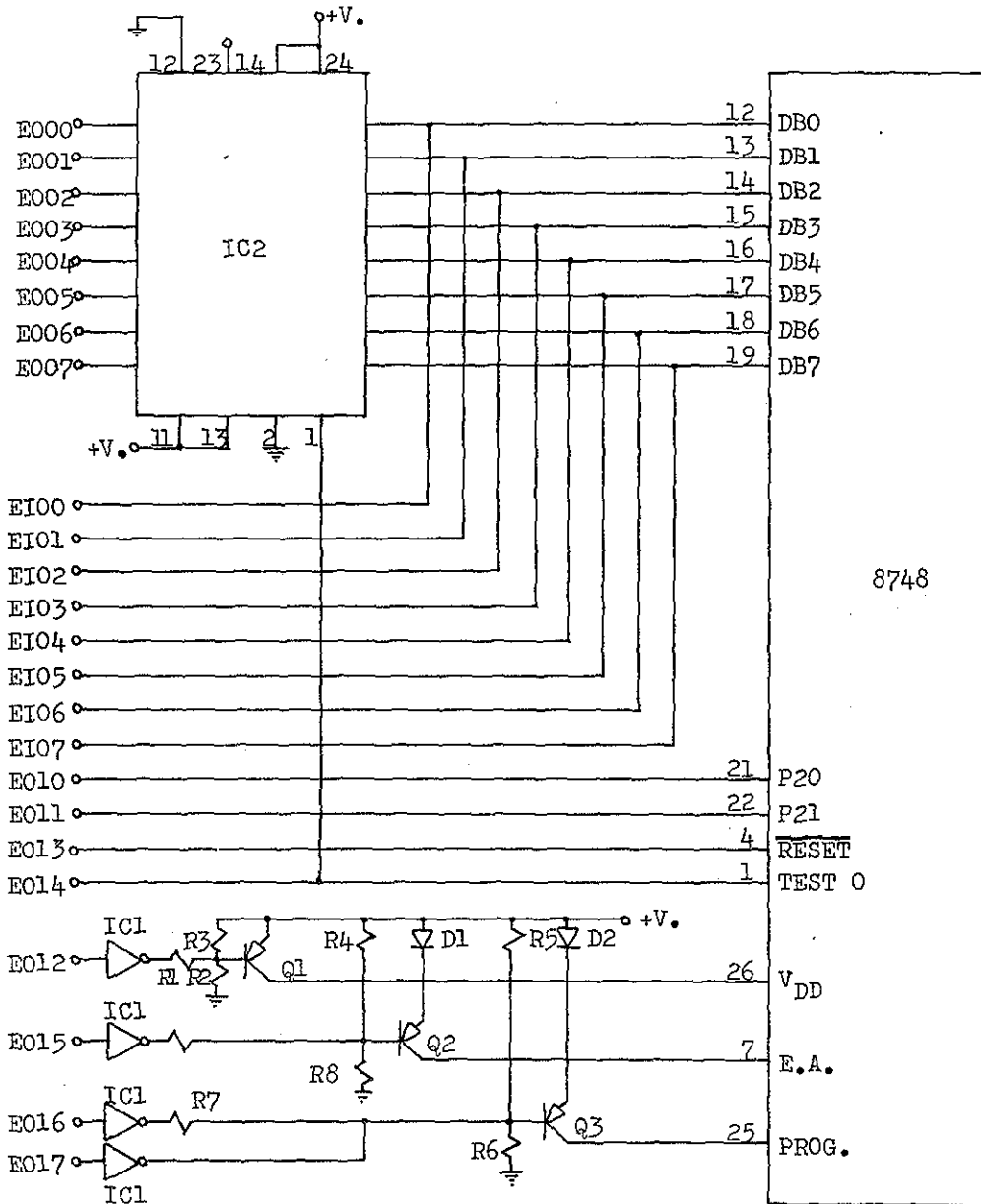


Figura 2.6

La notacion de las lineas entrada/salida corresponden a la notacion de los puertos del expensor descrito anteriormente, donde:

E013 corresponde al bit numero 3 (b0 - b7), del puerto de salida numero 1 del expensor, y EI06 corresponde al bit numero 6 del puerto de entrada cero.

Debido a que las senales del expensor son TTL compatibles (i. e. 0 - 5 volts), se requirio disenar una interface entre el expensor y aquellas entradas que requieran senales a diferentes niveles de voltajes, tales circuitos son mostrados en la figura 2.7. La tabla muestra los niveles de voltaje que se obtienen dependiendo del valor de la senal de entrada.

E012	VDD	E015	EA	E016	E017	PROG
0	24.3 v.	0	24.3 v.	0	0	23.5 v.
1	5.0 v.	1	5.0 v.	0	1	0 v.
				1	0	5.0 v.
				1	1	0 v.

Tabla 2.3

En orden de obtener el diagrama de tiempos mostrado en la figura 2.5 con las senales de control anteriormente descritas, es necesario proveer por los puertos del expensor la siguiente informacion.



<u>PASO</u>	<u>DATO</u>	<u>PUERTO</u>	<u>C O M E N T A R I O</u>
1	74H	E01	Fija las condiciones de inicio.
2			Se coloca el circuito integrado.
3	64H	E01	Selecciona el modo de programacion.
4	44H	E01	Activa el modo de programacion.
5	84H	E01	
6	Direccion	E00 y E01	Se manda la direccion.
7	8CH	E01	Almacena la direccion.
8	Dato	E00	Se manda el dato.
9	88H	E01	Almacena el dato.
10	08H	E01	Pulso de programacion (duracion - de 45 a 55 ms.).
11	88H	E01	
12	8CH	E01	
13	4CH	E01	
14	5CH	E01	Activa el modo de verificacion.
15	Dato	E10	Se lee el dato para verificarlo.
16	4CH	E01	
17	44H	E01	
18			Se repite desde el paso 5 si se - requiere.
19	74H	E01	Fija condiciones.
20			Se retira el circuito integrado.

Es importante hacer notar que el paso numero 10, corresponde al pulso de programacion, debe de durar activo de - 45 a 55 ms., lo cual se obtiene generando una malla de tiempo en el programa.

### Capitulo 3.

#### DISEÑO DEL SISTEMA

El sistema de adquisicion de datos que aqui se expone fue disenado y construido con la idea de lograr un sistema de proposito general, de tamano reducido y con bajo consumo de potencia.

En este capitulo se describen detalladamente cada una de las partes de que consta el sistema, asi como tambien, se expone la filosofia con que fueron disenadas. La division del sistema por partes, obedece a que como se vera, cada una de ellas tiene una accion especifica que realizar y su funcionamiento depende exclusivamente de la accion de la microcomputadora.

En la figura 3.1, se muestra un diagrama de bloques del sistema, en este diagrama se puede observar como la microcomputadora a traves de sus puertos de entrada/salida controla la actividad del sistema.

Una opcion y posiblemente la mas importante de todas, es la capacidad que tiene el sistema de poder permanecer en estado de reposo con muy bajo consumo de potencia, en el tiempo que transcurre entre lectura y lectura de datos.

En los casos que la aplicacion del SAD requiere que solamente a determinados intervalos de tiempo se realice la adquisicion de datos, es posible, programar al sistema de tal manera, que el circuito del reloj realiza el conteo del intervalo, mientras que todo el sistema restante esta sin polarizacion y solo, en el momento de realizar las lecturas, el reloj con auxilio de los interruptores de voltaje polarizan a la micro, para que proceda con la adquisicion.

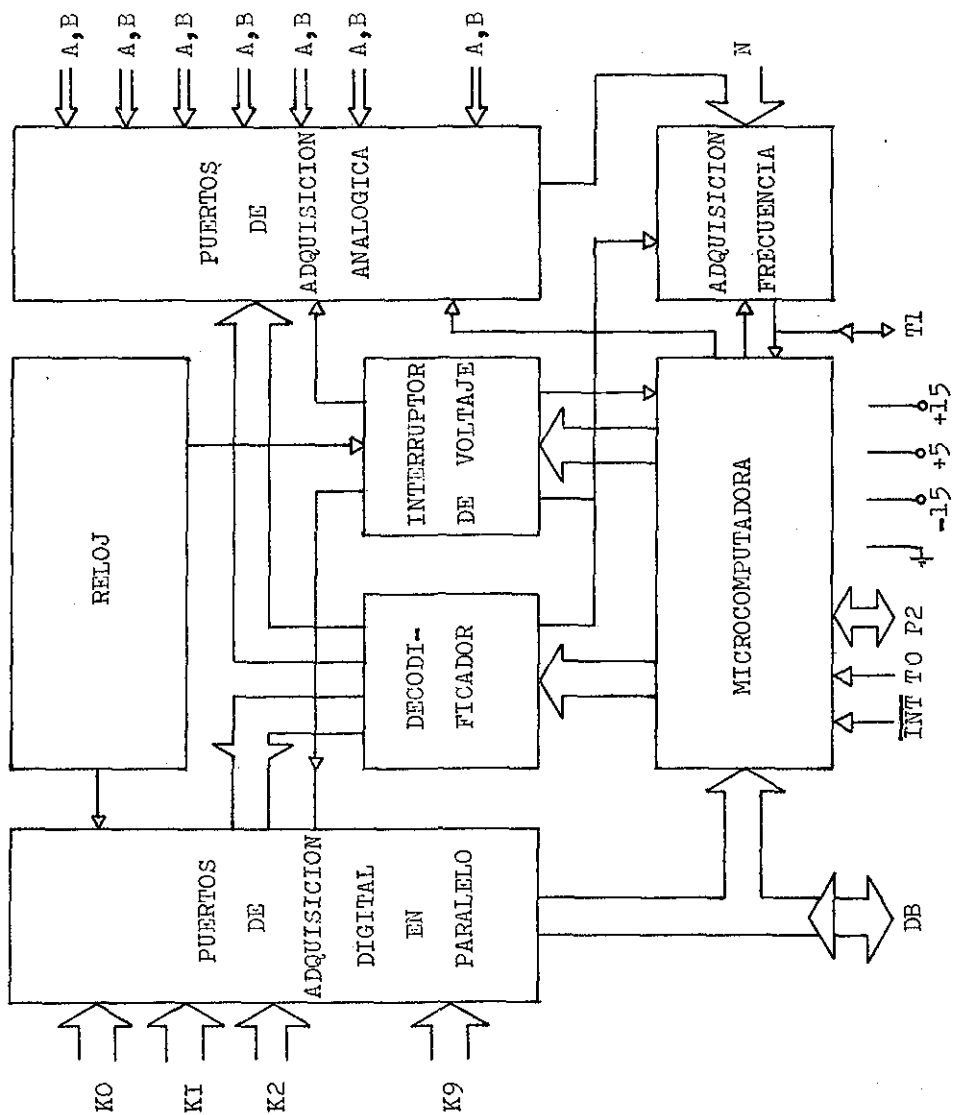


Figura 3.1

Una vez que la micro termina con la adquisicion, esta se auto-apaga y el reloj continua contando a fin de determinar el tiempo de la siguiente lectura. Esta caracteristica - es de vital importancia principalmente cuando el sistema opera unicamente en base a un banco de bateria.

Como la microcomputadora 8748 solamente tiene 27 lineas de entrada/salida, para controlar el sistema, muchas de ellas realizan una doble funcion, lo cual dificulta un poco - entender su funcionamiento, a pesar de que este es muy sencillo.

Basicamente el sistema de adquisicion, funciona de la siguiente manera: La microcomputadora direcciona el puerto que desea accesar y se prepara para recibir la informacion la cual esta contenida en el bus de datos si el puerto accesado es un puerto digital o bien, en la linea T1 de la microcomputadora, si la informacion accesada es una senal analogica o una senal digital por frecuencia.

Para poder llevar a cabo la adquisicion de datos, - la microcomputadora maneja a traves de sus puertos de entrada/salida; las senales de control y tiempo de la adquisicion - analogica, las senales que provocan el borrado de algunos contadores y los interruptores de voltaje mediante los cuales la - micro controla la polarizacion de voltaje de las diferentes - partes del sistema.

El reloj y los tres puertos de proposito definido, son las unicas partes del sistema que siempre permanecen polarizadas.

### 3.1 Reloj.

La función del reloj, es generar las señales de tiempo necesarias para el funcionamiento del sistema. Específicamente, son tres las señales que se requieren (S0 - S2), el reloj tiene un cristal de cuarzo como base de tiempo.

La figura 3.2 muestra la configuración que tiene el circuito del reloj.

Las señales S0 - S1, son trenes de onda cuadrada - que se utilizan para el muestreo de la información en uno de los puertos de adquisición en paralelo de propósito definido, que se describe más adelante.

La señal S2, presenta un frente de onda positivo - cada vez que se va a realizar una adquisición de datos, la presencia de este frente de onda, provoca el disparo de un flip-flop, el cual enciende el interruptor de voltaje SVO que polariza a la microcomputadora, el alambrado de la micro, está diseñado de tal forma, que cuando se polariza el circuito se comienza a ejecutar el programa desde la localidad cero de memoria (RESET).

El frente de onda negativo de esta señal, provoca un incremento de uno en el contador de localidades.

La señal S4 es activada de dos formas; indirectamente por la microcomputadora a través de S3 o bien, por medio de la señal C319 que es manejada externamente vía el conector C3, (ver Capítulo 4, inciso 1).

Un nivel lógico alto en S4 provoca que los contadores IC21 e IC22 sean limpiados con el fin de preparar al reloj para la siguiente lectura, limpiar contadores causa un frente de onda negativo en la señal S2, y por lo tanto un incremento

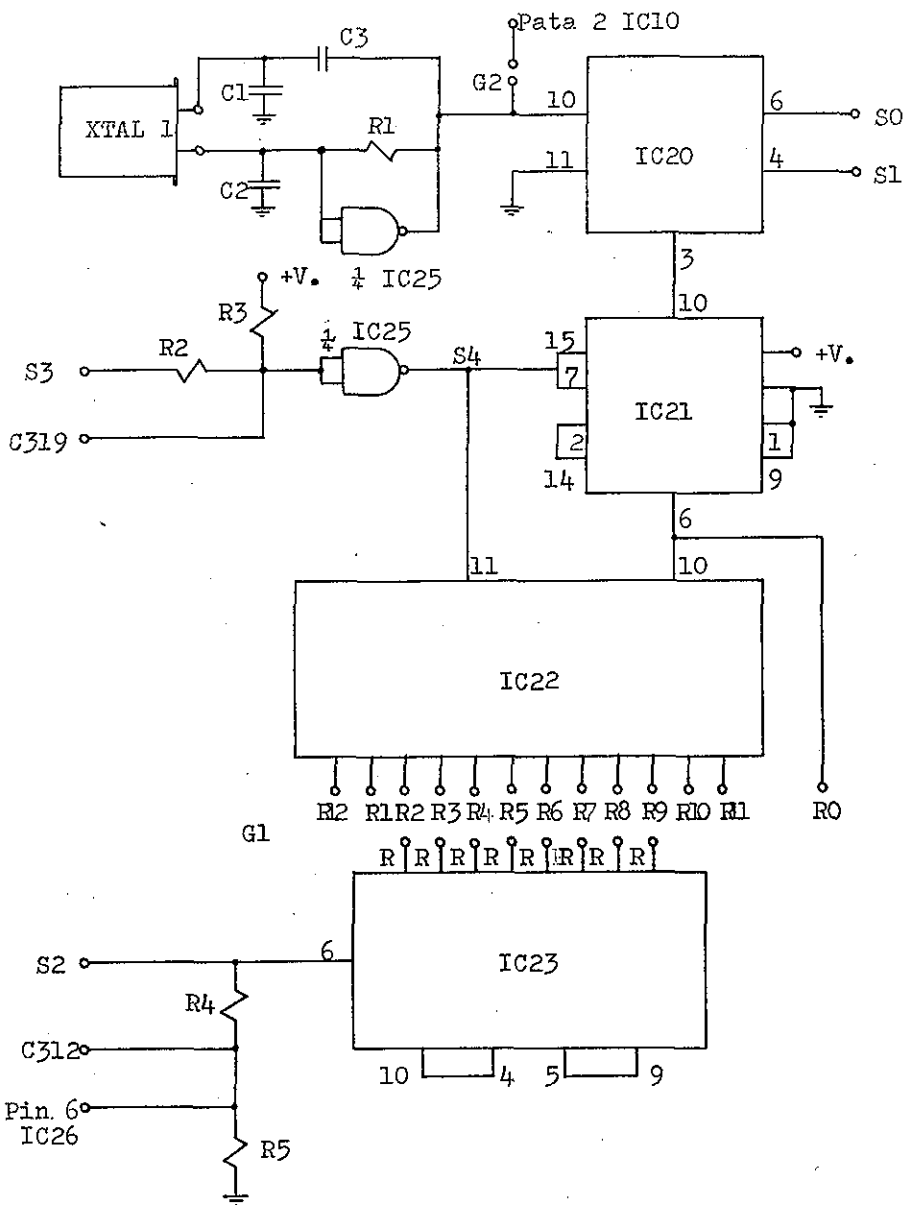


Figura 3.2

en el contador de localidad. La senal S4 tambien es mandada a uno de los puertos de proposito definido.

La seleccion de los tiempos de muestreo de la estacion, es realizada al alambrar los puentes G1, esto es, las senales R de IC23 con las 13 senales (R0 - R12) de los circuitos IC21 e IC22. Estas senales son trenes de onda cuadrada con periodos de tiempo que van desde 1 segundo en R0 hasta - 4 096 segundos en R12.

La seleccion de tiempo se realiza de la siguiente manera: Primero, se determina  $T_m$  en segundos, donde  $T_m$  es el tiempo entre muestreo; Segundo, se obtiene  $2T_m$  como la suma de periodos de las senales R0 - R12; Y por ultimo se puntúan las senales de la sumatoria con las lineas R de IC23.

Debido a que solo existen siete lineas R en IC23 no todas las combinaciones de tiempos de muestreo pueden ser obtenidas, por otro lado, cuando el numero de senales R requerido es menor a siete, las R sobrantes deben conectarse a los puntos de voltaje dispuestos en el circuito para ese fin, esto como prevision a que el ruido externo no se introduzca en el circuito.

La tabla 3.1 muestra los valores de los periodos de las senales R0 - R12.

<u>N O M B R E</u>	<u>PERIODO EN SEGUNDOS</u>
R0	1
R1	2
R2	4
R3	8
R4	16
R5	32
R6	64

<u>N O M B R E</u>	<u>PERIODO EN SEGUNDOS</u>
R7	128
R8	256
R9	512
R10	1024
R11	2048
R12	4096

Tabla 3.1

Por ejemplo para hacer muestreos cada hora:

$$\begin{aligned} T_m &= 3\ 600 \text{ seg.} \\ 2 T_m &= 7\ 200 \text{ seg.} \\ 2 T_m &= R12 + R11 + R10 + R5. \end{aligned}$$

Y por lo tanto las líneas R12, R11, R10, y R5 - han de conectarse con los puntos R de IC23, las dos R que sobran se conectan a un nivel de voltaje alto.

El maximo tiempo entre muestreos que se pueden obtener de esta forma es de 4 064 segundos (1 hora, 7 minutos, 44 segundos).

Existe la posibilidad de generar intervalos mas largos, pero el metodo a seguir es mas complicado y requiere de la accion del contador de localidad, asi como tambien de la microcomputadora.

Se cita un ejemplo para que la idea quede clara; - supongamos que se desea muestrear cada dos horas, para lo cual el alambrado de G1 queda igual que para el caso de lecturas cada hora, supongamos tambien que se ha reseteado el sistema. La diferencia esta en que la primera vez que se enciende la microcomputadora, esta lee el dato de localidad, si la lectura es un numero par (esto es, si es OOH para la primera lectu-



ra), la micro manda un pulso para limpiar el reloj y apaga al SVO.

El pulso que limpia el reloj, como ya se dijo, provoca que el contador de localidad se incremente. Así, para la siguiente vez que se encienda la microcomputadora y lea la localidad, esta sera un numero non (01H en este caso), lo cu al indica que ya han transcurrido dos horas y que es momento de realizar la adquisicion.

Como se puede ver, usando este metodo, se puede obtener tiempos de adquisicion largos con el inconveniente de - que se desperdicia capacidad del contador de localidad, asi - como tambien potencia en el encendido de la microcomputadora.

Se debe hacer notar, que inmediatamente que la micro es polarizada, una de las primeras senales a generar es S3, tal que el contenido de los contadores sea borrado, ya - que si no, despues de transcurrido Tm, la senal S2 (debido a que IC23 es una compuerta AND), sigue a la senal RO - R12 - con periodo mas corto que haya sido mas utilizada, y esto - puede ocasionar incrementos extras en el contador de localidad.

Como ya se ha dicho en varias ocaciones, la finalidad del diseno del SAD aqui descrito, es la de lograr un sistema realmente de proposito general. Para lograrlo, es necesario que el diseno sea hecho de tal forma que el circuito - pueda ser modificado para satisfacer un gran numero de aplicaciones, sin tener que modificar la tarjeta de circuito impreso. Dichas modificaciones se pueden llevar a cabo por medio de el alambrado de puentes (gap G) en la tarjeta, o bien, por armar o no, ciertas partes del circuito.

Por ejemplo, cuando la adquisicion o el procesado - de los datos no requiere de la microcomputadora un ciclo de - instrucciones de 2.5 mmseg., obtenido cuando XTAL 2 es un cristal de 6Mhz., es posible evitar el uso de este cristal, si en su lugar se alambra el puente G2 con la pata 2 de IC10, el cu al proporciona a la microcomputadora la senal de tiempo necesaria. El alimentar a la microcomputadora con la frecuencia del XTAL 1 (1 638 400 hz), provoca que el ciclo de instruccion sea de 9,155 mmseg. Cuando se ha seleccionado este modo de - operacion, la pata 3 de IC10 se deja sin conectar.

Como se indica al principio del capitulo, existe la posibilidad de dejar permanentemente polarizada la microcomputadora, cuando este es el caso, el armado de la tarjeta puede variar de acuerdo a las necesidades: Analicemos algunos casos:

Cuando la microcomputadora debe permanecer polarizada por alguna razon, pero su tiempo no esta saturado tal que la micro puede manejar un contador de tiempo para determinar los tiempos de adquisicion y otro contador mas, para llevar la cuenta de las lecturas, y si ademas de esto, el sistema no - utiliza uno de los puertos de proposito definido, tal que, no es necesaria la generacion de las senales S0 - S1, el alambrado de la tarjeta queda simplificado ya que no se requieren los circuitos IC20 - IC24, ni el XTAL 1.

A partir de esta configuracion, se pueden analizar otras configuraciones; si es necesaria la generacion de las - senales S0 - S1, debido a que se desea utilizar el puerto de proposito definido, basta alambra el puente G2 con la pata 2 de IC10 y colocar el circuito IC20, tal que la generacion de

S0 - S1 se hace a partir de la senal del XTAL 2 de la microcomputadora.

Otra configuracion se obtiene cuando no se desea que la micro lleve el contador de localidad, para lo cual, es necesario hacer un puente entre la pata 11 de IC22 y la pata 6 de IC23 y colocar el circuito IC24, tal que cada vez que la microcomputadora accesa S3, el contador de localidad se incrementa en uno, esto es, la micro hace las funciones del reloj pero no las del contador de localidad.

Otro caso es cuando la micro realiza las funciones del contador de localidad, pero no de las del reloj, la configuracion del circuito es diferente. Internamente la micro lleva el contador de localidad en uno de sus registros de memoria, en esta configuracion el problema es conocer el tiempo en que se deben acceder los circuitos del reloj que son los que contienen la informacion.

El acceso de la senal S2 del reloj, se lleva a cabo puentando el pin 6 de IC26 con la pata 38 de IC10 (P 27). - Asi, para saber el tiempo en que se ha de muestrear, solo se deben realizar lecturas al puerto P2 de la microcomputadora, lo cual es muy sencillo y no toma mucho tiempo.

Una ultima opcion, es cuando aunque la micro esta polarizada, tiene tanto sus registros como su tiempo saturados, tal que no es posible que ejecute las acciones del reloj ni el contador de localidad. Para este caso, se arma el reloj y la localidad en el circuito impreso y se determinan los tiempos de lectura de datos, de la misma forma que en el caso anterior.

### 3.2 Adquisición digital en paralelo.

Debido a las características de la electrónica digital y al auge que esta ha tenido en los últimos años, se ha empezado a desarrollar una nueva modalidad de sensores que en lugar de proporcionar una señal analógica a su salida, entregan una señal digital.

Actualmente existen en el mercado sensores que a su salida proporcionan frecuencias, número de pulsos, señales codificadas hasta palabras en paralelo que indican el valor del parámetro sensado.

Es por esta razón, por la cual se ha dotado al SAD aquí descrito con la capacidad de aceptar algunos tipos de información digital. Aunque internamente en el SAD se manejan datos de 8-bits, el sistema tiene capacidad de aceptar palabras con otras longitudes.

El SAD tiene capacidad de direccionar hasta 16 puertos de adquisición en paralelo, de los cuales, solamente nueve están contenidos en la tarjeta (K0 - K7, K9). La configuración de estos puertos está mostrada en la figura 3.3.

Esta sección del sistema está formada por los circuitos IC1 - IC9, los cuales son registros de 8-bits con capacidad de tercer estado en sus salidas. Las señales S10 - S17 y S19, provienen de un decodificador de 4 a 16 líneas con salidas activas bajas (IC19).

Un cero en S10 habilita a IC1 y deshabilita a los demás circuitos, tal que la información presente en K00 - K07,

es transferida al bus de datos de la microcomputadora DB0 - DB7. Por lo tanto, cuando se desea hacer una lectura de datos de alguno de estos puertos, basta con direccionar al puerto deseado y tomar la información del bus de datos.

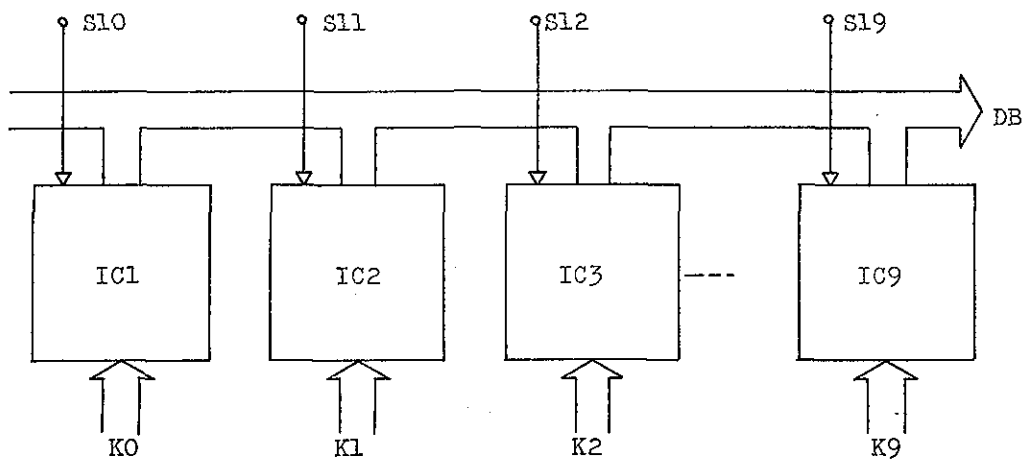


Figura 3.3

De los nueve puertos que están contenidos en la tarjeta, K9 está dedicado exclusivamente a la localidad de lectura, y por lo tanto no existe acceso externo a las líneas K90 - K97.

Dos puertos más K0 y K1 son de propósito definido con conexión interna o bien, si no se utiliza, se puede usar como puertos de propósito general ya que se tiene acceso desde el exterior a sus entradas.

Los restantes seis puertos K2 - K7 son exclusivamente de propósito general, y sus entradas están presentes en los conectores C1 y C2. La tabla 3.2 muestra las direcciones con que son accedidos cada uno de los puertos digitales en paralelo.

<u>PUERTOS</u>	<u>DIRECCION MICRO</u>	<u>PROPOSITO</u>
K0	P1 = 10H	Definido
K1	P1 = 11H	Definido
K2	P1 = 12H	General
K3	P1 = 13H	General
K4	P1 = 14H	General
K5	P1 = 15H	General
K6	P1 = 16H	General
K7	P1 = 17H	General
K8	P1 = 18H	General (extension)
K9	P1 = 19H	Localidad de lectura.

Tabla 3.2

Debido a que los circuitos que se utilizaron para construir el sistema son del tipo C-MOS, (a excepción de la microcomputadora y algunos en la sección analógica), las entradas tienen las características propias de esta familia.

### 3.3 Adquisición digital en paralelo de propósito definido.

Como se expuso anteriormente, de los nueve puertos existentes en la tarjeta de circuito impreso, tres son de propósito definido.

El puerto K9 esta dedicado exclusivamente a acceder el dato contenido en el contador de lecturas. La figura 3.4 nos muestra la configuracion de este puerto.

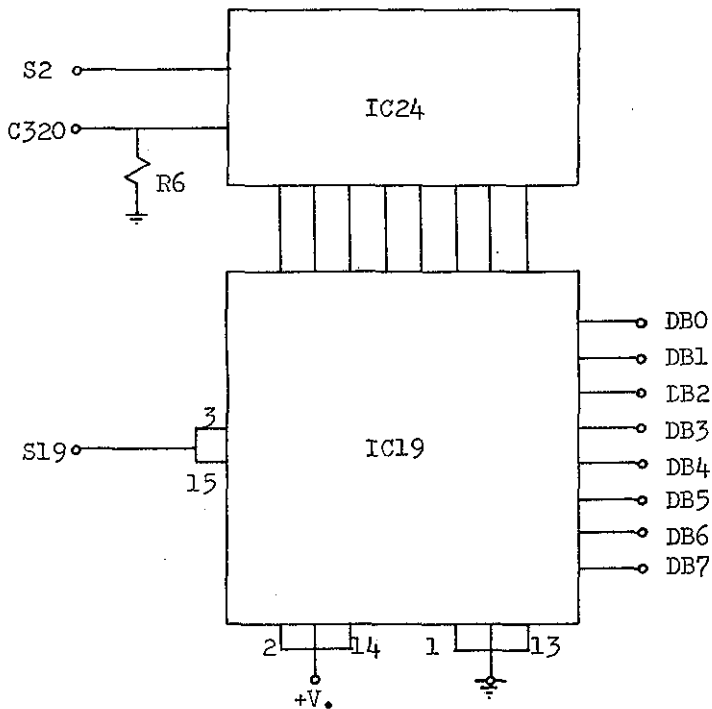


Figura 3.4

La funcion de este contador es la de llevar la cuenta del numero de lecturas que se han realizado y proporcionar selo a la microcomputadora para que este grabe o trasmita -

la informacion con una etiqueta de identificacion. La utilidad que proporciona esta etiqueta, es que en el momento de recuperar la informacion, se tiene una etiqueta de identifica-cion por cada bloque de datos.

Un cero en la senal S19 habilita a IC9 tal que, el dato del contador de lecturas IC24 aparece en el bus de datos de la microcomputadora. Cuando S19 se encuentra en estado uno logico, las salidas del IC9 se ponen en alta impedancia (tercer estado).

La senal C320 es de acceso externo, esto es, es ma-nejada a traves del conector C3 desde el exterior. Un uno en esta linea, ocasiona el borrado del contador de lecturas y se utiliza solamente para inicializar la operacion de SAD. La -resistencia R6 mantiene la senal C320 en un cero logico cuan-do no existe senal.

Un frente de onda negativo en la senal S2 provoca que el contador IC24 incremente su cuenta en uno. Es impor-tante hacer notar, que existen dos posibilidades de hacer la lectura de localidad; la primera es lectura-despues cuenta, esto es, la micro lee el dato de IC24 antes de provocar el incremento de la cuenta. Y la segunda, cuenta-despues lee, donde la micro primero provoca el incremento en la cuenta borran-do el contenido del reloj y despues realiza la lectura del dato.

Los restantes dos puertos KO y K1 tienen la capaci-dad de poder funcionar como puertos de proposito general o de proposito definido segun sean las necesidades.



La selección del modo de operación, se realiza en el armado de la tarjeta de circuito impreso. Cuando el puerto KO se utiliza como puerto de propósito definido, este permite a la microcomputadora acceder la información de un decodificador de dirección de 8-bits incluido en el SAD.

El funcionamiento del decodificador de direcciones es a partir de tres señales Q0 - Q2, las cuales provienen del exterior, vía las patas 7, 6 y 5 del conector CO respectivamente.

Las señales Q0 y Q1 son dos señales cuadradas defasadas  $90^\circ$ , tal que la secuencia de estados lógicos que presentan es igual a la secuencia de estados del código Grey reflejado de 2-bits.

En la figura 3.5 se muestra un diagrama de tiempos de las señales Q0 y Q1. Se puede apreciar que a partir de un estado, la cuenta hacia arriba o hacia abajo está determinada por el cambio de uno de los bits solamente.

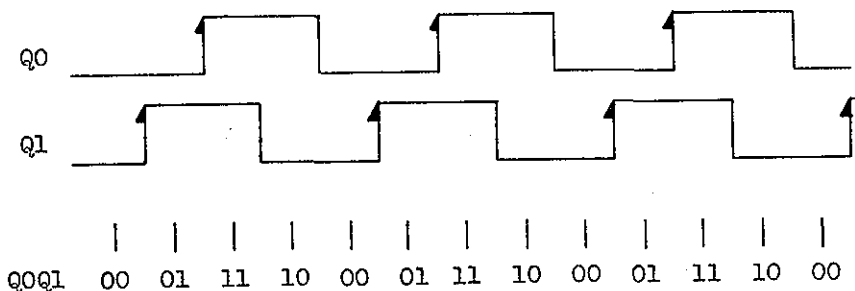


Figura 3.5

El decodificador de direcciones incluido en el SAD, hace uso de estas señales para manejar un contador binario na

tural de 8-bits.

La obtencion de estas senales se puede realizar de dos formas:

- a) Con dos sensores alineados y dos marcas de fasadas.
- b) Con dos sensores defasados y una sola marca.

Las figuras 3.6 y 3.7 nos muestran los esquemas para la obtencion de la secuencia Grey.

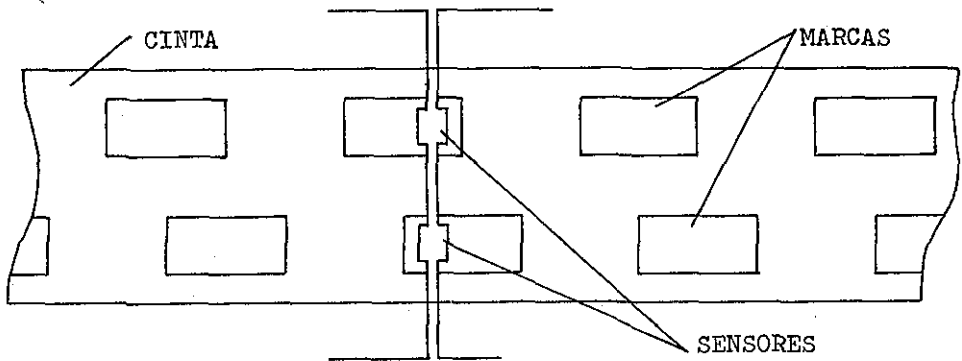


Figura 3.6

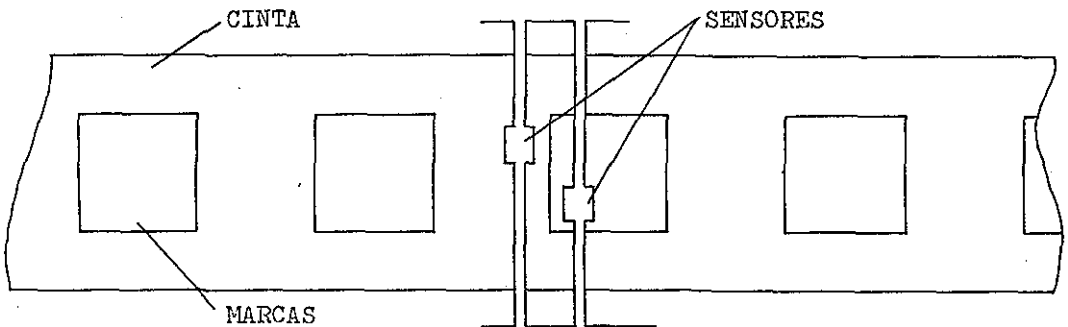


Figura 3.7

Cuando la cinta es de forma circular, y se utilizan como aquí 8-bits para codificar la direccion, la precision que se obtiene es de casi  $1.4^{\circ}$  por estado y solamente se requiere de una cinta circular con 64 marcas y de dos sensores.

La ventaja que tiene este decodificador sobre el convertidor Grey a binario, es la de que solamente necesita dos lineas para la decodificacion, mientras que con el convertidor Grey se requiere de las 8 lineas en el caso de 8-bits, ademas de una cinta circular con 8 trayectorias y de 8 sensores.

La figura 3.8 muestra el diagrama del decodificador de posicion, asi como tambien, la configuracion del puerto KO,

Los circuitos IC12 e IC13 son contadores hacia arriba/abajo, los cuales llevan la cuenta del desplazamiento relativo entre la cinta y los sensores. La logica combinacional tiene como funcion decodificar el cambio de bits y determinar el sentido de la cuenta.

El circuito IC14 es utilizado como muestreador, esto es, cada vez que ocurre un frente de onda positivo en la senal S1 proveniente del reloj un nuevo par de datos Q0 y Q1 son alimentados al circuito combinacional. La senal S0 tambien proviene del reloj y es dos veces la frecuencia de S1, como se muestra en la figura 3.9.

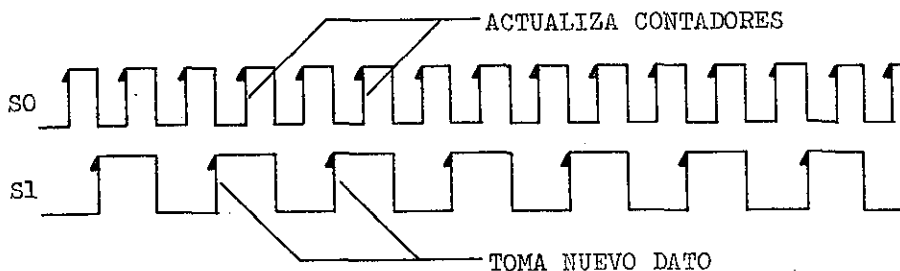


Figura 3.9

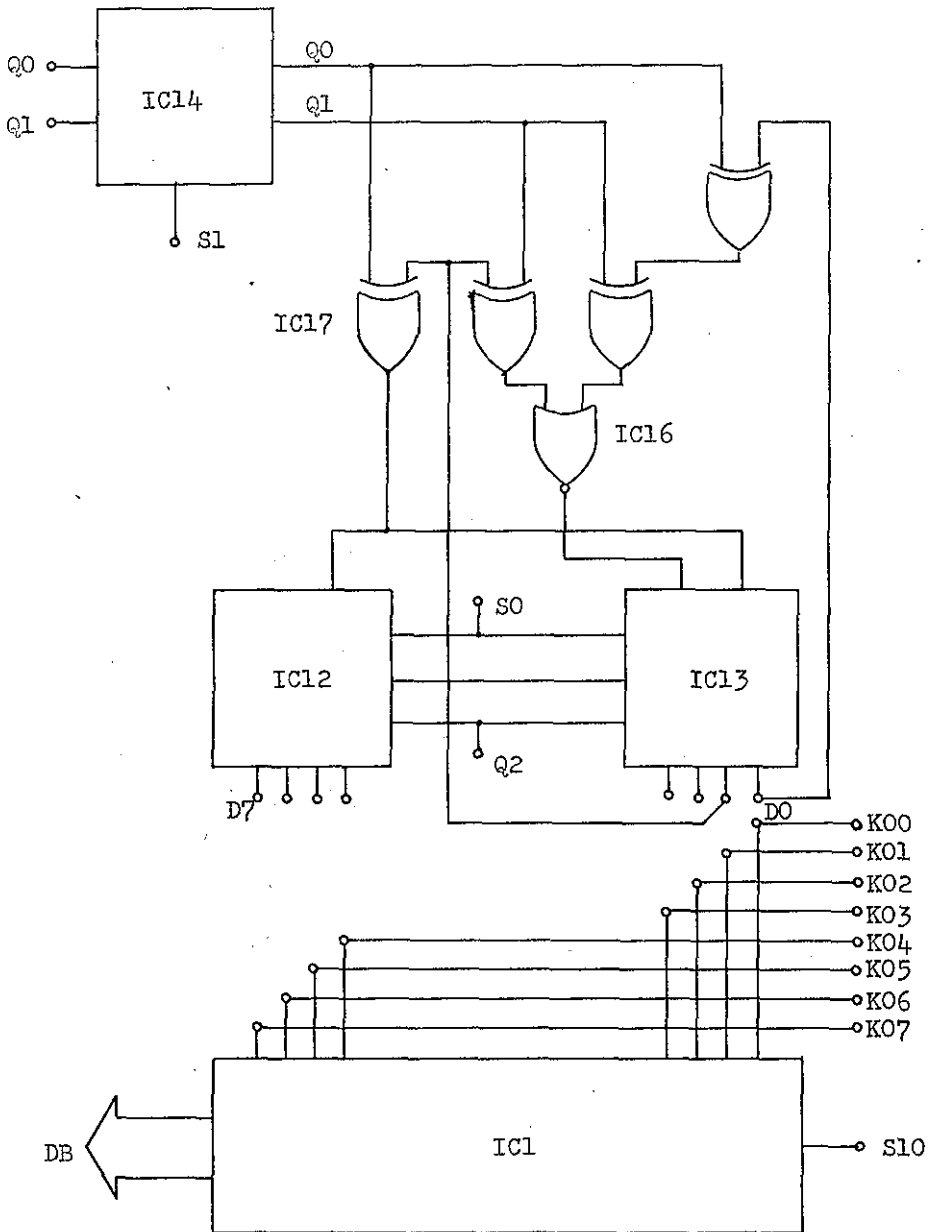


Figura 3.8

El circuito combinacional, decide la accion del - contador en base al estado anterior y al nuevo dato de Q0 y Q1, dicha accion puede ser; contar hacia arriba, hacia abajo o bien, permanecer en estado actual. Una vez hecha la decision, esta se ejecuta con el primer frente de onda positivo de S0 siguiente al frente de onda positivo de S1.

Las senales D0 - D7, son el dato en paralelo a la - salida de los contadores. Para cuando se utiliza este decodificador, es necesario colocar puentes en estas senales y las K00 - K07 del puerto KO, deshabilitando estas ultimas del conector CO de entrada.

Un uno logico en la senal Q2, provoca que los contadores IC12 e IC13 se limpien, tal que las senales D0 - D7 presenten un nivel logico bajo. Esta linea puede servir como un corrector de cuenta, tal que, si se produce cuando Q0 y Q1 - con ceros y solamente en un lugar determinado de la cinta, - cualquier error de la cuenta, debido a ruido o falla en la - fuente de poder, queda eliminado al producirse esta senal.

La figura 3.10 muestra un esquema de la disposicion de los sensores y la cinta del codificador haciendo uso de la senal Q2.

La senal Q2, tambien puede ser manejada externamente, tal que la ubicacion del origen puede ser movida a lo largo de la cinta. Es importante hacer notar que esto funciona correctamente solo cuando el estado al cual se desea trasladar el origen es un multiplo de cuatro ( $D0 = D1 = 0$ ). Cuando la cuenta es  $4N + 1$  ( $D0 = 1, D1 = 0$ ), donde N es un numero entero positivo, el numero resultante sera 01H y el origen quedara -

defasado una posición. Un resultado similar se obtiene si Q2 se aplica cuando la 4N-1 ( $DO = 1$ ,  $D = 1$ ), el número ahora resultante será FFH y el origen quedará defasado también una posición, pero en el otro sentido.

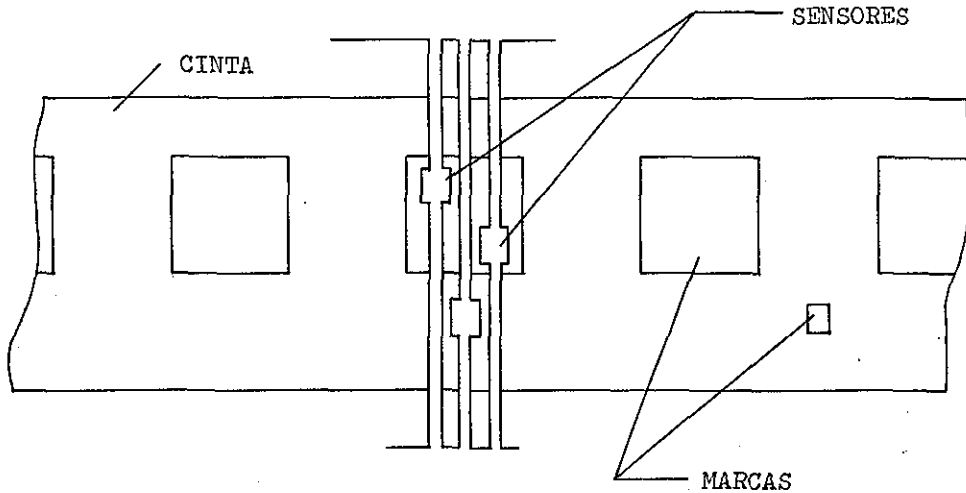


Figura 3.10

Debido a que las señales Q0 y Q1 se están muestreando con la señal S1 del reloj, y esta tiene una frecuencia de 12.8 Khz, (cuando XTAL1 es de 1 638 400 hz.), el contador puede seguir a las señales Q0 y Q1 cuando estas no excedan una frecuencia de 3.2 Khz., esto es, deberán permanecer en cualquier estado lógico (00, 01, 11, o 10) al menos 78.125 mmseg.

Si el decodificador es usado en una cinta circular para determinar desplazamientos angulares, y si se utilizan los 8-bits del contador, la velocidad máxima que admite el sistema es de 50 revoluciones por segundo (3 000 rpm.).

Si la senal S1 ha sido derivada del XTAL2 de la microcomputadora, el cual oscila a 6 Mhz., la velocidad maxima es de aproximadamente 180 rps..

El otro puerto de proposito definido K1, permite a la microcomputadora acceder la informacion de un circuito dedicado a la obtencion del promedio del numero de pulsos de una senal.

El puerto K1 al igual que el puerto KO, cuando son armados en la tarjeta de circuito impreso, quedan polarizados permanentemente, tal que, aunque el sistema este en condiciones de reposo, estos dos puertos de proposito definido permanecen trabajando.

La figura 3.11 muestra el diagrama del promediador de pulsos, asi como tambien del puerto K1.

El numero de pulsos a promediar, esta presente en la senal Q3, la cual introducida al sistema por medio de la pata 8 del conector CO.

El circuito para la obtencion del promedio, esta disenado, tal que satisfaga la ecuacion:

$$A = \frac{1}{B} \sum C$$

Donde A es un numero entero positivo representado con 8-bits,  $\sum C$  es el numero total de pulsos alimentados al sistema de un tiempo determinado y B es un numero entero que se determina cuando se alambran los puentes A1 - A15. Esta

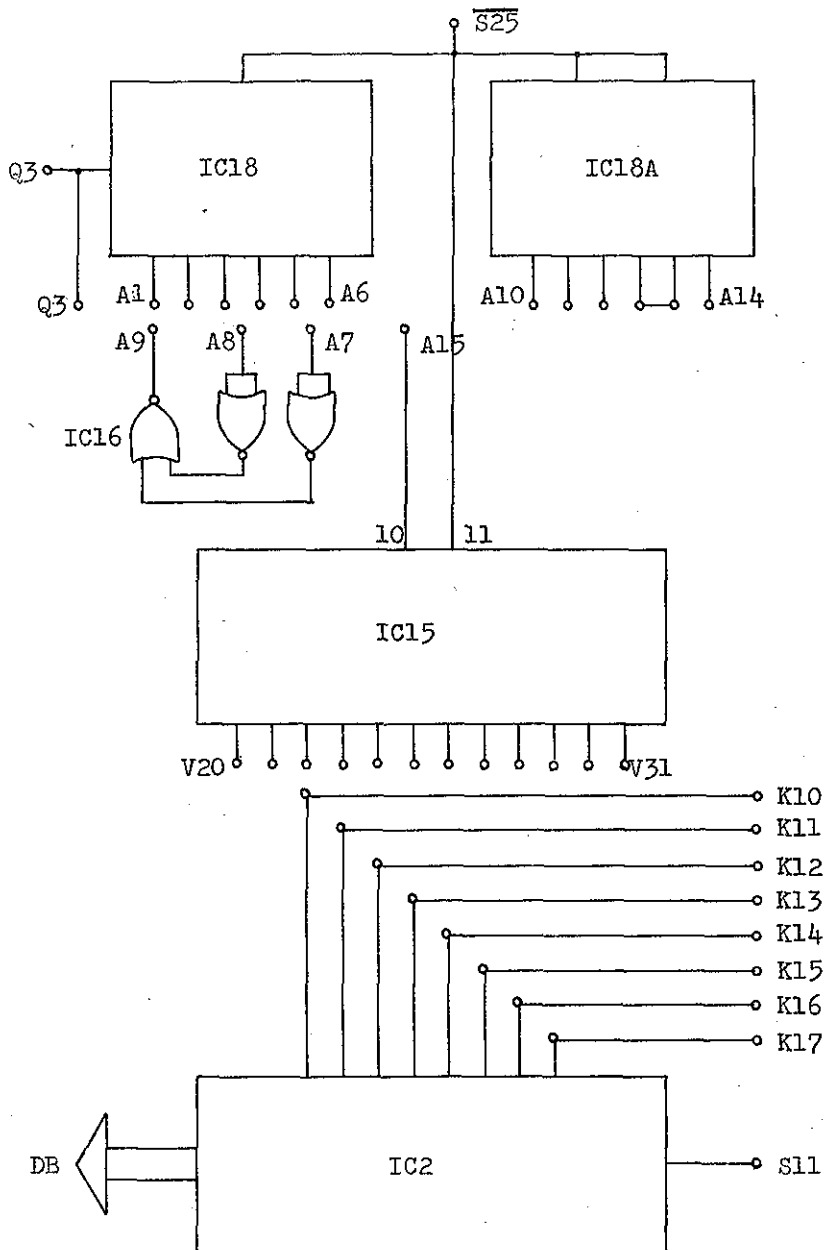


Figura 3.11



posibilidad se dejó abierta con el fin de poder obtener un mayor número de variaciones.

Debido a que el circuito IC15 es un contador binario de 12 estados, es posible obtener divisiones extras por 2, 4, 8, y 16 dependiendo del alambrado que se haga de V20-V31 a K10-K17.

La tabla 3.3, muestra las posibilidades de alambrado de los puentes y el factor de división de la señal de entrada Q3 que se obtiene.

<u>GRUPO</u>	<u>ENTRADA</u>	<u>SALIDA</u>	<u>FACTOR</u>	<u>PUENTES</u>
1	-	A6	2	A1 - A6.
1	-	A6	3	A1 - A7, A2 - A6, A9 - A6.
1	-	A6	4	A2 - A6.
1	-	A6	5	A2 - A7, A3 - A8, A9 - A6.
1	-	A6	6	A3 - A6.
1	-	A6	7	A3 - A7, A4 - A8, A9 - A6.
1	-	A6	8	A4 - A6.
1	-	A6	9	A4 - A7, A5 - A8, A9 - A6.
1	-	A6	10	A5 - A6.
2	A10	A12	2	A11- +V.
2	A10	A13	10	A11- +V.
3	A11	A12	2	A10- GND.
3	A11	A13	10	A10- GND.

<u>GRUPO</u>	<u>ENTRADA</u>	<u>SALIDA</u>	<u>FACTOR</u>	<u>PUENTES</u>
4	-	A14	10	
5	-	DBO-DB7	1	V20- V27 - K10- K17.
5	-	DBO-DB7	2	V21- V28 - K10- K17.
5	-	DBO-DB7	4	V22- V29 - K10- K17.
5	-	DBO-DB7	8	V23- V30 - K10- K17.
5	-	DBO-DB7	16	V24- V31 - K10- K17.

Tabla 3.3

En el grupo uno no aparece ninguna entrada, debido a que esta ya se encuentra implementada en la tarjeta del im preso mediante la conexi3n de Q3 en la pata 8 del conector C0 a la pata 14 del IC18, aunque tambien esta presente como un - punto de enlace en la tarjeta para cuando no se requiere del IC18.

Los grupos 2 y 3 no pueden ser utilizados al mismo tiempo debido a que los dos son el mismo circuito, la diferencia estriba, en que el grupo 2 realiza la cuenta con frentes de onda positivos (FOP), mientras que el grupo 3 lo hace con los frentes de onda negativos (FON).

Esta opcion se dejo abierta, por que el contador - IC18 del grupo 1, proporciona un FOP al termino de su cuenta y el contador del grupo 5, el cual contiene la informaci3n del promediador, trabaja con FON. En los casos que se requiera - el uso del grupo 1, es conveniente usar el contador del grupo 2, con el fin de evitar errores en la cuenta. Como ejemplo, el maximo error que se genera en la suma es de 5, cuando se - utiliza el contador del grupo 1 con un factor de 10.

Por ejemplo, se desea conocer el promedio por segundo del numero de pulsos que entran por Q3 a lo largo de 60 minutos, esto es en 3 600 segundos, por lo tanto, es necesario que el producto de los factores de los 5 grupos (o menos), nos resulte 3 600, un arreglo podria ser 9 x 4 x 10 x 10 donde:

GRUPO	1	=	x	9
GRUPO	2	=	x	10
GRUPO	4	=	x	10
GRUPO	5	=	x	4

Los puentes requeridos son:

A4 - A7, A5 - A8, A9 - A6  
 A6 - A10, A11 - +V  
 A4 - A15

Se utilizo el grupo 2 y no el 3, debido a que se utiliza como entrada al grupo 1, y por lo tanto los contadores se incrementan a cada frente de onda positivo de la señal Q3.

El maximo numero que se puede lograr de esta forma es de 10 x 10 x 10 x 16 = 16,000 y el minimo es x 1 cuando la señal Q3 es punteada directamente al nodo A15, en este caso, el contador avanza con frentes de onda negativos de Q3.

La señal S11 es manejada indirectamente por la microcomputadora y permite a esta acceder el dato del contador IC15 por medio del bus de datos DBO - DB7.

Un nivel alto en la señal S25 provoca que las salidas de los contadores IC15, IC18 e IC18A se vayan a cero logi

co, con el fin de limpiarlos e iniciar nuevamente la operacion.

La senal S25 es manejada indirectamente por la microcomputadora y cumple una doble funcion; la de limpiar los contadores del promediador y la de seleccionar el puerto K15 de adquisicion en paralelo cuando se requiere de la extension de puertos de adquisicion.

Otra opcion importante que posee el sistema y que puede ser facilmente implementada, es la de encendido por evento, esto es, en lugar de que el reloj genere la senal que provoca el encendido de la micro para que se realice la adquisicion de los datos, esta senal de encendido puede ser generada por alguno de los puertos de proposito definido a la ocurrencia de algun acontecimiento especial.

Por ejemplo; supongamos que el puerto KO esta dedicado al monitoreo de cierta maquinaria tal que esta opera comunmente con un desplazamiento comprendido entre 0EH - 7EH y se desean conocer ciertos valores de parametros cuando el desplazamiento alcanza como minimo el numero 80H, o sea, cuando el bit mas significativo del byte de informacion se prende, en este caso, basta con que se unan la linea D7 con la linea de encendido del interruptor de voltaje, para que a la ocurrencia de D7, se encienda la microcomputadora y realice la lectura de los datos.

### 3.4 Adquisicion digital en serie.

El sistema ha sido provisto con la capacidad de recibir y/o transmitir informacion en serie, con el fin de que

sea posible conectarlo con otros dispositivos para la transferencia de informacion o con otros sistemas de adquisicion del mismo tipo para poder establecer redes de adquisicion de datos.

La adquisicion de la informacion en serie, la lleva a cabo exclusivamente la microcomputadora valiendose de un programa en memoria cuya funcion es la de recibir el dato en serie, convertirlo a paralelo y procesarlo. La informacion es introducida a la micro via la pata T0, la cual se encuentra presente externamente en la pata 18 del conector C3. La razon por la que se escogio la pata T0 de la micro, es que en el conjunto de instrucciones de programa existen dos instrucciones que verifican directamente el estado de esta senal sin necesidad de direccionar puertos de entrada.

Debido a que la lectura del dato en serie es realizada por programa, el formato de la palabra y la velocidad de transmision pueden ser variados de acuerdo a las necesidades, requiriendose solamente algunos cambios en el programa.

Como la transmision es realizada por un solo par de cables, es aconsejable que la informacion contenga al menos un bit de inicio por byte transmitido, con el proposito de lograr una recepcion confiable.

Se pueden suponer dos casos diferentes cuando la microcomputadora realiza la adquisicion en serie: Uno, cuando la unica funcion que realiza es la de adquirir dicha informacion sin tener necesidad de compartir su tiempo y el otro caso, cuando el tiempo de la micro esta tan saturado, que es necesario compartirlo.

Actualmente el sistema ha estado trabajando con un formato de 8-bits de informacion, uno de inicio (1 logico), uno de fin de palabra (0 logico), y un bit de paridad par, a una velocidad de transmision de 1 200 bits por segundo y se estima que su relacion de error es mayor a  $10^6$ .

La figura 3.13 muestra el diagrama de flujo de un programa escrito para realizar la adquisicion en serie de la informacion. El programa es la traduccion del diagrama de flujo en mneumonicos propios para la microcomputadora 8748. Los retrasos generados por el anillo #1 y #2, han sido escritos de esta forma, con el fin de que se logre captar el funcionamiento del programa, pero pueden ser cambiados para que el espacio de memoria que ocupen sea menor.

La informacion recibida por T0, tiene un formato como el mostrado en la figura 3.12 y a una velocidad de 1 200 bits por segundo.

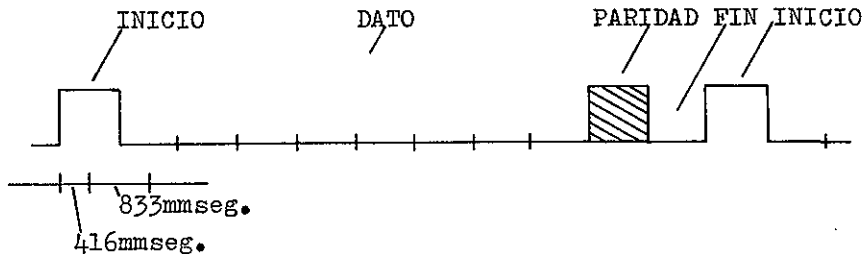


Figura 3.12

La duracion del anillo #1 debe ser tal, que el tiempo que transcurre entre la deteccion del bit de inicio en la lo-

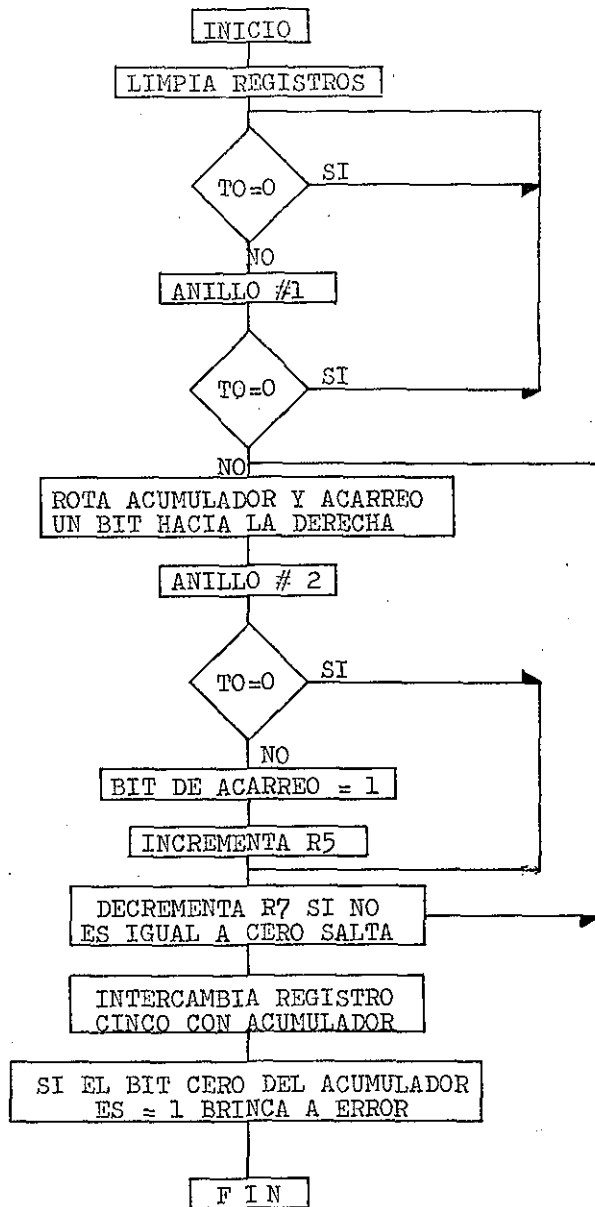


Figura 3.13

calidad 15H y la lectura del mismo en la localidad 23H, sea aproximadamente de 416 mmseg., esto es, que la lectura del dato sea realizada a la mitad de la longitud del bit.

Si al ejecutar esta instruccion se detecta que la linea TO en ese momento vale cero, la micro decide que posiblemente la senal que recibio al principio fue ruido y por lo tanto inicia nuevamente la espera. Si el nivel detectado es uno logico, da por bueno el bit de inicio y continua la lectura.

El anillo #2, tiene una duracion de aproximadamente el doble de tiempo del anillo #1 (833 mmseg.) de tal forma - que el muestreo del siguiente dato en la localidad 32H, se realiza casi a la mitad del siguiente bit.

A lo largo de la palabra, se va formando un error - acumulativo, el cual, en el peor de los casos, cuando se muestrea el bit de paridad, tiene una desviacion del centro del bit, menor al 1%. Este error no es acumulativo entre palabras, ya que cada nueva palabra genera su propio tiempo de muestreo.

El programa destruye el contenido del acumulador, - el bit de acarreo y los registros R2, R3, R4, R5, y R7, al final, el dato se encuentra en el registro R5 y si existe error se ejecuta un brinco a una subrutina llamada ERROR.

Inicialmente, se carga al R7 con el numero de bits que se desea leer, en este caso nueve (8 de datos y 1 de paridad). El registro R5 es utilizado para contar el numero de unos de la informacion leida, tal que si al final de la lectura el registro cinco contiene un numero non, (bit 0 = 1), de-



bio haber existido un error en la transmision/recepcion de la informacion, si el bit 0 = 0, se supone que no ha habido error. Se menciona la palabra suponer, debido, a que este tipo de de teccion de error, es eficaz, cuando el numero de bits inverti dos, es non, si el numero de bits es par, este metodo no lo- gra detectar el error.

<u>DIRECCION</u>	<u>MNEUMONICO</u>	<u>COMENTARIOS</u>
10H	MOV R7, #09	; Determina el numero de bits ; a leer.
12H	CLR C	; Limpia el bit de acarreo.
13H	CLR A	; Limpia el acumulador.
14H	MOV R5, A	; Limpia el registro 5.
15H	DIR 1: JNTO, DIR 1	; Detecta el bit de inicio.
17H	MOV R4, #P4	; Anillo # 1.
19H	MOV R3, #P3	
1BH	MOV R2, #P2	
1DH	DIR 2: DJNZ R4, DIR2	
1FH	DJNZ R3, DIR2	
21H	DJNZ R2, DIR2	
23H	JNTO, DIR 1	; Muestrea el bit de inicio ; a la mitad.
25H	DIR 3: RRC, A	
26H	MOV R4, #P7	; Anillo #2.
28H	MOV R3, #P6	
2AH	MOV R2, #P5	
2CH	DIR 4: DJNZ R4, DIR4	
2EH	DJNZ R3, DIR4	
30H	DJNZ R2, DIR4	
32H	JNTO, DIR 5	; Toma el dato.
34H	CPL, C	; Si TO = 1 haz C = 1.

<u>DIRECCION</u>	<u>MNEUMONICO</u>	<u>COMENTARIOS</u>
35H	INC R5	; Incrementa el contador de ; unos.
36H	DIR 5: DJNZ R7, DIR3	; Si no ha terminado, salta ; a DIR 3.
38H	XCH A, R5	; C = paridad transmitida y ; R5 = dato.
39H	JBO ERROR	; Salta a error si el numero ; de unos fue non.
	FIN	

PROGRAMA # 1

### 3.5 Adquisicion digital por frecuencia.

Actualmente se estan desarrollando gran cantidad de transductores que entregan a su salida, una senal en forma de un tren de pulsos, cuya frecuencia es proporcional al valor de su entrada.

Con el fin de que transductores de este tipo pudieran ser conectados directamente al sistema, se le doto de un puerto dedicado exclusivamente a la adquisicion de este tipo de senales.

Dependiendo de la informacion que se desea obtener de la lectura, se hizo la siguiente clasificacion:

- a).- Adquisicion de frecuencia: Dependiendo del rango de variacion de la frecuencia de la senal de interes, se fija un tiempo de muestreo  $t_f$ , tal que el

numero de pulsos  $p$  que se cuentan durante  $t_f$ , es -  
proporcional a la frecuencia de la senal muestreada.

Frecuencia muestreada =  $f_m = p/t_f$  (# pulsos/seg.).

- b).-- Adquisicion de tiempo de cuenta: Este caso es exac  
tamente el inverso del anterior, se determina el ny  
mero de pulsos  $p_f$ , tal que el tiempo  $t$  que tarda en  
contar  $p_f$ , es directamente proporcional al periodo  
de la senal e inversamente a su frecuencia.

Frecuencia muestreada =  $f_m = p_f/t$  (# pulsos/seg.).

Aunque por medio de las dos funciones es posible ob  
tener la frecuencia, cada una de ellas puede proporcionar in-  
formacion extra dependiendo del valor que se le asigne a la -  
variable independiente. Una aplicacion importante es cuando  
la senal muestreada, no es un tren de pulsos con una frecuen-  
cia dada, sino que la informacion esta contenida en el numero  
de pulsos. El uso adecuado del contador de eventos y de los  
accesos a este, pueden proporcionar al usuario, una herramien  
ta muy util en el analisis de senales no lineales.

En la figura 3.14 se muestra un diagrama de la confi  
guracion de los puertos que realizan la adquisicion digital -  
por frecuencia. Como se puede observar el SAD ha sido provis  
to con la capacidad de recibir hasta 8 diferentes senales por  
frecuencia, una de las cuales, es utilizada en la adquisicion  
analogica como se expone en el inciso de este capitulo.

La seleccion de la senal deseada es realizada por la  
microcomputadora via el circuito IC11, el cual es un multiplexor  
digital de 8 lineas a 1. La salida de este circuito es alimen

tada a la pata T1 de la micro, que como ya se dijo en el capítulo 2, puede ser programada como entrada a un contador de eventos interno al circuito.

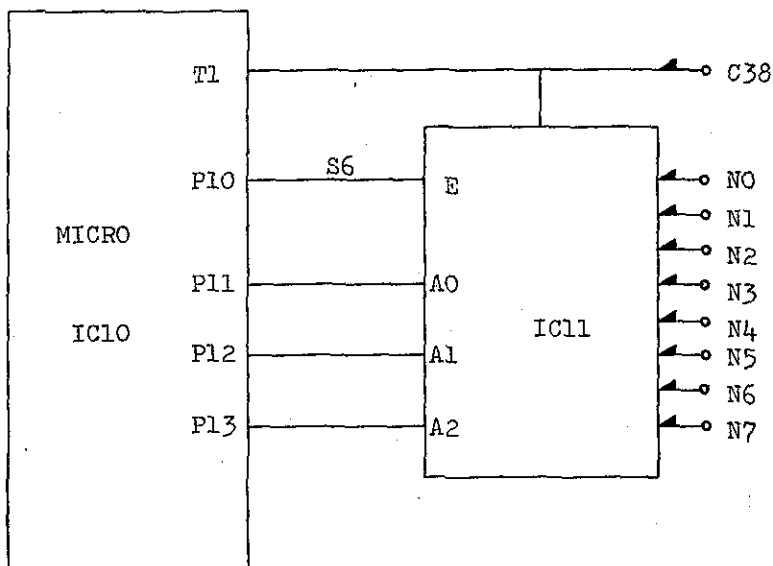


Figura 3.14

La señal S6 generada por la micro se utiliza para inhibir al multiplexor, tal que su salida presenta una impedancia muy alta ( tercer estado ), esto fue diseñado así, dado que la línea T1 también tiene acceso directo desde el exterior por la pata 8 del conector C3.

La figura 3.15 muestra el diagrama de flujo de un programa escrito para determinar la frecuencia de la senal que esta presente en la direccion X. Por simplicidad se supone que el rango de frecuencia de la senal es de 10 a 2 500 hz., tal que si se muestrea durante 0.1 segundos, el dato de salida es exactamente la frecuencia de la senal dividida por 10.

Si por alguna razon la cuenta realizada sobrepasa el nivel de 255 estados, el programa se interrumpe y la micro brinca a la subrutina de interrupcion del contador (TCI); en esta se suspende el conteo, se carga el contador con FFH y se regresa al programa principal.

Al termino del programa el dato de interes esta contenido en el contador, si el dato es FFH, indica que la frecuencia medida fue igual o mayor a 2 550 hz., y por lo tanto el rango de frecuencia seleccionado no fue el apropiado.

El programa #2, muestra la traduccion del diagrama de flujo a los mneumonicos propios de la 8748.

<u>DIRECCION</u>	<u>MNEUMONICOS</u>	<u>COMENTARIOS</u>
07H	TCI STOP TCNT	; Para el conteo.
08H	MOV A, #FF	
0AH	RET	; Regresa al prog. principal.
10H	CLR A	
11H	MOV T, A	; Limpia el contador.
12H	ORL P1, #X	; Direcciona el puerto X.
14H	EN TCNTI	; Habilita la interrupcion.

<u>DIRECCION</u>	<u>MNEUMONICO</u>	<u>COMENTARIOS</u>
15H	STRT CNT	; Inicia la cuenta.
16H	MOV R7, #P7	; Anillo #1.
18H	MOV R6, #P6	
1AH DIR 1:	DJNZ R7, DIR1	
1CH	DJNZ R6, DIR1	
1EH	STOP TCNT	; Termina la cuenta.
	FIN	

## PROGRAMA # 2

El tiempo de duracion del anillo #1, es tal que el tiempo que transcurre entre el inicio de la cuenta en la direccion 15H y el fin de la cuenta en la localidad 1EH es de aproximadamente 100 mseg., por lo tanto, si la cuenta se inicia exactamente al final de la instruccion STRT CNT y se termina al final de STOP TCNT, la suma del anillo #1 mas la duracion de la instruccion STOP TCNT debe ser de 100 000 mseg..

Supongamos que la micro esta trabajando con un cristal de 6 Mhz., tal que el ciclo de instruccion es de 2.5 mseg., entonces como las instrucciones MOV Rr, #Pr y DJNZ Rr utilizan dos ciclos y la instruccion STOP TCNT solo uno, el anillo #1 debe durar exactamente:

$$\frac{100\ 000}{2.5} - 5 = 40,000 - 5 = 39\ 995 \text{ ciclos.}$$

El numero de veces que el anillo #1 ejecuta la instruccion DJNZ esta dado por la ecuacion:

$$R7 + R6 (B + 1) - B = \# \text{ instrucciones DJNZ.}$$

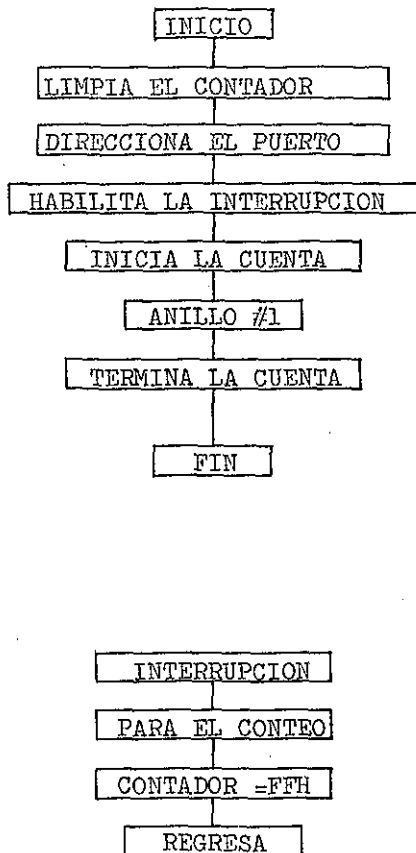


Figura 3.15

Donde B es la base del contador, en este caso 256. Si R7 o R6 son iguales a cero, entonces R7 o R6 = 256, debido a que la instrucción DJNZ primero decrementa y luego compara. Como esta instrucción utiliza dos ciclos, el número de veces que se debe de ejecutar la instrucción esta dado por:

$$\begin{array}{rcl}
 R7 + R6 (256) - 255 & = & \frac{39\ 995}{2} \\
 R7 + 256 R6 & = & 19\ 742 \\
 R6 & = & 77 \\
 R7 & = & 28
 \end{array}$$

Utilizando estos valores en el programa, se obtiene un error de 2.5 mmseg., que es un 0.0025% del tiempo total, lo cual no es significativo. Este error puede ser eliminado totalmente, si en el anillo #1 se coloca una instruccion de un ciclo de duracion, tal como una no operacion NOP. En la practica, los tiempos generados por los anillos pueden ser modificados por variaciones en la frecuencia de oscilacion del cristal, el cual, es recomendable que tenga una tolerancia maxima de variacion de frecuencia de  $\pm 0.005\%$ .

Por lo tanto, el error que puede tener el anillo #1 ocasionado por variaciones de frecuencia del cristal, puede ser hasta de 5 mmseg.. Para el peor de los casos, cuando los dos errores se suman, el muestreo del bit de paridad se realiza con una desviacion total de 67.5 mmseg., lo cual es menos del 10% de la duracion del bit.



### 3.6 Adquisición analógica.

El sistema tiene capacidad de adquirir información analógica contenida en el voltaje o la corriente de una señal, además, de que esta puede ser diferencial o referida a la tierra del circuito. El número de puertos de adquisición, puede ser expandido hasta 64 diferenciales o 128 referidos en la misma tarjeta, y hasta 256 usando las tarjetas de expansión.

La figura 3.16 muestra un diagrama de bloques de la sección dedicada a la adquisición analógica. En esta, se pueden apreciar básicamente cuatro bloques, cada uno de los cuales desarrolla una función específica.

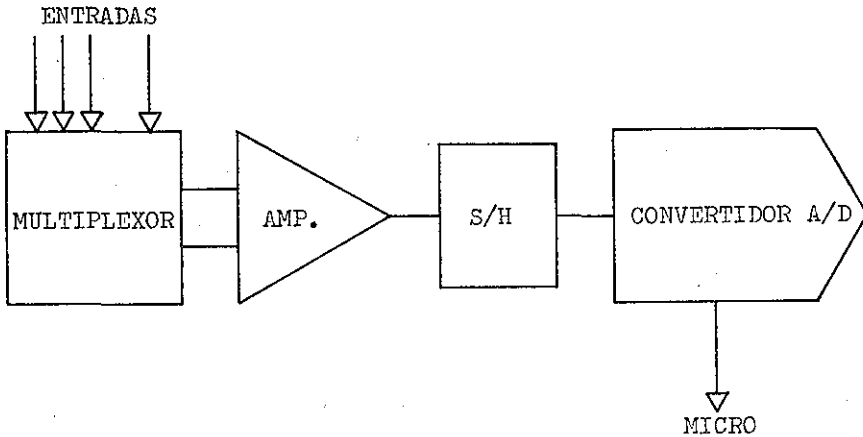


Figura 3.16

Debido a que el diseño del sistema solamente utiliza un muestreador de señales (sample/hold, S/H) y un convertidor analógico/digital, es necesario multiplexar en tiempo las señales analógicas de entrada para que puedan ser procesadas.

Falta

pag

75

La señal multiplexada es alimentada a un amplificador cuya ganancia es controlada por la microcomputadora. La salida de este amplificador, es muestreada por el S/H y retenida para que se realice la conversión analógico/digital y finalmente se entregue el dato a la micro para su procesamiento.

a).- Multiplexores analógicos.

La función de estos dispositivos es la de multiplexar en tiempo las señales analógicas de entrada, tal que solo una de ellas este presente a su salida en un tiempo determinado.

Debido a que las señales analógicas pueden ser diferenciales, es necesario que los multiplexores manejen por pares las líneas de entrada de datos. El sistema fue diseñado para aceptar solamente señales unipolares, por lo tanto el voltaje de la línea de entrada positiva (+), deberá ser siempre igual o mas positivo que el voltaje de la línea negativa (-), de tal forma que la corriente siempre fluya en el sentido correcto hacia el sistema.

Los multiplexores con que se diseño el circuito, no son diferenciales, por lo que es necesario utilizar dos multiplexores con las mismas señales de control y dirección para habilitar las líneas de entrada por parejas.

Como se utilizaron multiplexores de 16 líneas a 1, se requirio de un total de 8 multiplexores para poder acceder las 128 líneas (64 canales diferenciales). La figura 3.17, muestra el arreglo que se hizo de los multiplexores.

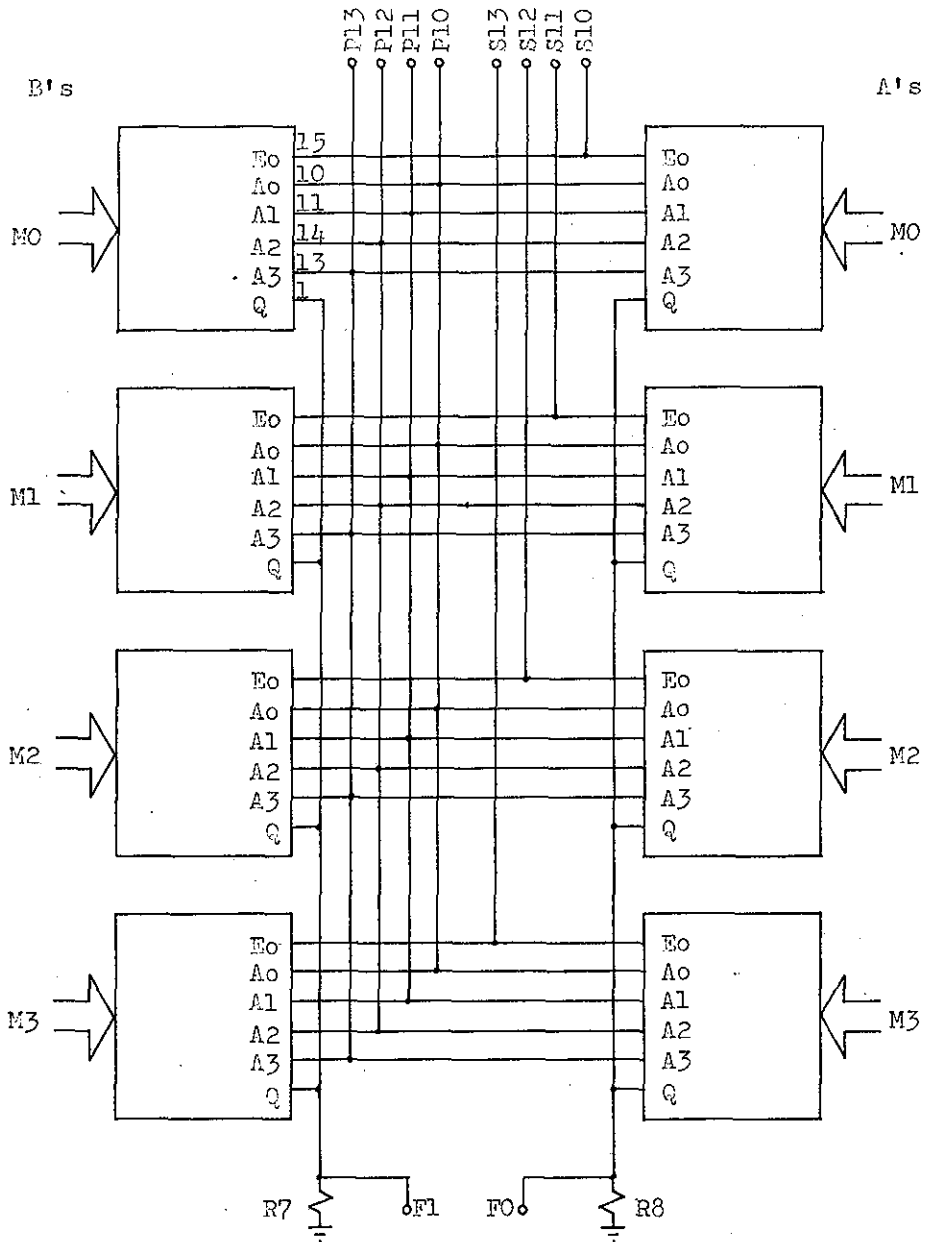


Figura 3.17

Se formaron cuatro grupos de 16 pares de canales cada uno, los multiplexores del lado izquierdo son los que manejan las líneas negativas (B) y los de la derecha, las positivas (A). El valor de las resistencias R7 y R8 depende del tipo de señales que se este manejando y de la configuración del amplificador.

Las señales S10 - S13 son las mismas señales que controlan los puertos de la adquisición digital en paralelo, generalmente mantienen un nivel de voltaje alto y solamente una de ellas se va a cero para habilitar un grupo de multiplexores mientras que los grupos restantes permanecen deshabilitados. Como se menciona en el capítulo 3 inciso 2, las señales S10 - S13, son manejadas por la micro a través del IC19, el cual es un decodificador de 4 a 16 líneas con señales "activa baja".

Las líneas P10 - P13, son señales que provienen del puerto 1 (P1) de la microcomputadora, la función de estas señales es la de seleccionar uno de los canales de entrada del grupo habilitado por S10 - S13, de tal forma que dada una combinación de señales P10 - P13 y S10 - S13, solo un par de canales es habilitado, tal que la señal de entrada (A, B) se hace presente a la salida (F).

Basicamente un multiplexor analógico es un conjunto de interruptores analógicos conectados con un polo común y manejados por un decodificador.

Un circuito equivalente de un interruptor analógico es el mostrado en la figura 3.18.

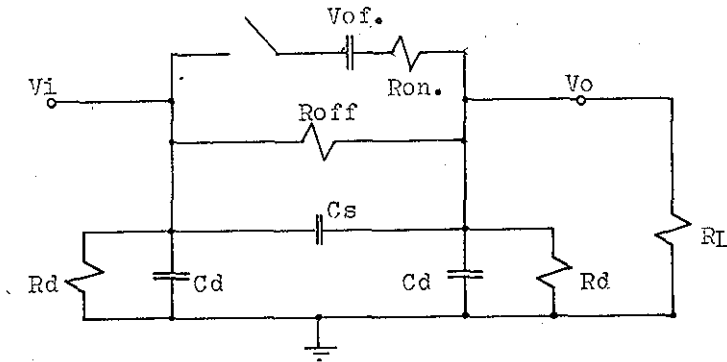


Figura 3.18

Generalmente las senales analogicas que manejan los SAD son de muy baja frecuencia y los tiempos de acceso a los canales son grandes, tal que el efecto causado por los capacitores CD y CS puede ser despreciado.

El valor de las impedancias resistivas RD, depende de la geometria del dispositivo, pero normalmente son muy grandes, tal que es posible despreciarlas sin introducir error. - Vof es el voltaje de offset, ocasiona el circuito que maneja al interruptor, el cual es casi nulo en dispositivos que emplean FET' o MOSFET's como interruptores. Por lo tanto el circuito equivalente se puede simplificar a la configuracion mostrada en la figura 3.19.

La impedancia que presenta el circuito cuando no esta habilitado es roff, lo cual es del orden de  $10^{10}$  ohms, por lo tanto, la corriente de fuga que entra al circuito es del orden de nA.

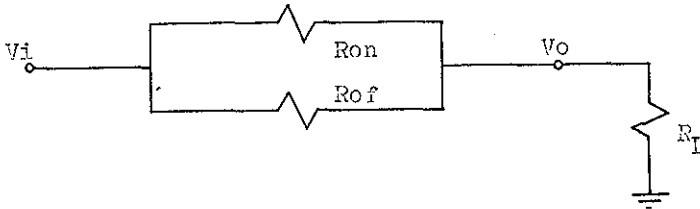


Figura 3.19

Cuando el circuito es habilitado, la resistencia  $R_{on}$  es conectada en paralelo con  $R_{of}$ , pero como  $R_{on}$  es mucho menor que  $R_{of}$ , la impedancia de entrada esta dada por  $R_{on}$ , la cual es del orden de 20 - 200 ohms, el valor de  $R_{on}$  es afectado por la magnitud de la polarizacion del circuito y la magnitud de la senal aplicada. Los valores de los capacitores y de las resistencias del circuito equivalente estan determinadas principalmente por la geometria del dispositivo.

La resistencia  $R_L$ ; es la impedancia equivalente que ve el interruptor a su salida,  $R_L$  debe de ser lo suficientemen-  
te grande para que el efecto de  $R_{on}$  en la malla sea negligible. Valores mayores de 200Kohms, son aceptados.

Por las características de construcción de los multiplexores, cuando se cambia de canal habilitado, algunos de los periodos de encendido de canales se traslapan de tal forma que se produce un corto circuito momentaneamente, lo cual puede ser objetable para ciertas aplicaciones. Además, cuando se enciende o se apaga el multiplexor, momentaneamente se forma una trayectoria del canal a tierra.

El circuito fue diseñado con multiplexores sencillos, con el fin de que fuera posible implementar en la tarjeta de circuito impreso, solamente canales referidos, para lo cual se requería que las líneas S10 - S13, accedieran únicamente a un multiplexor y se necesitaria de otras cuatro líneas S14 - S17 para lograr una capacidad de 128 canales referidos. Mediante un alambrado apropiado de los puentes, es posible lograr algunas combinaciones de canales en la misma tarjeta, e.g. 32 canales diferenciales y 64 referidos, 48 canales diferenciales y 32 referidos, etc..

En el capítulo 4 inciso 2, se muestra la forma en que se deben realizar los accesos a los canales de información.

b).- Amplificador.

Como las señales que se desean adquirir pueden provenir de cualquier tipo de sensor/transductor, los niveles de voltaje o corriente pueden tener diversos rangos de magnitud. Para que el convertidor analógico/digital fuera utilizado eficientemente, se requirió implementar un amplificador cuya ganancia pudiera ser controlada dependiendo la magnitud de la señal de entrada.

El diagrama 3.20 muestra la configuración simplificada de un amplificador de señal diferencial, el voltaje de salida F2, es un voltaje referido a tierra y su magnitud está determinada por la expresión:

$$F2 = H (F0 - F1)$$



Donde  $F_0$  y  $F_1$ , son las señales de entrada y  $H$  la ganancia del amplificador, la cual es determinada por las señales  $P_{15}$  -  $P_{17}$ .

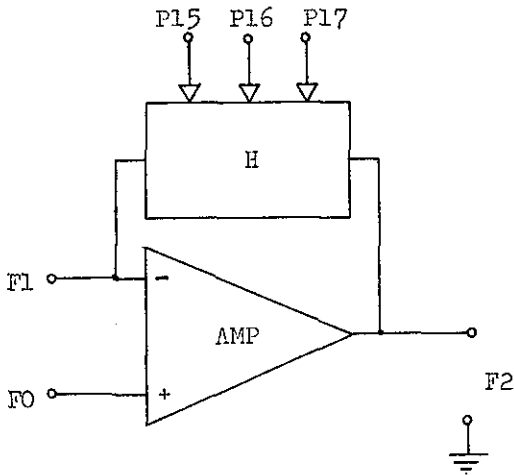


Figura 3.20

En el caso del SAD,  $F_0$  y  $F_1$ , son las señales que provienen de los multiplexores y  $P_{15}$  -  $P_{17}$ , son manejadas directamente por la microcomputadora. La tabla 3.4 muestra la ganancia del amplificador con respecto a estas señales.

$P_{17}$	$P_{16}$	$P_{15}$	G A N A N C I A	
0	0	0	$H_0$	= 2
0	0	1	$H_1$	= 5
0	1	0	$H_2$	= 10

P17	P16	P15	G A N A N C I A		
0	1	1	H3	=	20
1	0	0	H4	=	50
1	0	1	H5	=	100
1	1	0	H6	=	200
1	1	1	H7	=	500

Tabla 3.4

Dada una combinacion P15 - P17, la ganancia esta determinada como se vera posteriormente, por el valor de unas resistencias en la malla de realimentacion, asi que es sencillo variar los valores de las ganancias para ajustarlos a una determinada aplicacion.

El conmutar las ganancias en el amplificador, introduce ruido a las senales, por lo tanto, es necesario que la lectura se realice despues de que este efecto transitorio haya desaparecido. En estado estable, el hecho de que el amplificador tenga esta capacidad, no afecta considerablemente las caracteristicas de la configuracion.

La disposicion de las pistas en el circuito impreso esta hecha de tal forma que el amplificador puede tomar diversas configuraciones dependiendo del tipo de senales que se desean - adquirir.

La figura 3.21 muestra un diagrama de la configuracion basica del amplificador diferencial. En esta se puede observar que las entradas no estan acopladas por capacitor, pues basicamente las senales por adquirir son de muy baja frecuencia.

Despreciando el valor de  $R_G$  y considerando las se-  
nales de entrada por separado, se obtiene:

$$e' = F1 \left( 1 + \frac{R9}{R10} \right)$$

$$F2' = F0 \left( 1 + \frac{R10}{R9} \right)$$

Por superposicion:

$$F2'' = ( F0 - F1 ) \left( 1 + \frac{R10}{R9} \right)$$

Incluyendo la resistencia de realimentacion  $R_G$ ,  
la ecuacion que proporciona la ganancia de la configuracion  
es:

$$\frac{F2}{F0 - F1} = - \left( 1 + \frac{R10}{R9} + 2 \frac{R10}{R_G} \right)$$

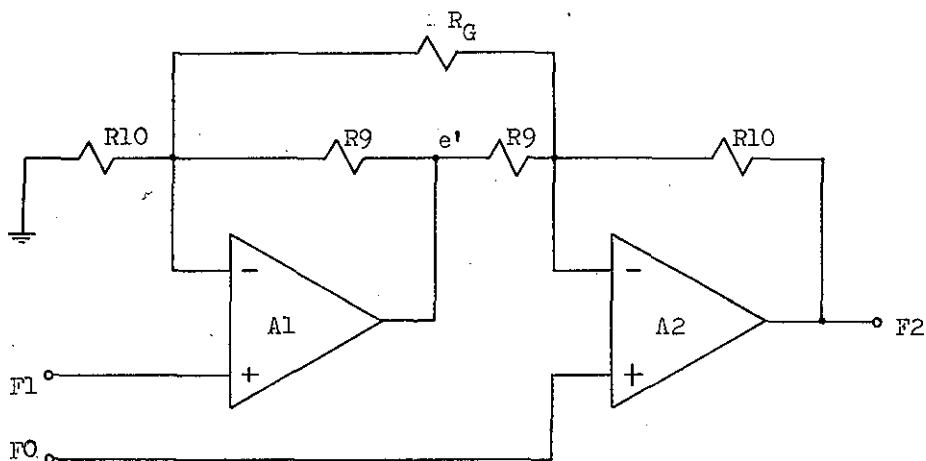


Figura 3.21

La impedancia de entrada de cada una de las terminales del amplificador diferencial, es simplemente la impedancia de entrada de modo comun del amplificador operacional, la cual puede ser del orden de 10 Mohms y depende del tipo de amplificador que se este utilizando.

Como los amplificadores funcionan en modo no inversor, sus propiedades intrinsecas de modo comun deben de ser buenas con el fin de obtener un circuito con características aceptables.

La ganancia del circuito esta dada por la siguiente ecuacion:

$$A_v = \frac{E_O}{E_I} = - \left( 1 + \frac{R_{10}}{R_9} + 2 \frac{R_{10}}{R_G} \right)$$

Lo cual permite que con solo variar el valor de  $R_G$ , sea posible cambiar el valor de la ganancia sin afectar considerablemente las características del circuito.

Los valores de las resistencias  $R_9$  y  $R_{10}$  deben ser cuidadosamente seleccionados, pues de ellas dependen mucho las características de rechazo a senales de modo comun (CMR).

Para realizar la conmutacion de resistencias y poder obtener diferentes ganancias en la amplificacion, se utiliza un multiplexor analogico de 8 entradas y una salida, el cual es controlado mediante tres senales que maneja la microcomputadora (P15 - P17).

Si  $R_a = 4.7$  Mohms y  $R_{10} = 470$  Kohms el valor de  $R_G$  es mostrado en la tabla 3.5 de acuerdo con la tabla 3.4.

P17	P16	P15	G A N A N C I A		V A L O R		RG.
0	0	0	H0	= 2	RG0	1 044	K
0	0	1	H1	= 5	RG1	241	K
0	1	0	H2	= 10	RG2	105.6	K
0	1	1	H3	= 20	RG3	49.7	K
1	0	0	H4	= 50	RG4	19.22	K
1	0	1	H5	= 100	RG5	9.50	K
1	1	0	H6	= 200	RG6	4.72	K
1	1	1	H7	= 500	RG7	1.88	K

Tabla 3.5

En orden de obtener ganancias precisas, la tarjeta de circuito impreso, fue diseñada de tal forma que cada una de las RG equivalentes, puede ser obtenida por la suma de dos resistencias y un potenciómetro.

Como el buen funcionamiento del amplificador diferencial se debe primordialmente al comportamiento del amplificador operacional, fue necesario utilizar una configuración que redujera al máximo los errores de D.C., tales como: Voltajes y corrientes de offset, rechazo a señales de modo común, a variaciones en la fuente de voltaje y a variaciones en la temperatura, etc..

Para la implementación del amplificador, se usó un pre-amplificador de precisión (A1) acoplado con un amplificador operacional de propósito general (A2) como lo muestra la figura 3.22.

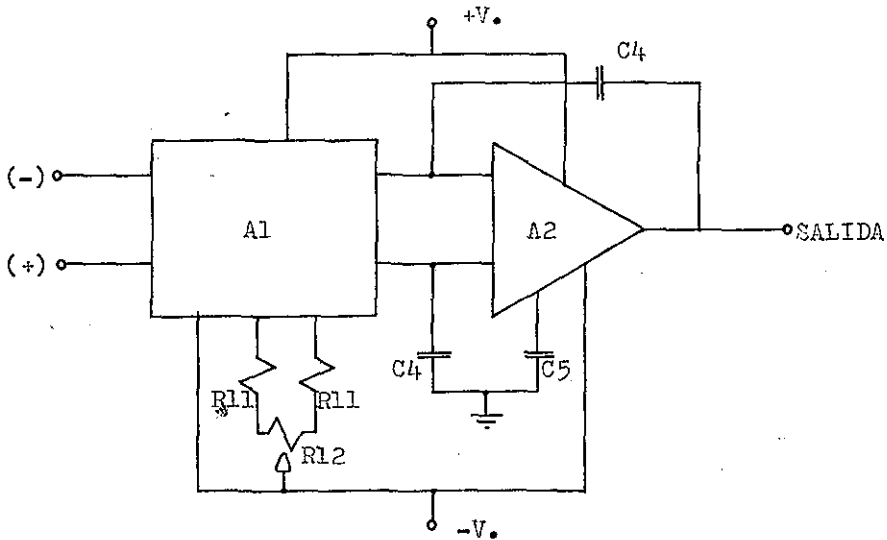


Figura 3.22

El potenciómetro R12 es utilizado para fijar el voltaje de offset inicialmente a cero volts.

El par de capacitores C4 se utilizan para compensar en frecuencia al amplificador A2 y su valor debe ser idéntico a fin de mejorar el rechazo a variaciones del voltaje de polarización.

El capacitor C5 hace que el comportamiento del amplificador sea independiente del ruido de la fuente de poder.

El valor de las resistencias  $R_{L1}$  y  $R_{L2}$  determinan la ganancia del amplificador  $A_1$  como lo indica la tabla 3.6. Para una ganancia específica, la tabla nos muestra el valor de  $R_{L1} + R_{L2}$  y de  $C_4$ , en pf.

G A N A N C I A		120 K	60 K	30 K	12 K	6 K
Av.	= 1	68	130	270	680	1 300
Av.	= 5	15	27	56	130	270
Av.	= 10	10	15	27	68	130
Av.	= 50	1	3	5	15	27
Av.	= 100	-	1	3	5	10
Av.	= 500	-	-	1	1	3
Av.	= 1 000	-	-	-	-	-

Tabla 3.6

En el capítulo 8 se muestra una tabla con algunos de los valores típicos que se obtuvieron de esta configuración.

La figura 3.23 es el diagrama completo del amplificador diferencial. El voltaje de salida  $F_2$  es un voltaje referido a tierra y proporcional a la diferencia de voltajes de entrada  $F_0 - F_1$ .

c).- Muestreador (S/H).

La función de este circuito, es la de tomar una muestra de la señal que entrega el amplificador y mantenerla hasta que el convertidor analógico/digital haga la conversión.

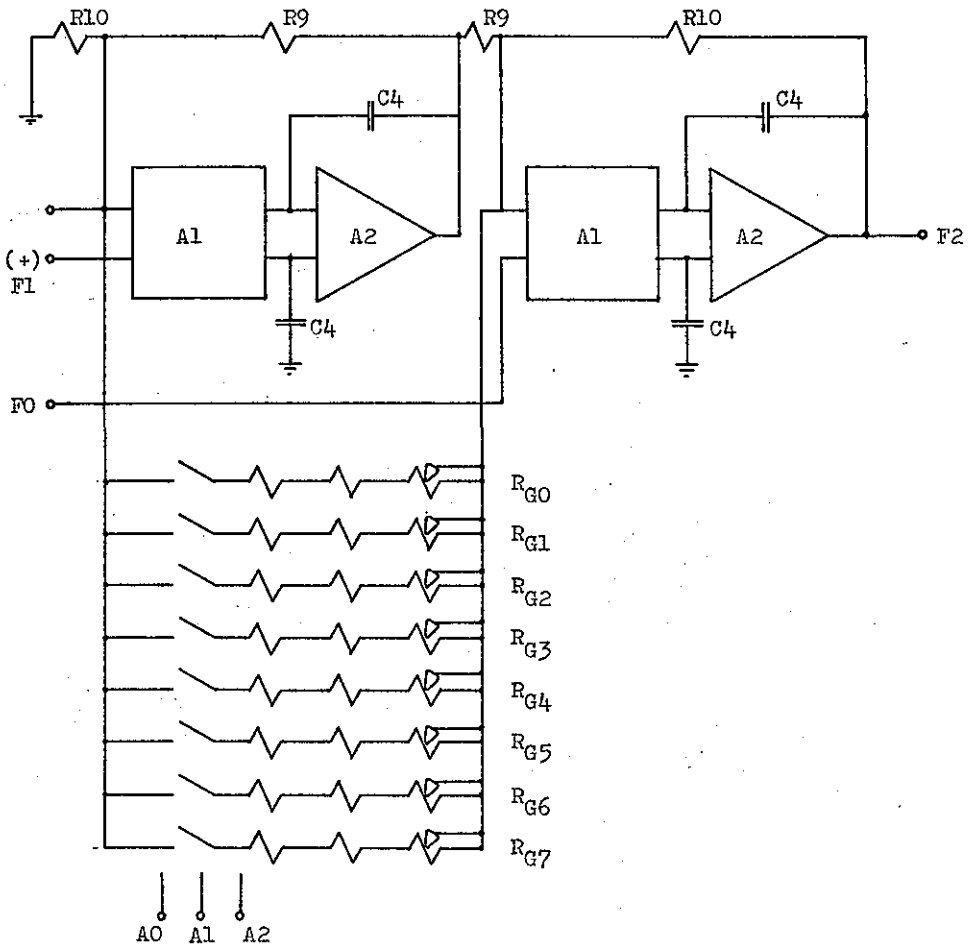


Figura 3.23



Las principales características de un S/H son:

- \* Tiempo de adquisición, es el tiempo requerido por el circuito para adquirir una nueva señal de entrada. Generalmente este tipo se especifica para cambios de 10v., a la salida.
- \* Tiempo de apertura, es el intervalo de tiempo que transcurre entre que la señal de control pasa de muestra (s) a reten (H) y la acción de retener ocurre.
- \* Caída de voltaje, es la velocidad con que cambia el voltaje de salida mientras el S/H esta reteniendo la información.

La implementación de este dispositivo en la tarjeta, se hizo a partir de un S/H comercial. La figura 3.24 muestra su configuración.

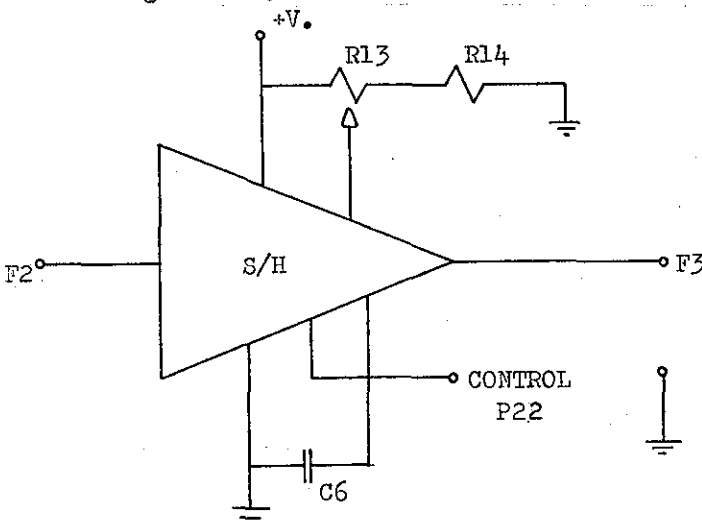


Figura 3.24

La señal P22 proviene directamente de la micro, controla la actividad del S/H. Un uno en esta señal, provoca que el voltaje de salida (F3) sea igual al voltaje de entrada (F2). Cuando la señal cambia de uno a cero, el voltaje de salida es retenido.

Las resistencias R13 y R14 se utilizan para ajustar el voltaje de offset del S/H, tal que cero volts a la entrada, produzcan cero volts a la salida.

El capacitor C6 desarrolla un papel muy importante en el comportamiento del circuito, pues de sus características de construcción y de su valor dependen algunos parámetros importantes.

El valor del capacitor es directamente proporcional al tiempo de adquisición e inversamente a la caída de voltaje, como lo muestra la tabla 3.7.

C6 (Mf)	Tiempo de adquisición (mmseg)	F3 como % de F2	Caída de voltaje (mmV/seg)
0.1	300	99.99	80
0.1	250	99.9	80
0.1	100	99	80
0.01	25	99.99	650
0.01	20	99.9	650
0.01	13	99.9	650
0.001	6	99.99	7 000
0.001	5	99.9	7 000
0.001	3	99	7 000

Tabla 3.7

En muestreos de senales de bajas frecuencias, basicamente se introducen tres diferentes tipos de error: El error de ganancia intrinseco del S/H, el cual, esta reducido al minimo (0.002%) en dispositivos integrados, el error generado en la adquisicion del dato y el provocado por la -caida de voltaje a la salida del S/H mientras el realiza la conversion.

Por lo que la seleccion del valor y el material del capacitor, depende de la precision que se desea lograr, como se vera en el siguiente inciso, el tiempo que se tarda el con-vertidor en llevar a cabo una conversion, es de 20 mseg., para escala completa (2.5v.).

Si solamente se utilizan 250 estados de los 256 es-tados, esto es, que el bit menos significativo (LSB) del con-vertidor tenga un peso de 10 mV., en la conversion, entonces, se obtienen los errores mostrados en la tabla 3.8.

C06 (mmf)	Tiempo adquisicion	ERROR EN LA CAIDA DE VOLTAJE.		ERROR EN EL TIEMPO DE ADQUISICION	
		Volts x 10 <sup>-6</sup>	% LSB CA/D	Volts x 10 <sup>-3</sup>	% LSB CA/D
0.1	300	1.6	0.016	0.25	2.5
0.1	250	1.6	0.016	2.5	25.0
0.1	100	1.6	0.016	25.0	250.0
0.01	25	13	0.13	0.25	2.5
0.01	20	13	0.13	2.5	25.0
0.01	13	13	0.13	25.0	250.0
0.001	6	140	1.4	0.25	2.5
0.001	5	140	1.4	2.5	25.0
0.001	3	140	1.4	25.0	250.0

Tabla 3.8

De esta tabla, se puede observar que los errores introducidos en la adquisicion son mucho mayores que los introducidos por la caida de voltaje. En general un capacitor de 0.01 muf y un tiempo de adquisicion igual o mayor a 25 mmsseg puede ser aceptable, pero depende de la aplicacion.

d).- Convertidor analogico-digital.

Fundamentalmente, los convertidores analogico-digital (CAD) convierten la senal analogica de entrada (de voltaje o corriente) a una frecuencia o conjunto de pulsos, cuyo tiempo es medido para proporcionar una salida digital, o bien, la senal de entrada es comparada con una referencia variable usando internamente un convertidor digital-analogico (CDA).

Los metodos de conversion de voltaje a frecuencia y de doble integracion usan el principio de medicion de tiempo y los convertidores por rampa y aproximaciones sucesivas son ejemplos del metodo de comparacion de voltajes.

Por la forma en que alimenta la informacion a la microcomputadora y por sus caracteristicas, originalmente se penso en utilizar un convertidor voltaje-frecuencia (CVF) como CAD, pero como no fue posible conseguir el circuito integrado en el momento de disenar el circuito impreso, se implemento con un convertidor por rampa. La configuracion que se le dio al sistema con este nuevo CAD, fue tal que cuando sea posible con seguir el CVF, es facil modificar el circuito impreso para el nuevo convertidor.

Debido a lo anterior, en esta seccion se citan algunas de las caracteristicas de los dos tipos de convertidores y al final, se da la configuracion del CAD implementado en el SAD.

Como el SAD internamente trabaja con palabras de 8-bits, la conversion se debe de realizar en 8-bits.

Como cualquiera de las dos opciones que se implemente en el circuito va a ser por medio de un dispositivo integrado, las especificaciones de este, son determinadas por el fabricante y solo algunas de ellas dependen del tipo de conexión que se haga.

Como cada fabricante establece la manera en que proporciona las especificaciones de sus dispositivos, debe tenerse mucho cuidado en ver bajo que condiciones estan definidas esas especificaciones.

Algunos de los terminos y parametros caracteristicos en los CAD son:

Escala completa (FS), es el nivel maximo de voltaje a la entrada que acepta un CAD para realizar la conversion.

Resolucion, aunque existe desacuerdo en la forma de dar esta especificacion, es el voltaje de FS dividido entre  $2^n$ , donde n es el numero de bits con que esta representado el dato digital. Para un convertidor de 8-bits y un voltaje de FS igual a 2.56v. tenemos:

$$\text{Resolucion} = \frac{2.56\text{v.}}{256} = 10\text{mV.}$$

donde 10 mV., tambien es el valor del bit menos significativo (LSB) de la palabra digital.

Error de cuantizacion, es el error generado a causa de que un voltaje analogico es representado por un codigo digi-

tal discreto. Siempre tiene el valor fijo de  $\pm \frac{1}{2}$  LSB.

Error de linealidad diferencial, es la diferencia de voltaje del rango analogico para dos palabras digitales, esto es, si un codigo representa una variacion de 10mV., del rango de entrada y otro solo 3mV., el error es de 2mV. Este error por lo general se especifica como fraccion o % del LSB.

Error de precision relativa, es la desviacion maxima del codigo digital de la linea trazada entre cero y el voltaje de FS. Este error, es independiente del error de cuantizacion.

Tiempo de conversion, es el tiempo que tarda el convertidor en realizar la conversion, generalmente se especifica desde que recibe el comando de inicia, hasta que entrega la palabra digital.

Estabilidad es la inmunidad del convertidor a cambios de temperatura y al transcurso del tiempo.

Precision absoluta, es la habilidad de un convertidor de proporcionar a su salida un codigo que defina el voltaje de entrada. Esta caracteristica es comunmente confundida con la resolucion y esta determinada primordialmente por dos tipos de factores: El error inherente de cuantizacion y a la imperfeccion de los circuitos con que es fabricado el dispositivo. - Sensitividad a la fuente de voltaje, es la sensitividad del convertidor expresada en % del voltaje analogico para un cambio del 1% en la fuente de poder.

Aunque existen muchas otras caracteristicas referentes a los convertidores, estas son las mas importantes para esta aplicacion.

Basicamente un convertidor de voltaje a frecuencia tiene la configuracion mostrada en la figura 3.25 y su funcionamiento es como sigue:

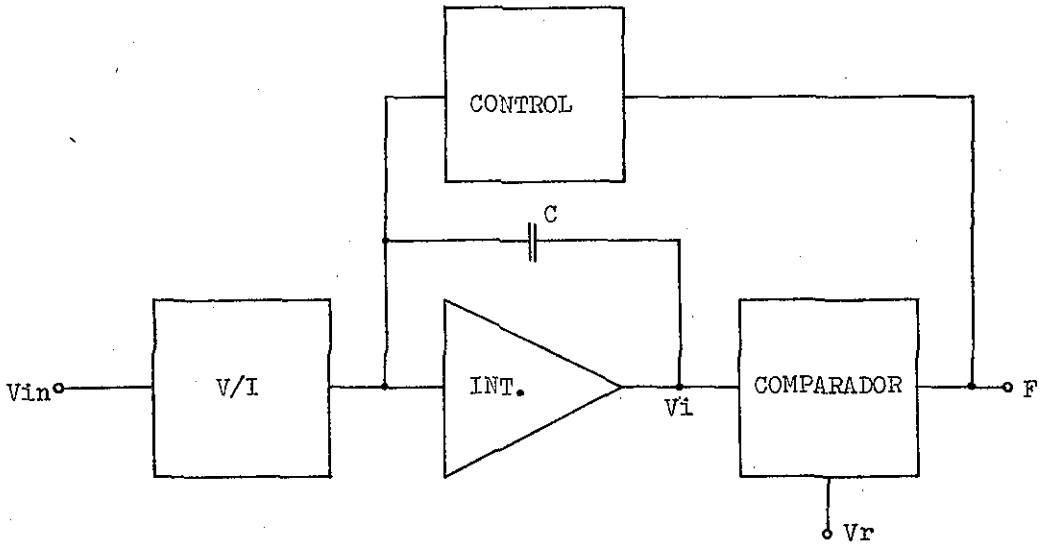


Figura 3.25

Primero se convierte el voltaje analogico de entrada a una corriente constante y proporcional a la magnitud de este voltaje, la cual es integrada. La integracion se lleva a cabo hasta que la salida del integrador sobrepasa el voltaje de referencia  $V_r$  y entonces el comparador genera un pulso de salida, el cual es usado para obligar a que la salida del integrador se vaya a cero volts y se repita el ciclo.

El resultado, es un numero de pulsos por segundo proporcional a la entrada analogica. La figura 3.26 muestra un diagrama de tiempos de los voltajes en el circuito.

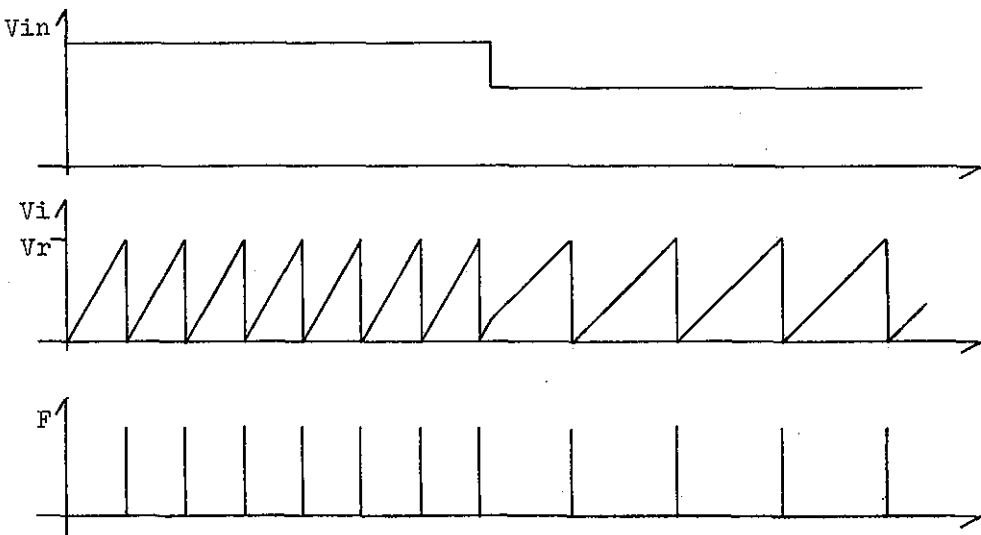


Figura 3.26

El convertidor analogico a digital por rampa, es uno de los mas simples del tipo de comparacion de voltaje, y la velocidad con que realiza la conversion es relativamente baja. La figura 3.27 muestra un diagrama de bloques de un CAD por rampa.

El proceso de conversion empieza al aplicar la senal de control al contador con lo que todas sus salidas se van a cero.



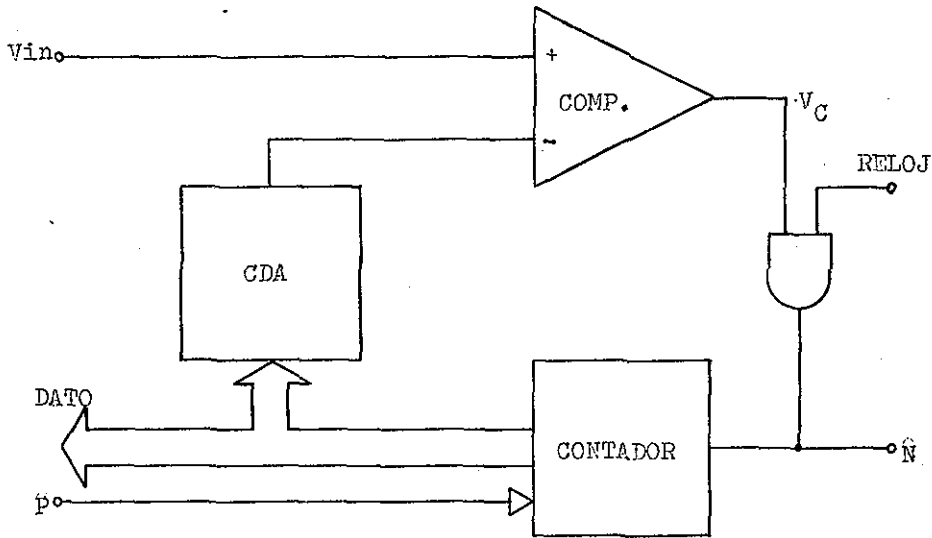


Figura 3.27

Como las salidas del contador alimentan la entrada del CDA, la salida de este, también se va a cero volts. Para un voltaje analógico de entrada dado mayor a cero volts, la salida del comparador es un nivel lógico alto con el cual, la compuerta es habilitada y la señal de reloj alimentada al contador. Con cada frente de onda de la señal de reloj, el contador incrementa la cuenta y por lo tanto el voltaje de salida

es una rampa ascendente, la cual es comparada con el voltaje de entrada.

Este proceso continua, hasta que el voltaje proporcionado por el CAD es ligeramente mayor al voltaje de entrada y la salida del comparador igual a cero lo que deshabilita la compuerta. La figura 3.28 muestra el diagrama de tiempos.

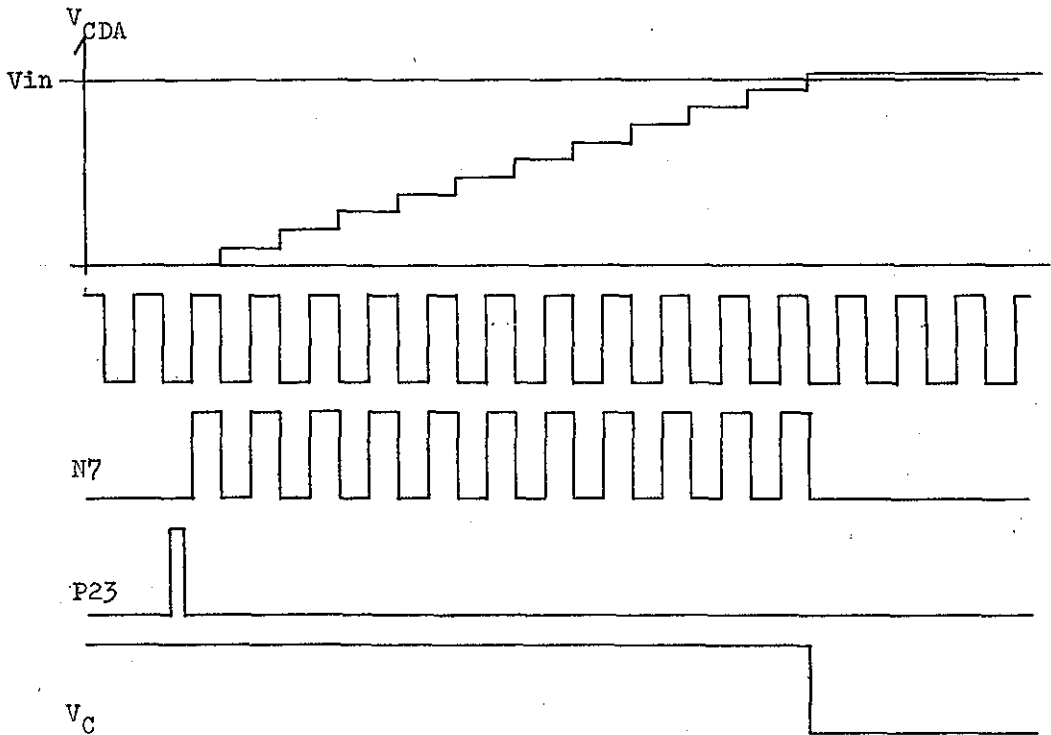


Figura 3.28

La principal desventaja de este tipo de CAD, es la relativamente baja velocidad de conversión, pues para una entrada de voltaje analógico de FS, el contador debe contar desde cero hasta todas sus salidas altas, lo cual requiere un tiempo de conversión de  $2^N-1$  veces el periodo del reloj, donde N es el número de bits del contador.

Aunque los dos tipos de convertidores descritos difieran mucho en características, tienen una cosa en común, el primero de ellos, el CVF entrega una frecuencia proporcional al voltaje de entrada y el segundo, si se toma como dato la línea de salida de la compuerta, la cual entrega en un tiempo de  $2^N-1$  veces del periodo del reloj, un número de pulsos que es proporcional al voltaje convertido.

La velocidad de conversión de los convertidores, es dada por; el rango de frecuencia que entregan a su salida y el número de bits de la conversión en el CVF y por la frecuencia de reloj que se alimenta y el número de bits para el convertidor por rampa.

Como se vio en la sección anterior, la señal analógica es adquirida por la microcomputadora como una frecuencia o número de pulsos, los cuales son alimentados a la pata T1. Las especificaciones del fabricante establecen que la frecuencia máxima permisible en esta, debe tener un periodo al menos de tres veces la duración del ciclo de instrucción, el cual para un cristal 6Mhz es de 2.5 mseg., y además la señal debe permanecer alta cuando menos por 500 nseg., por lo tanto, la frecuencia máxima por T1 debe ser de 133 333 hz., y el ciclo de trabajo mayor a 6.66.

Si la variación de voltaje a la entrada de un convertidor V-F es  $0 \leq V \leq VFS$  y produce a la salida una variación de

frecuencia de  $0 \leq F \leq FFS$ , donde  $VFS$  es el voltaje de escala completa y  $FFS$  es la frecuencia que  $VFS$  produce, y la relación  $V - F$  es lineal, tal que el cociente  $F/V = K$  es una constante, y si además los muestreos de la señal se realizan durante un tiempo  $T_m$  tal que:

$$T_m = \frac{2^N - 1}{FFS} \text{ (segundos).}$$

Donde  $N$  es el número de bits de la palabra digital con la cual se representa el voltaje analógico, entonces, la frecuencia necesaria para producir el cambio de un bit en el contador durante  $T_m$  es;

$$F_b = \frac{1}{T_m} = \frac{FFS}{2^N - 1} \text{ (hz/bit).}$$

que es el valor del bit menos significativo (LSB), el voltaje de entrada estará representado por la frecuencia dada en la siguiente ecuación:

$$F_v = \frac{FFS}{VFS} = K \text{ (hz/volts).}$$

Por lo tanto, la frecuencia a la salida del CVF es;

$$F_s = F_v V.$$

y el dato que está contenido en el contador al finalizar la conversión será:

$$D_s = F_s T_m = \frac{FFS}{VFS} V \frac{2^N - 1}{FFS} = \frac{2^N - 1}{VFS} V.$$

Por ejemplo, si para un CVF de 8 bits tenemos que:

$$0 \text{ V} \text{ a } 127 \text{ 500} \text{ y } 0 \text{ V} \text{ a } 2.55 \text{ v.}$$

Entonces:

$$\begin{aligned} T_m &= 2 \text{ mseg.} \\ F_b &= 500 \text{ hz/bit.} \\ F_v &= 50 \text{ hz/Mv.} \\ F_s &= 50 \text{ V. hz.} \\ \text{LSB} &= 10 \text{ Mv.} \end{aligned}$$

Suponiendo un voltaje de entrada de 1 234 Mv:

$$F_s = 61 \text{ 700 hz.}$$

Y el dato de salida en el contador sera:

$$D_s = 123, (7BH).$$

Dependiendo de la relacion que exista entre la frecuencia alimentada y el tiempo en que se realiza el muestreo, el dispositivo tiene un error maximo de  $\pm 1/2 \text{ LSB}$ , pero es posible reducirlo.

El caso del CAD por rampa es similar, el resultado es el dato contenido en el contador al finalizar el muestreo, dicho muestreo debe de durar al menos el tiempo  $T_m$ , tal que:

$$T_m \geq (2^N - 1) p.$$

Donde  $N$  es la longitud de la palabra digital y  $p$  el periodo de reloj.

Si en el CAD de 8-bits implementado en el SAD seleccionamos un voltaje de FS = 2.56 v., y un reloj de 102 400 hz, entonces:

$$T_m = 2.5 \text{ mseg.}$$

Con una resolución de 10 Mv.

Si la señal de control esta sincronizada con la señal del reloj que alimenta el contador, la transición de 0 a 1 en el contador ocurre cuando la salida del CDA es igual a 10Mv., y la transición de FFH a FFH, cuando es igual a 2.50 Mv. Si las dos señales no estan sincronizadas, la conversión puede tener un error maximo de  $\pm 1/2$  LSB.

Una de las razones por las cuales originalmente se diseño el SAD con un CVF, es que como la adquisición es llevada a cabo por programa y en un contador sin-fin, es posible - dependiendo de las características del CVF, realizar conversiones con mas de 8-bits.

La configuración del CAD en el SAD, es la mostrada en el diagrama de bloques de la figura 3.29.

Donde F3 es el voltaje analogico de entrada y N7 es la señal de frecuencia que se alimenta al puerto de adquisición por frecuencia del SAD.

La señal de reloj es la misma señal S1 que se utiliza en la adquisición de uno de los puertos de proposito definido, pero puede ser cambiada con el fin de variar el tiempo

de adquisición. La señal P23 es manejada por la microcomputadora, tal que, un frente de onda positivo en esta señal, inicializa al CDA y al contador, para que se realice la conversión.

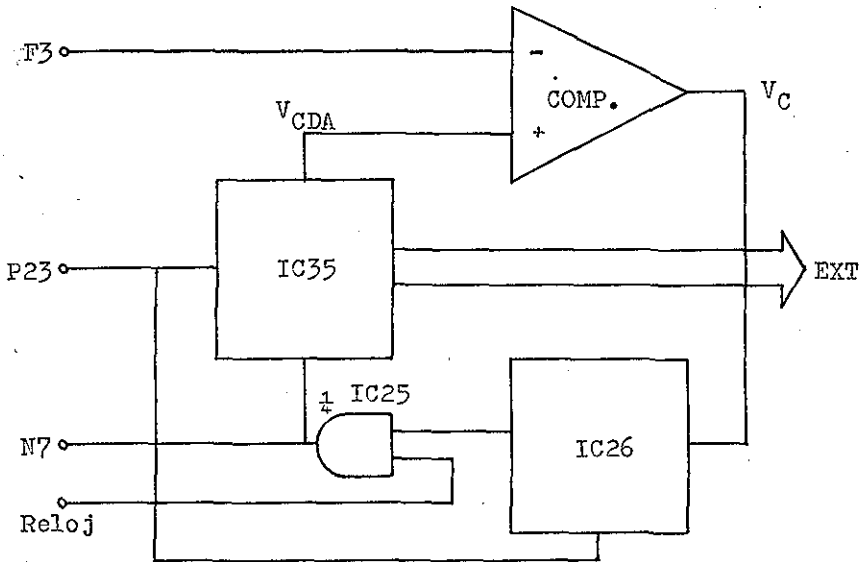


Figura 3.29

La salida digital en paralelo del CDA también puede ser utilizada ya que se tiene acceso a ella desde el exterior.

Algunas de las especificaciones del convertidor AD,

son dadas en el capítulo 8.

### 3.7 Control por microcomputadora.

La microcomputadora a través de sus puertos de salida, realiza el control de los procesos para llevar a cabo la adquisición de los datos a través de sus puertos de entrada.

Por medio de las líneas P10 - P14 y con auxilio del decodificador de 1 de 16 líneas, la micro selecciona un puerto de adquisición digital en paralelo o uno de adquisición analógica o bien, limpia la información contenida de uno de los puertos de propósito general y la de los contadores del reloj. La figura 3.30 muestra un diagrama de bloques de estos circuitos.

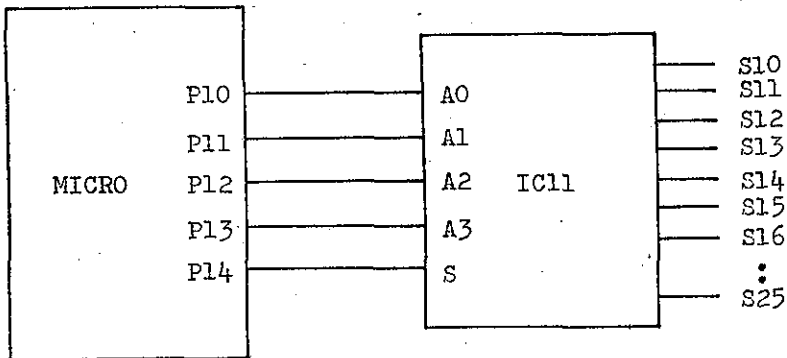


Figura 3.30

Las señales S10 - S25, mantienen un nivel de voltaje



alto, y solo una de ellas, la seleccionada por las lineas - P10 - P13, se van a nivel bajo si la senal P14 esta en "1". Si P14 se va a cero, la ultima senal direccionada es mantenida en cero sin importar el codigo de P10 - P13. La tabla - 3.9 muestra las senales S10 - S25 en relacion con las senales P10 - P13.

(P) ENTRADAS					(S) S A L I D A S															
10	11	12	13	14	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

Tabla 3.9

La tabla 3.10 muestra los puertos de entrada/salida de la microcomputadora y la accion que realizan en el SAD. Las

letras I y O, indican el sentido en que es transferida la información, I para cuando la microcomputadora recibe el dato y O cuando es la micro la que maneja la señal. Para cada señal se indica el dispositivo con el cual esta conectada, así como también la función que realiza.

MICRO	EXT	ADP	ADS	ADF	AA	SV
TI	I	-	(I)	I	-	-
TO	I/O	-	-	-	-	-
<u>INT</u>	I	-	-	-	-	-
BUS	I/O	I	-	-	-	-
P10	-	(O)DEC-b3	-	(O)MUX- $\bar{E}$	(O)MUX-b0	-
P11	-	(O)DEC-b2	-	(O)MUX-b2	(O)MUX-b1	-
P12	-	(O)DEC-b1	-	(O)MUX-b1	(O)MUX-b2	-
P13	-	(O)DEC-b0	-	(O)MUX-b0	(O)MUX-b3	-
P14	-	(O)DEC-S	-	-	-	-
P15	-	-	-	-	(O)AMP-b0	-
P16	-	-	-	-	(O)AMP-b1	-
P17	-	-	-	-	(O)AMP-b2	-
P20	I/O	-	-	-	-	-
P21	I/O	-	-	-	-	-
P22	-	-	-	-	(O)S/H-S/ $\bar{H}$	-
P23	-	-	-	-	(O)CAD- $\bar{C}$	-
P24	-	-	-	-	-	(O)SV1
P25	-	-	-	-	-	(O)SV2
P26	-	-	-	-	-	(O)SV3
P27	-	-	-	-	-	(O)SVO

Tabla 3.10

### 3.8 Fuente de poder.

La microcomputadora tiene capacidad de manejar la polarización de las diferentes secciones que componen al sistema, mediante cuatro interruptores de voltaje.

Esta característica adquiere importancia especialmente cuando por alguna razón se desea tener polarizada a la micro, pero la adquisición de la información se realiza a intervalos de tiempo determinados. En este caso, es posible que la micro apague los circuitos, evitando un consumo innecesario de potencia.

La tabla 3.11 muestra las señales de la micro que se utilizan y los voltajes que cada interruptor maneja.

INTERRUPTOR	LINEA	SECCION	VOLTAJES
SV0	P27	Microcomputadora	+5v.
SV1	P24	Adquisición en paralelo	+5v.
SV2	P25	Adquisición por frecuencia y decodificador	+5v.
SV3	P26	Adquisición analógica	+5 y $\pm$ 12v.

Tabla 3.11

Los voltajes que maneja el interruptor SV3, dependen de la magnitud de las señales analógicas que se desea adquirir, así como también del armado que se haga en la tarjeta de circuito impreso.

La microcomputadora tiene capacidad de prender y apagar los interruptores SV1 - SV3 mediante las señales P24 - P26.

respectivamente. Un uno logico por la senal P24, polariza - los circuitos IC1 - IC9 correspondientes a los puertos de ad quisicion digital en paralelo.

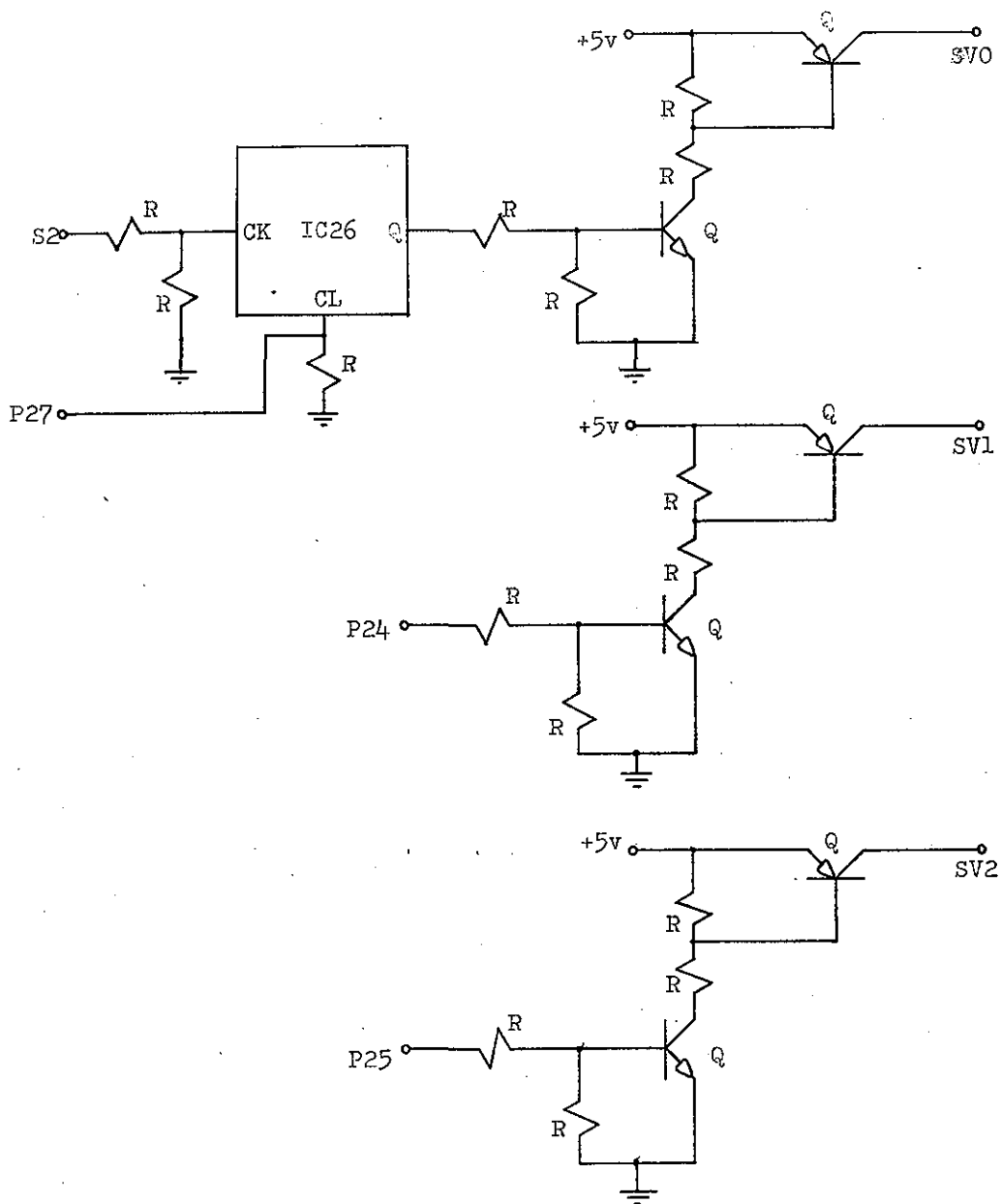
El interruptor SVO es encendido mediante la senal - S2 del circuito IC26, como lo muestra la figura 3.31.

Como se expuso en la inciso 3.1 de este capitulo, la senal S2 generada por el reloj ocurre solo cuando se desea hacer la adquisicion de la informacion. Cuando S2 se presenta, dispara al flip-flop IC26, tal que su senal de salida S7 se va a uno logico, provocando que el interruptor SVO se active y con esto, se polarice la micro.

Una vez que la micro ha realizado todas sus funciones, se auto-apaga mandando un uno a traves de la line P27.

Los valores de las resistencias dependen de la magni tud de las corrientes que se desea manejar, asi como tambien del tipo de transistores que se este utilizando.

Es posible polarizar permanentemente cualquiera de las secciones con solo unir dos nodos en el circuito impreso. Los circuitos del reloj y de los puertos de proposito definido siempre permanecen polarizados.



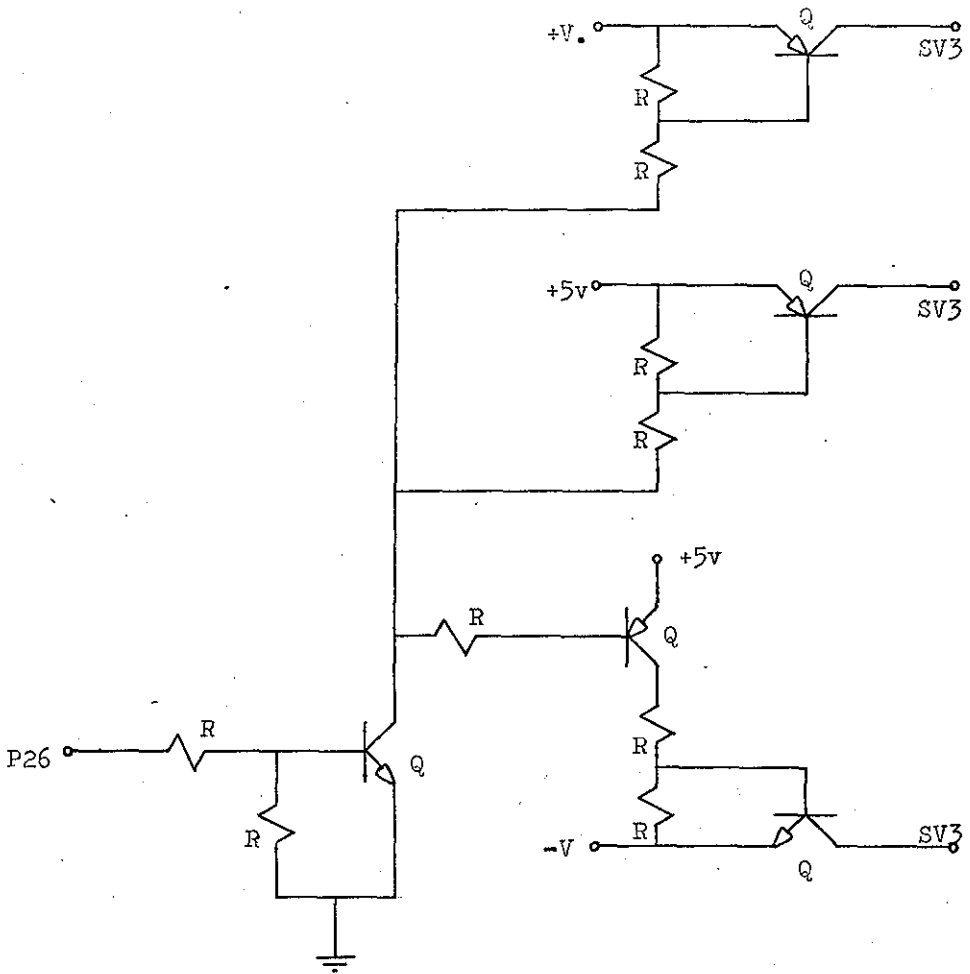


Figura 3.31

## CAPITULO 4.

METODOLOGIA DEL FUNCIONAMIENTO

En el capitulo anterior se expusieron cada una de las secciones que integran al sistema de adquisicion de datos y se explico la forma en que funcionan.

En el presente capitulo se muestra la configuración de la tarjeta de circuito impreso con la ubicacion de los circuitos integrados y los conectores. Se presentan tablas que muestran el tipo de circuitos que se utilizan y el contenido de senales en los conectores.

Ademas, se describe la forma en que debe proceder la microcomputadora con el fin de adquirir la informacion que esta presente en los puertos de entrada del sistema.

## 4.1 Nomenclatura.

Por el tipo de informacion que manejan, los puertos se han dividido en:

Puertos de adquisicion digital en paralelo.

ADP - puertos KO - K15.

Puertos de adquisicion digital en serie.

ADS - puerto TO.

Puertos de adquisicion digital por frecuencia.

ADF - puertos N1 - N7.

Puertos de adquisicion analogica.

AA - puertos MOO - M3FH.

Ademas, las lineas externas (EXT), las cuales maneja la microcomputadora para comunicarse con el exterior. Cada uno de los puertos de la ADP consta de ocho bits, de tal forma que KXY se refiere al bit Y del puerto X, ejemplo: K73 es el bit numero 3 del puerto 7 de la ADP. Donde el bit numero 0 es el bit menos significativo (LSB) de la palabra.

Los puertos P1, P2 y DB, se refieren a los puertos 1, 2 y bus de datos, de la microcomputadora respectivamente.

La senal CXY es la senal que esta presente en la pata Y del conector X, ejemplo: C319 se refiere a la pata 19 - del conector 3. La tabla 4.1 muestra las senales existentes en cada uno de los conectores del circuito, (I) significa que la senal referida entra a la tarjeta y (O) que sale.

La tarjeta de circuito impreso del SAD, consta de 42 circuitos integrados, 10 conectores y 2 cristales de cuarzo. El numero y tipo de componentes que integran al dispositivo, dependen de las características que se requieran del sistema de adquisicion.

La figura 4.1 muestra un diagrama de la ubicacion de las componentes en el circuito impreso. La tabla 4.2 especifica el tipo de componentes que se utilizan.



PATA No.	C O N E C T O R								
	C0			C1			C2		
1	(I/O)	K06	ADP	(I)	K26	ADP	(I)	K56	ADP
2	(I/O)	K04	ADP	(I)	K24	ADP	(I)	K54	ADP
3	(I/O)	K00	ADP	(I)	K20	ADP	(I)	K50	ADP
4	(I/O)	K03	ADP	(I)	K23	ADP	(I)	K53	ADP
5	( I )	Q2	ADP	(I)	K37	ADP	(I)	K67	ADP
6	( I )	Q0	ADP	(I)	K34	ADP	(I)	K64	ADP
7	( I )	Q1	ADP	(I)	K30	ADP	(I)	K60	ADP
8	( I )	Q3	ADP	(I)	K33	ADP	(I)	K63	ADP
9	(I/O)	K17	ADP	(I)	K47	ADP	(I)	K77	ADP
10	(I/O)	K14	ADP	(I)	K44	ADP	(I)	K74	ADP
11	(I/O)	K10	ADP	(I)	K40	ADP	(I)	K70	ADP
12	(I/O)	K13	ADP	(I)	K43	ADP	(I)	K73	ADP
13	( 0 )	GND		(O)	GND		(O)	GND	
14	(I/O)	K07	ADP	(I)	K27	ADP	(I)	K57	ADP
15	(I/O)	K02	ADP	(I)	K22	ADP	(I)	K52	ADP
16	(I/O)	K01	ADP	(I)	K21	ADP	(I)	K51	ADP
17	(I/O)	K05	ADP	(I)	K25	ADP	(I)	K55	ADP
18	( 0 )	+V	SV1	(I)	K36	ADP	(I)	K66	ADP
19	( 0 )	+V	cte	(I)	K32	ADP	(I)	K62	ADP
20	( 0 )	+V	cte	(I)	K31	ADP	(I)	K61	ADP
21	( 0 )	GND		(I)	K35	ADP	(I)	K65	ADP
22	(I/O)	K16	ADP	(I)	K46	ADP	(I)	K76	ADP
23	(I/O)	K12	ADP	(I)	K42	ADP	(I)	K72	ADP
24	(I/O)	K11	ADP	(I)	K41	ADP	(I)	K71	ADP
25	(I/O)	K15	ADP	(I)	K45	ADP	(I)	K75	ADP

Tabla 4.1  
Continua

No.	C3			C4		
1	(I/O)	DB1	MICRO/ADP	(I)	B2F	AA
2	(I/O)	DB2	MICRO/ADP	(I)	B2E	AA
3	(I/O)	DB4	MICRO/ADP	(I)	B2D	AA
4	(I/O)	DB6	MICRO/ADP	(I)	B2C	AA
5	( I )	<u>INT</u>	MICRO	(I)	B2B	AA
6	(I/O)	P21	MICRO	(I)	B2A	AA
7	(I/O)	P20	MICRO/ADS	(I)	B29	AA
8	( I )	T1	ADF	(I)	B28	AA
9	( I )	N5	ADF	(I)	B20	AA
10	( I )	N1	ADF	(I)	B21	AA
11	( I )	N3	ADF	(I)	B22	AA
12	( I )	S2	SVO	(I)	B23	AA
13	( O )	GND		(O)	GND	
14	(I/O)	DB0	MICRO/ADP	(I)	A2F	AA
15	(I/O)	DB3	MICRO/ADP	(I)	A2E	AA
16	(I/O)	DB7	MICRO/ADP	(I)	A2D	AA
17	(I/O)	DB5	MICRO/ADP	(I)	A2C	AA
18	(I/O)	TO	ADS	(I)	A2B	AA
19	( I )	S3	RELOJ	(I)	A2A	AA
20	( I )	R	LOCALIDAD	(I)	A29	AA
21	( I )	N6	ADF	(I)	A28	AA
22	( I )	NO	ADF	(I)	A20	AA
23	( I )	N2	ADF	(I)	A21	AA
24	( I )	N4	ADF	(I)	A22	AA
25	( O )	+V	SV1	(I)	A23	AA

Tabla 4.1

Continua

No.	C5	C6	C7
1	( I ) B24 AA	( I ) B10 AA	( I ) B3B AA
2	( I ) B25 AA	( I ) B11 AA	( I ) B3A AA
3	( I ) B26 AA	( I ) B12 AA	( I ) B39 AA
4	( I ) B27 AA	( I ) B13 AA	( I ) B38 AA
5	( I ) B1F AA	( I ) B14 AA	( I ) B30 AA
6	( I ) B1E AA	( I ) B15 AA	( I ) B31 AA
7	( I ) B1D AA	( I ) B16 AA	( I ) B32 AA
8	( I ) B1C AA	( I ) B17 AA	( I ) B33 AA
9	( I ) B1B AA	( I ) B3F AA	( I ) B34 AA
10	( I ) B1A AA	( I ) B3E AA	( I ) B35 AA
11	( I ) B19 AA	( I ) B3D AA	( I ) B36 AA
12	( I ) B18 AA	( I ) B3C AA	( I ) B37 AA
13	( O ) GND	( O ) GND	( O ) GND
14	( I ) A24 AA	( I ) A10 AA	( I ) A3B AA
15	( I ) A25 AA	( I ) A11 AA	( I ) A3A AA
16	( I ) A26 AA	( I ) A12 AA	( I ) A39 AA
17	( I ) A27 AA	( I ) A13 AA	( I ) A38 AA
18	( I ) A1F AA	( I ) A14 AA	( I ) A30 AA
19	( I ) A1E AA	( I ) A15 AA	( I ) A31 AA
20	( I ) A1D AA	( I ) A16 AA	( I ) A32 AA
21	( I ) A1C AA	( I ) A17 AA	( I ) A33 AA
22	( I ) A1B AA	( I ) A3F AA	( I ) A34 AA
23	( I ) A1A AA	( I ) A3E AA	( I ) A35 AA
24	( I ) A19 AA	( I ) A3D AA	( I ) A36 AA
25	( I ) A18 AA	( I ) A3C AA	( I ) A37 AA

Tabla 4.1

Continua

No.	C8			C9		
1	( I )	BOF	AA	(0)	+12V	SV3
2	( I )	BOE	AA	(0)	+12V	SV3
3	( I )	BOD	AA	(0)	-12V	SV3
4	( I )	BOC	AA	(0)	-12V	SV3
5	( I )	BOB	AA	(I)	B07	AA
6	( I )	BOA	AA	(I)	B06	AA
7	( I )	B09	AA	(I)	B05	AA
8	( I )	B08	AA	(I)	B04	AA
9	( 0 )	+12	SV3	(I)	B03	AA
10	( 0 )	+12	SV3	(I)	B02	AA
11	( 0 )	-12	SV3	(I)	B01	AA
12	( 0 )	-12	SV3	(I)	B00	AA
13	( 0 )	GND	AA	(0)	GND	
14	( I )	AOF	AA	(0)	+5V	cte
15	( I )	AOE	AA	(0)	+5V	SV3
16	( I )	AOD	AA	(0)	+5V	SV3
17	( I )	AOC	AA	(I)	A07	AA
18	( I )	AOB	AA	(I)	A06	AA
19	( I )	AOA	AA	(I)	A05	AA
20	( I )	A09	AA	(I)	A04	AA
21	( I )	A08	AA	(I)	A03	AA
22	( 0 )	+5V	SV3	(I)	A02	AA
23	( 0 )	+5V	SV3	(I)	A01	AA
24	( 0 )	+5V	cte	(I)	A00	AA
25	( 0 )	GND		(0)	GND	

Tabla 4.1

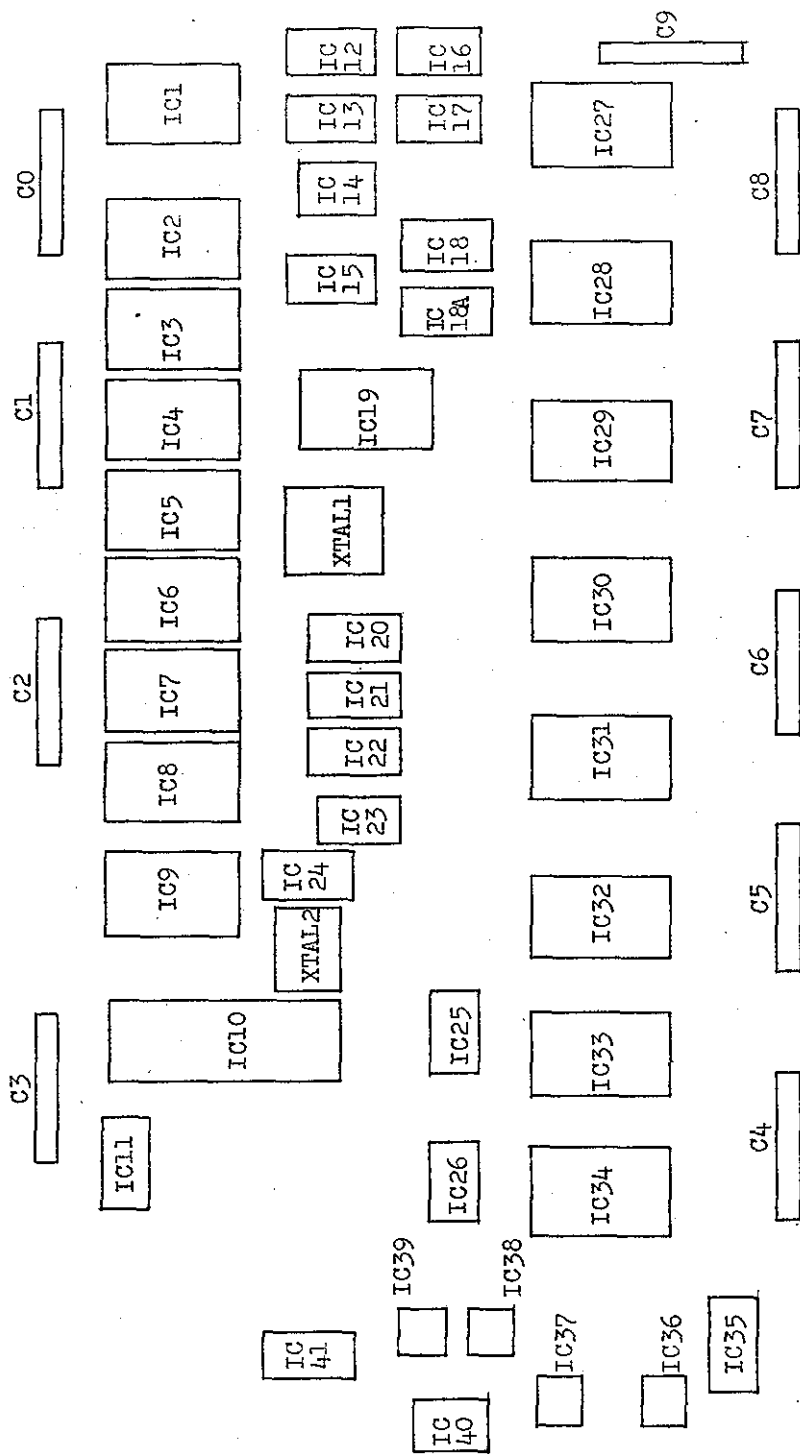


Figure 4.1

NUMERO	TIPO
IC1	CD 4508
IC2	CD 4508
IC3	CD 4508
IC4	CD 4508
IC5	CD 4508
IC6	CD 4508
IC7	CD 4508
IC8	CD 4508
IC9	CD 4508
IC10	D 8748
IC11	CD 4512
IC12	CD 4516
IC13	CD 4516
IC14	CD 4013
IC15	CD 4040
IC16	CD 4001
IC17	CD 4070
IC18	CD 4018
IC18A	CD 4518
IC19	CD 4515
IC20	CD 4020
IC21	CD 4518
IC22	CD 4040
IC23	CD 4073
IC24	CD 4040
IC25	CD 4011
IC26	CD 4013
IC27	CD 4067
IC28	CD 4067

NUMERO	TIPO
IC29	CD 4067
IC30	CD 4067
IC31	CD 4067
IC32	CD 4067
IC33	CD 4067
IC34	CD 4067
IC35	ADC MC8BC
IC36	LM 311
IC37	LF 398
IC38	LM 321
IC39	LM 321
IC40	LM 308
IC41	CD 4051
XTAL1	1 638 400 Hz
XTAL2	6 000 000 Hz
C's.	DB - 25S

Tabla 4.2

#### 4.2 Direccionamiento de puertos.

La microcomputadora en orden de adquirir la informacion de los puertos, basicamente debe de seguir tres pasos: polarizar la seccion o secciones que se requieran a traves de los interruptores de voltaje, direccionar por medio de sus senales de salida el puerto en el cual se encuentra la informa-cion deseada, y por ultimo, recibir la informacion por sus puertos de entrada.

Dependiendo del tipo de puerto que se desea acceder, son los interruptores de voltaje que se encienden, y las senales de entrada/salida que se utilizan, esta relacion. es mostrada en la tabla 4.3.

PUERTO	INTERRUPTORES DE VOLTAJE	DATO DE ENTRADA	SENALES DE SALIDA
ADP	SVO-SV2	DBO-DB7	P10-P14
ADS	SVO	T0	
ADF	SVO,SV2	T1	P10-P13
AA	SVO,SV2-SV3	T1	P22-P23 y P10-P17
EXT	SVO	T0,P20-P21	T0,P20-P21

Tabla 4.3

Para los casos en que se desea adquirir informacion en serie y manejar dispositivos externos, no es necesario encender ninguno de los interruptores ya que la microcomputadora directamente realiza la accion.

La adquisicion de informacion en paralelo, es el caso mas sencillo, basta con prender los interruptores SV1 y SV2, direccionar al puerto deseado y leer directamente la informacion por el bus de datos de la microcomputadora. Para la adquisicion por frecuencia, se requiere, como se menciona en el inciso 3.5, de un programa que realice la lectura.

El caso mas complicado es cuando se desea adquirir la informacion analogica, pues aparte de direccionar el puer-



to deseado, es necesario determinar la ganancia del amplificador, manejar al S/H, inicializar el proceso de conversión AD y después adquirir la información por frecuencia.

Como el SAD tiene capacidad de manejar 256 puertos (diferenciales) de adquisición analógica mediante tres tarjetas de expansión, es necesario manejar las direcciones de los puertos con palabras de 8-bits, lo cual con ayuda del decodificador (IC19) se logra con solo 5-bits multiplexados. Primero se manda la dirección G del grupo de multiplexores por las líneas P10 - P13, la cual se almacena al activar la línea P14 y posteriormente, se manda la dirección del puerto por medio de las mismas líneas P10 - P13. La secuencia de señales que se requieren para direccionar un puerto de adquisición analógica es la mostrada en la siguiente tabla.

	P14	P13	P12	P11	P10
Selecciona grupo	1	G0	G1	G2	G3
Almacena direccion	0	G0	G1	G2	G3
Selecciona puerto	0	P3	P2	P1	P0

Tabla 4.4

Como se indico en el inciso 3.7, la transición de 1 a 0 en la señal P14 almacena la información P10 - P13, tal que, mientras P14 = 0, el contenido de P10 - P13 puede ser variado sin afectar la salida del decodificador. G0 - G3 es la palabra de cuatro bits que se requiere para seleccionar a un determinado grupo de multiplexores, donde G0 = LSB. Por su parte, P0 - P3 seleccionan al puerto deseado.

Los puertos de adquisicion analogica han sido numerados desde MOO hasta MFFH, donde la letra H significa que el numero es hexadecimal. La numeracion se realiza por los dos numeros hexadecimales GP, donde G determina el grupo de multiplexores y P el numero del puerto.

Hay que hacer notar que el orden de los bits G0 - G3 es aplicado al reves de como se aplican P0 - P3 a las lineas P10 - P13 en el momento de direccionar un puerto, esto es para acceder al puerto M1AH = M (0001 1010), la secuencia de la informacion que se debe mandar por las lineas P10 - P13, es:

	HEXA	P14	P13	P12	P11	P10
Selecciona grupo	18	1	1	0	0	0
Almacena direccion	08	0	1	0	0	0
Selecciona puerto	0A	0	1	0	1	0

Basicamente se requiere de los siguientes ocho pasos para el direccionamiento de un puerto de adquisicion analogica:

- 1 Seleccionar la direccion del grupo.
- 2 Almacenar la direccion del grupo.
- 3 Seleccionar la direccion del puerto.
- 4 Determinar la ganancia.
- 5 Muestrear el voltaje analogico.
- 6 Retener el voltaje analogico.
- 7 Direccionar el puerto N7 de adquisicion por frecuencia.
- 8 Inicializar el proceso.

La microcomputadora debe preparar al contador de eventos para realizar la adquisicion, antes de ejecutar el paso numero 8. La tabla 4.5 muestra las senales que se utilizan y la forma en que se realizan los muestreos de los diferentes puertos de adquisicion.

ADQUISICION		SENALES DE		LA	MICROCOMPUTADORA	
		BUS	TL		TO	PUERTO 2
					76543210	76543210
ADP	Puerto K0	( I ) K0			0X11XXXX	XXX10000
ADP	Puerto K1	( I ) K1			0X11XXXX	XXX11000
ADP	(Limpia (K 1))				0X11XXXX	XXX11111
ADP	Puerto K2	( I ) K2			0X11XXXX	XXX10100
ADP	Puerto K3	( I ) K3			0X11XXXX	XXX11100
ADP	Puerto K4	( I ) K4			0X11XXXX	XXX10010
ADP	Puerto K5	( I ) K5			0X11XXXX	XXX11010
ADP	Puerto K6	( I ) K6			0X11XXXX	XXX10110
ADP	Puerto K7	( I ) K7			0X11XXXX	XXX11110
ADP	Puerto K9	( I ) K9			0X11XXXX	XXX11001
ADF	Puerto N0		NO		0X1XXXXX	XXXX0000
ADF	Puerto N1		N1		0X1XXXXX	XXXX1000
ADF	Puerto N2		N2		0X1XXXXX	XXXX0100
ADF	Puerto N3		N3		0X1XXXXX	XXXX1100
ADF	Puerto N4		N4		0X1XXXXX	XXXX0010
ADF	Puerto N5		N5		0X1XXXXX	XXXX1010
ADF	Puerto N6		N6		0X1XXXXX	XXXX0110
AA	Puerto N7		N7		011X10XX	XXXX1110
ADF	Externo		I		0X1XXXXX	XXXXXXXX1
	Externo (I/O)				0XXXXXEE	XXXXXXXXXX
	Externo (I/O)			E	0XXXXXXX	XXXXXXXXXX
ADP	Externo (I/O)	DB			0X11XXXX	XXX10111

ADQUISICION		SENALES DE LA MICROCOMPUTADORA					
		BUS	TI	TO	PUERTO 2	PUERTO 1	
AA	Puerto M00				76543210	76543210	
					011X1XXX	XXX10000	
					011X1XXX	XXX00000	
					011X11XX	HHH00000	
					011X00XX	HHH00000	
					011X00XX	XXXX1110	
					011X10XX	XXXX1110	
					011X1XXX	XXX10000	
					011X1XXX	XXX00000	
					011X11XX	HHH00001	
AA	Puerto M01				N7	011X10XX	XXXX1110
					011X1XXX	XXX10000	
					011X1XXX	XXX00000	
					011X11XX	HHH00001	
					011X00XX	HHH00001	
					011X00XX	XXXX1110	
					011X10XX	XXXX1110	
					011X1XXX	XXX11100	
					011X1XXX	XXX01100	
					011X11XX	HHH01010	
AA	Puerto M3A				N7	011X00XX	HHH01010
					011X00XX	XXXX1110	
					011X10XX	XXXX1110	
					011X10XX	XXXX1110	
					011X10XX	XXXX1110	
					011X10XX	XXXX1110	

Tabla 4.5

## CAPITULO 5.

PROBLEMA

En el presente capitulo se describe superficialmente la forma en la que se resolvió un problema real de instrumentación con un sistema de adquisición de datos.

Se requería la instrumentación de una vivienda prototipo con el fin de realizar estudios sobre el aprovechamiento de la energía solar para la climatización pasiva de casas-habitación(\*).

Originalmente se pensaba construir una vivienda modelo, la cual prescindiendo de los sistemas comunes de aire acondicionado, calefacción y el uso de la energía eléctrica, proporcionara a sus ocupantes las condiciones de bienestar óptimo tanto de temperatura como de humedad. Con ayuda de la instrumentación apropiada, se deseaba obtener la información necesaria para determinar la eficiencia de la vivienda, la cual dependía entre otras cosas del diseño de ella, del tipo de materiales usados en la construcción, etc..

A pesar de que por alguna razón no fue posible la realización física del proyecto, se determinó la configuración del sistema de adquisición, se escribieron algunos programas para la microcomputadora y se le realizaron varias pruebas al sistema en el laboratorio.

Para no extenderse mucho en el tema y por que no es el objetivo de este trabajo, se exponen a "grosso modo" el planeamiento y la solución del problema.

(\*) Proyecto IIM-IIMAS, UNAM, 1980.

Aunque algunos de los sensores que se utilizarían también, fueron diseñados para este proyecto, se parte del hecho de que ellos entregan a su salida una cierta señal sin importar la relación que guarda con el parámetro medido.

Como se vera, la información adquirida es almacenada en cinta magnetica cassette de audio, la cual sera tratada como una caja negra, en la que es posible guardar información para su posterior recuperación.

Dependiendo del lugar donde se fueran a instalar los instrumentos de medición, se formaron dos grupos:

Instrumentación exterior, la cual sería colocada en el exterior de la casa y se utilizaría para obtener información referente a las condiciones del medio ambiente, tal como: temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, etc..

Instrumentación interior, instalada en el interior de la casa, internamente en las paredes, en las ventanas, etc..

Para la recuperación de la información, se utilizaría un sistema de adquisición de datos, el cual realizaría lecturas a intervalos de tiempo predeterminados y almacenaría la información en cinta magnetica cassette.

La vivienda iba a ser construida en un lugar donde se tenía acceso a la red de distribución eléctrica, pero como esta continuamente era interrumpida, se pensó en un sistema de resguardo en base a un banco de baterías.

Como los parámetros a sensar tenían poca variación

con el tiempo, se determino realizar los muestreos de las senales cada media hora. La casa iba ser construida en un lugar donde las condiciones de radiacion solar fueran optimas para la caracterizacion de la vivienda, por lo que era necesario que el sistema tuviera al menos una autonomia de 35 dias, tal que cada mes se fuera a verificar el funcionamiento del sistema y se recogiera la cinta para el procesamiento de la informacion.

Para llevar a cabo la instrumentacion, se requirio del uso de los siguientes sensores:

Instrumentacion exterior:

Sensor: Anemometro.

Parametro: Velocidad del viento.

Salida: Frecuencia compatible con TTL  
0 - 255 hz.

Sensor: Veleta.

Parametro: Direccion del viento.

Salida: Tres senales compatibles con TTL. Codigo Gray.  
255 estados.

Sensor: Higrometro.

Parametro: Humedad relativa.

Salida: Fuente de voltaje, baja impedancia.  
50 - 250mv.

Sensor: Termometro.

Parametro: Temperatura.

Salida: Fuente de voltaje, baja impedancia.  
200 - 700mv.

Sensor: Barometro.  
Parametro: Presion atmosferica.  
Salida: Fuente de voltaje, baja impedancia.  
400 - 800mv.

Sensor: Radiometro.  
Parametro: Radiacion solar directa.  
Salida: Fuente de voltaje, baja impedancia.  
0 - 100mv.

Sensor: Radiometro.  
Parametro: Radiacion solar difusa.  
Salida: Fuente de voltaje, baja impedancia.  
0 - 100mv.

Sensor: Pluviometro.  
Parametro: Precipitacion pluvial.  
Salida: Pulsos compatibles TTL.  
0 - 1 000 pulsos.

#### Instrumentacion interior:

Sensor: 8 termometros.  
Parametro: Temperatura.  
Salida: Fuente de voltaje, baja impedancia.  
300 - 600mv.

Sensor: 2 higrometros.  
Parametro: Humedad relativa.  
Salida: Fuente de voltaje, baja impedancia.  
100 - 250mv.

Sensor: Anemometro.  
Parametro: Velocidad del viento.  
Salida: Frecuencia compatible con TTL.  
0 - 100 hz.



Sensor: Veleta.  
Parametro: Direccion del viento.  
Salida: Dos senales compatibles con TTL.  
3 estados.

La figura 5.1 muestra un diagrama representativo de la ubicacion de los sensores, el cual no tiene relacion con la ubicacion real y solo se muestra qui como referencia.

El pluviometro, utiliza una superficie recolectora de lluvia y la almacena en un deposito, bajo cierto comando electrico el deposito es vaciado, lo cual provoca la generacion de un tren de pulsos proporcional a la cantidad de agua almacenada.

La veleta que se debia instalar en la pared recolectora, proporcionaba solamente tres direcciones, viento ascendente, viento descendente y ausencia de viento. Se deseaban obtener dos tipos diferentes de informacion de este sensor: El numero de veces que el viento cambiaba de direccion y la direccion instantanea en el momento en que se realizaba la lectura de la velocidad tambien dentro de la pared.

Se estimaba que el numero maximo de veces que podian suceder cambios de direccion del viento dentro de la pared, era de 1 000 en una hora.

Como el promediador de pulsos iba a estar ocupado por la medicion de la velocidad de viento exterior y no era conveniente tener a la microcomputadora polarizada todo el tiempo solo para realizar esta medicion, se decidio implementar un contador de eventos externo y adquirir la informacion en paralelo.

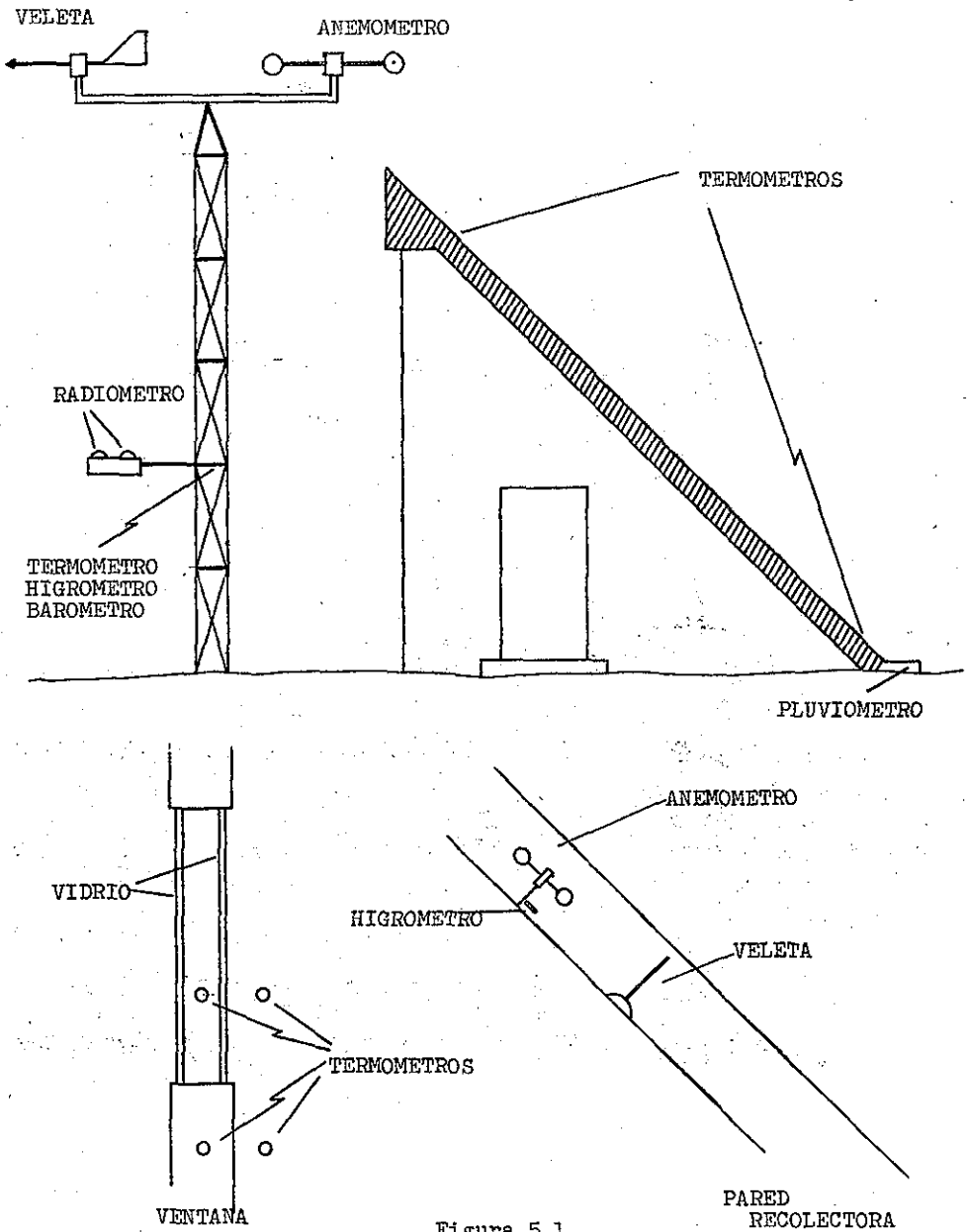


Figura 5.1

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Debido a que la cuenta maxima podia ser de 500 en media hora, y se requerian al menos 9-bits, se implemento un contador de 12-bits. Las senales de salida de la veleta correspondientes a la direccion del viento son:

M1	M0	Direccion del viento.
0	1	Ascendente.
1	0	Descendente.
1	1	Auscencia.

El sistema de adquisicion necesitaba de dos puertos en paralelo para leer la informacion de la veleta, los cuales eran suficientes para los 12-bits del contador, y los 2-bits correspondientes a la direccion instantanea, como se indica en la figura 5.2. La colocacion de MO y M1 en el circuito combi nacional, depende de cual sea la transicion de direccion que se desea ocacione el cambio en el contador.

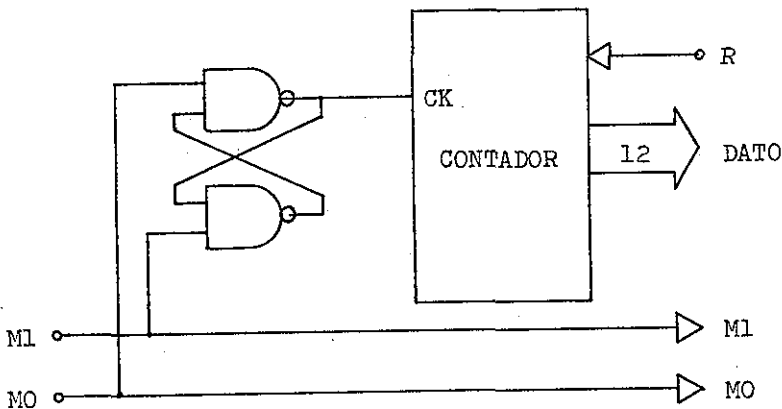


Figura 5.2

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Conectados de esta forma, si el contador incrementa su cuenta con frentes de onda negativos, cada vez que la dirección del viento cambie de descendente a ascendente, se produzca un frente que incremente al contador.

Un nivel lógico bajo en la señal R, provoca que el contenido del contador se borre, lo cual hace la micro después de que leyó el dato, con el fin de inicializar al contador para la siguiente lectura. Esta señal, también podía ser utilizada para realizar la lectura del pluviómetro.

Sabiendo esta información, era posible determinar la configuración del sistema de adquisición, lo cual se hizo de la siguiente forma:

Anemómetro externo. Se conecta a la señal Q3 del conector C0 que es la entrada del promediador de pulsos. Como la frecuencia máxima es de 255 hz., en media hora el número máximo de pulsos será de 255 x 1 800, si el promediador se alambra de tal forma que la entrada sea dividida por 1 800, al final, el contenido del puerto es exactamente el promedio de la señal. Para obtener la división por 1 800 (9 x 10 x 10 x 2), basta alambra los puentes: A4 - A7, A5 - A8, A9 - A6 - A10, A11 - +V, A10 - A15 y V21 - V28 con K10 - K17. La micro accesa el dato por el puerto K1.

Veleta externa. Las tres señales que entrega la veleta, son conectadas con las líneas Q0 - Q2 del conector C0. Es necesario alambra los puentes D0 - D7 a K00 - K07 para que la microcomputadora accese el dato por el puerto K0.

Pluviómetro. Su salida se conecta a la señal N1 en el conector C3, debido a que la información está contenida en el número de pulsos de la señal. Como el número máximo de pulsos que puede entregar este dispositivo a su salida siempre es menor

de 1 000, es necesario que el programa de la micro sea capaz de llevar la cuenta en dos bytes.

La línea T0 de la microcomputadora es utilizada para determinar el momento en que se debe de entregar la información de este sensor y para borrar al contador de la veleta interna.

Veleta interna. Las salidas del contador y las señales M0 y M1 de la veleta son conectadas a los puertos K6 y K7, para ser accedadas por la micro.

Anemometro interno. Su salida se conecta a la señal N1 presente en el conector C3.

Para la adquisición de la información contenida en los voltajes de las señales, se utilizan los puertos M20H - M2DH. Como solo existen seis tipos diferentes de señales, es posible que cada señal, reciba una amplificación tal que el máximo nivel de entrada, después de amplificarlo sea el voltaje de FS del convertidor. La tabla 5.1 muestra el rango de intereses de los sensores, el factor de amplificación y la relación mV., de entrada por bits obtenida después de realizada la conversión A - D.

SENSOR	RANGO (mV.)	FACTOR DE AMP.	mV./bit
Termometro ext.	500	5.00	1.960
Higrometro ext.	200	12.50	0.960
Radiometro dir.	100	25.00	0.784
Radiometro dif.	100	25.00	0.392
Barometro	400	6.25	1.568
Termometros int.	300	8.33	1.176
Higrometros int.	150	16.66	0.588

Tabla 5.1

Como todas las senales analogicas son alimentadas por los puertos M2, es posible, en orden de facilitar la adquisicion, almacenar en memoria una tabla conteniendo la direccion del puerto deseado y la ganancia en un solo byte de informacion.

Para que el sistema realizara muestreos a cada media hora, fue necesario alambrar los siguientes puentes del reloj: R11 + R10 + R9 + R4. El encendido de la micro, se realiza al final de cada media hora y lo provoca el reloj.

El consumo de corriente de la estacion, esta determinado por dos factores: El consumo pico en el momento en que se realiza la adquisicion y grabacion de la informacion, el cual depende del numero de canales utilizados y el tipo de grabadora, y el consumo constante de las secciones del sistema - que siempre permanecen polarizadas. El consumo de corriente promedio fue menor a 8 mA., el cual es posible mejorar si se utiliza una grabadora con mejores características.

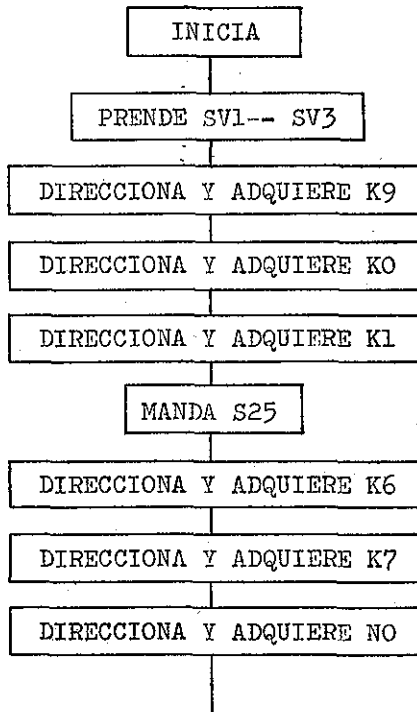
Debido al bajo consumo de corriente de la estacion, el sistema de resguardo de baterias se hizo con solo una bateria de aproximadamente 4 x 4 x 10 cms., con un peso de 250 grs., y una capacidad de 900 mAh., con la cual, se obtenia una autonomia de la linea de mas de 4 dias.

La bateria estaba conectada al circuito de tal manera que en el momento en que se restablecia el servicio electrico, la bateria se recargaba.

El programa residente en la microcomputadora, debia ser capaz de realizar la lectura de todos los sensores, almacenando la informacion en memoria. una vez concluida la adquisi

sición, deshabilitar todo el sistema, encender la grabadora y grabar la información adquirida. Las líneas P20 y P21 de acceso externo fueron utilizadas para ese fin, la línea P21 maneja la polarización de la grabadora y por medio de la línea P20, se mandaba la información después de que la micro realizaba la conversión paralelo-serie y hacía el cálculo de la paridad. - Como en este caso se utilizó una grabadora de audio, fue necesario que la información grabada estuviera modulada en frecuencia, lo cual también realizó la microcomputadora.

La figura 5.3 muestra un diagrama de flujo de las acciones que debe de realizar la micro, en orden de adquirir la información y grabarla en la cinta.



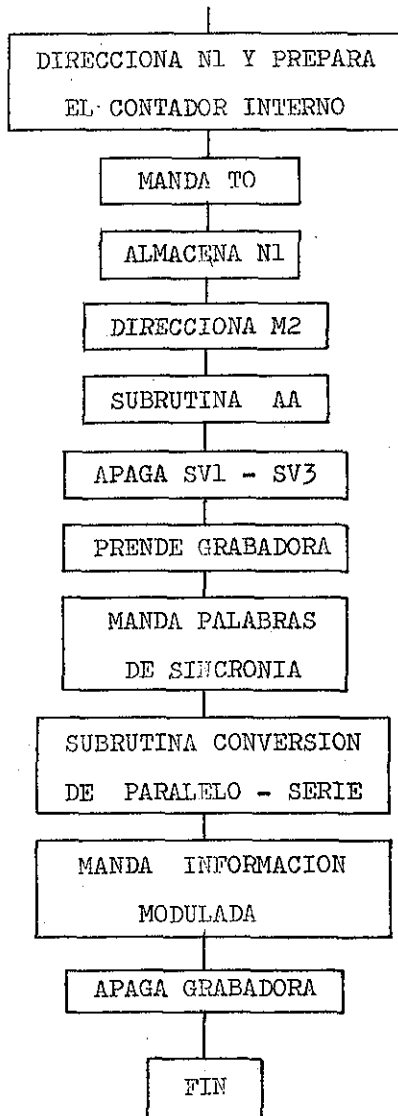


Figura 5.3



## CAPITULO 6.

RECUPERACION DE LA INFORMACION

Como continuacion del problema de instrumentacion planteado en el capitulo anterior, en este capitulo, se presenta la forma en que se puede recuperar la informacion almacenada en cinta magnetica por los sistemas de adquisicion.

Dependiendo del tipo de grabadora que es utilizada, la informacion puede estar representada de muy diversas formas. Con el proposito de que esta informacion pueda ser alimentada a una computadora para su procesamiento, es necesario convertir la a senales digitales con los niveles de voltaje compatibles.

Aunque una vez que la informacion ya se encuentra digitalizada es posible entregarla a cualquier tipo de computadora digital, para continuar con el problema expuesto, la recuperacion y el procesamiento de la informacion, se resuelve con el auxilio de la microcomputadora TRS-80 descrita en el inciso 2.2.

Las razones que motivaron el uso de esta microcomputadora, fueron principalmente: Los circuitos de interface necesarios para realizar la recuperacion ya estaban implementados, pues podian ser los mismos que se utilizan para el programador/verificador de memorias. Aunque la capacidad del dispositivo no es mucha, puede ser suficiente para un amplio rango de aplicaciones. La razon que posiblemente sea la mas importante, es que el circulo de adquisicion de datos es cerrado con un sistema totalmente autonomo y con un costo relativamente bajo.

En el problema anterior se menciono que la grabadora que fue utilizada por el SAD para almacenar la informacion, - era del tipo cassette de audio. En estas grabadoras y en orden de almacenar informacion digital, es necesario modular esta informacion debido a las caracteristicas de la cabeza de grabacion, ademas, como estas grabadoras solo utilizan un canal de grabacion, se requiere que la informacion sea grabada en serie.

La figura 6.1 es un diagrama de bloques del circuito disenado para la recuperacion de la informacion.

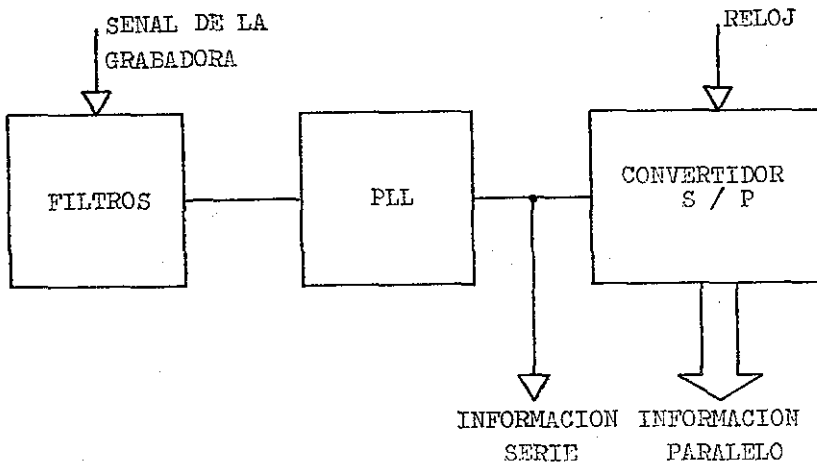


Figura 6.1

La grabadora entrega a su salida una senal en serie, modulada en frecuencia, correspondiente a la informacion digi-

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

tal. La función de los filtros, es la de atenuar las señales indeseables que son introducidas por la grabadora, tal que la señal que se entrega al siguiente bloque, sea una reproducción fiel de la señal que se entregó a la grabadora en el momento de almacenar la información.

La demodulación de la señal, es llevada a cabo por un circuito seguidor de fase (phase locked loop, PLL) y un comparador de voltaje, el cual polarizado adecuadamente, puede proporcionar a su salida la información digital en serie.

Dependiendo del tipo de canal de entrada de la computadora, es posible alimentar la información en serie, o bien, convertirla externamente a paralelo y entregarla por medio de 8 líneas de datos y dos de control.

En la recuperación de la información del problema - citado, como ya se dijo, se utilizó la TRS-80 y la información le fue entregada en serie, por lo que el programa debería de ser capaz de realizar la recepción del dato, convertirlo a paralelo y verificar su validez por medio del bit de paridad.

Como la microcomputadora tiene capacidad de programarse en código de máquina (Z80), el programa utilizado es muy similar al desarrollado para la adquisición en serie del SAD mostrado en la figura 3.13 y programa #1 del inciso 3.4. Aunque básicamente el diagrama de flujo es el mismo, los cambios se debieron a que las instrucciones y el ciclo de máquina difieren en los dos dispositivos, además el puerto por donde se recibe la información, también es diferente.

Una vez que la información a sido cargada a la micro,

es posible obtener facilmente graficas, listados y los valores tipicos necesarios para el analisis de la informacion adquirida por el SAD.

Las pruebas que se realizaron en el laboratorio, consistieron en proporcionar al SAD informacion simulada, la cual era muestreada y grabada cada minuto.

Aparte de los 22 datos adquiridos (2 de la veleta interna, 2 del pluviometro y 1 por cada sensor restante), tambien fue utilizado un puerto de adquisicion analogica para muestrear el voltaje de alimentacion y el puerto K9 dedicado al contador de localidad de lectura. Ademas los bytes de sincronia que se graban con el fin de facilitar la recuperacion de la informacion de la cinta, lo que hace un total de 30 palabras de informacion.

Se utilizan cintas C-60, las cuales proporcionan apoximadamente 30 minutos de grabacion efectiva, por lado. Debido a que la grabadora fue provista de circuitos que permiten tiempos de acceso cortos, la grabacion de un bloque de datos de -330-bits, grabando a una velocidad de 2 400-bits por segundo, se realiza en un tiempo de cinta aproximado de 500 mseg., tal que es posible almacenar 3 600 lecturas en un lado de la cinta.

En las pruebas que se realizaron en el laboratorio, con muestreos cada minuto, se obtuvo una autonomia de cinta de 60 hr., con una relacion de error menor a  $10^{-6}$ , esto es un error irrecuperable en un lado de la cinta (1.188 000-bits). En el caso del problema, se pedia que la autonomia fuera de al menos 35 dias con muestreos a cada media hora, el SAD utilizando esta misma cinta puede tener hasta 75 dias.

La capacidad maxima de la cinta, se obtiene al multiplicar la velocidad de grabacion en bits/segundo, por la du racion efectiva de la cinta, para el caso del ejemplo, grabando en cintas C-60 a una velocidad de 2 400 bps., la capacidad es de 4 320 000 bits. La eficiencia relativa (Er), es la re lacion de la capacidad maxima y el numero de bits totales almacenados en la cinta:

$$Er = \frac{1\ 188\ 000}{4\ 320\ 000} \quad Er = 27.5 \%$$

La eficiencia absoluta (Ea), es la relacion de la capacidad maxima y el numero efectivo de bits de informacion grabados en la cinta:

$$Ea = \frac{3\ 600 \times 24 \times 8}{4\ 320\ 000} \quad Ea = 16 \%$$

A pesar de que la grabadora fue provista de los circuitos necesarios para realizar los accesos en poco tiempo, la eficiencia relativa de la grabacion, es aun muy baja.

La principal razon por la cual se uso este tipo de grabadoras, fue que la relacion de precio/bit almacenado es muy baja y aunque la eficiencia tambien es baja, puede ser su ficiente para ciertas aplicaciones.

## CAPITULO 7.

PERIFERICOS DEL SISTEMA

Una de las características mas importantes en los sistemas de adquisición de datos, es su habilidad de poderse interconectar con otros dispositivos perifericos para desarrollar diferentes funciones.

Principalmente los sistemas de adquisición de propósito general, son los que deben de poseer mayor capacidad de interconexion, para versificar mas su campo de accion.

En el presente capitulo, se describen algunos de los perifericos que es posible acoplar al sistema de adquisición, pero lo que puede ser mas importante, se muestran algunas de las características del sistema, que le permiten interconectarse con otros dispositivos.

### 7.1 Sistema automatico de prueba.

La confiabilidad que se tiene acerca de los datos obtenidos por un sistema de adquisición, depende entre otras cosas de la calibración, la cual es alterada por el transcurso del tiempo, las variaciones de la temperatura, etc.. Generalmente, para llevar a cabo la verificación del funcionamiento y la calibración de los SAD, es necesario interrumpir la adquisición y trasladar el dispositivo a un laboratorio.

El sistema automatico de prueba (SAP), es un dispositivo autonomo construido a partir de una microcomputadora y disenado con el proposito de calibrar y verificar el correcto

funcionamiento del SAD, sin interrumpir la adquisicion de los datos.

Como la microcomputadora, dependiendo de la forma en que este trabajando el SAD, puede o no estar polarizada. El -SAP, con el fin de realizar las pruebas genera la senal externa necesaria para provocar el encendido y la senal de interrupcion que obliga a la micro del SAD a ejecutar el programa de verificacion.

Cuando la micro-SAD esta ejecutando la subrutina de interrupcion, se establece un canal de comunicacion bidireccional en serie entre las dos microcomputadoras. Por medio de este canal, la micro-SAP indica el numero del puerto que desea verificar y la micro-SAD, entrega el valor obtenido en el puerto indicado.

Aunque es posible obtener tambien un canal de comunicacion en paralelo, se prefirio utilizar solamente los canales en serie, para no restarle facultades al SAD.

Para la calibracion y verificacion del sistema, es necesario desconectar la entrada de los sensores, y en su lugar alimentar un patron de informacion conocida, lo que puede ocasionar perdida en la informacion adquirida, tal y como ocurriria en los dos puertos de proposito definido KO y Kl.

Basicamente el proceso de verificacion consta de tres pasos:

1).- La micro-SAP le indica a la micro-SAD el numero del puerto que se desea verificar.

2).- La micro-SAD realiza la adquisicion del dato que esta presente en el puerto indicado.

3).- Por ultimo, la micro-SAD entrega el valor del dato adquirido.

Una característica muy importante, es que si en lugar de conectar el patron de datos se dejan conectadas las entradas de los sensores, el conjunto de dispositivos (SAD-SAP) puede trabajar como un sistema de adquisicion de datos en tiempo real.

El sistema automatico de prueba, ha sido provisto de un circuito demodulador identico al que se utiliza para llevar a cabo la recuperacion de la informacion grabada en la cinta, descrito en el capitulo anterior. Con ayuda de este dispositivo, es posible realizar diferentes pruebas para conocer si el SAD esta grabando la informacion correctamente.

Debido a que los dos sistemas trabajan en base a - microcomputadoras, las cuales los hacen relativamente inteligentes, es posible realizar gran cantidad de pruebas y configuraciones para verificar el funcionamiento y la calibracion del sistema.

El sistema de prueba completo, consta de tres modulos: un patron para la adquisicion digital en paralelo, otro para la adquisicion analogica y el que basicamente es el SAP, que contiene la microcomputadora y el patron para la adquisicion digital por frecuencia.

Para que el SAP fuera realmente autonomo, cada uno de los modulos es independiente y accionado por baterias, el tamano aproximado es de 6 x 8 x 2 cms., y 8 x 10 x 2 cms., para los modulos de los patrones y la micro, respectivamente.



La figura 7.1 muestra la configuración del sistema de prueba y su conexión con el sistema de adquisición de datos.

La conexión SAP-SAD, se realiza por medio del conector tres del SAD, pues es ahí donde se encuentran presentes las señales de entrada/salida de la microcomputadora.

Como se puede apreciar de la figura, el SAP tiene dos indicadores de tres dígitos cada uno, mediante los cuales da a conocer el resultado de la operación, por uno muestra el número del puerto y por el otro, el dato obtenido. El indicador restante, es de solo un dígito e indica si la información contenida en los otros displays está representada por un número hexadecimal o decimal.

La dirección del puerto que se desea acceder y la forma en que se quieren realizar los accesos, son alimentados al SAP por medio de un teclado, el cual consta de 18 teclas; 10 teclas numéricas (0 - 9), con ayuda de las cuales es posible indicarle al SAP la dirección de los puertos que se desea acceder y las ocho restantes, para los comandos que se utilizan para determinar el modo de operación del sistema, el cual, una vez seleccionado es mostrado por medio de los focos testigo. Cada una de las 8 teclas, tienen una función específica que desarrollar, la tecla:

- "I" Inicia la operación del sistema.
- "F" Finaliza la operación.
- "H/D" Selecciona la forma en que se despliegan los datos en los displays, hexadecimal o decimal.

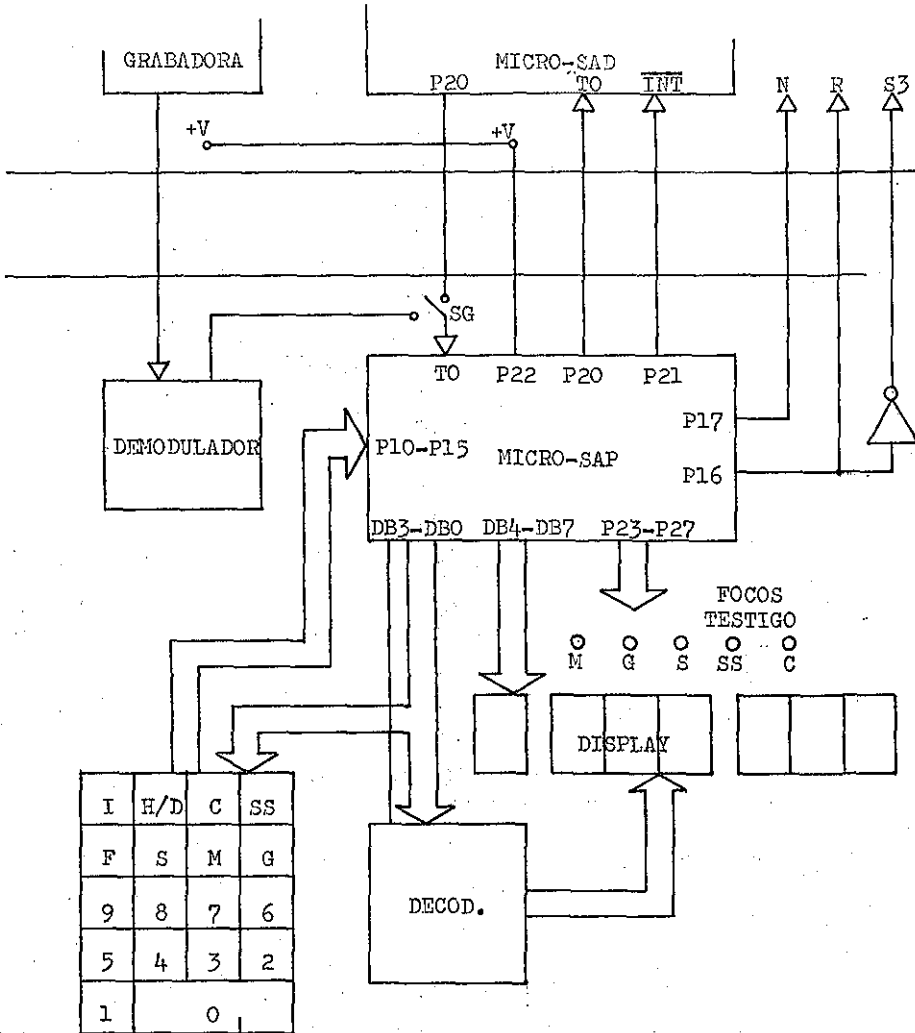


Figura 7.1

Se utilizan dos teclas, para indicarle al SAP el origen de la información que se desea obtener.

- "M" Para accesos al SAD.
- "Q" Para accesos a la grabadora.

Las tres teclas restantes, son usadas para determinar la forma en que se quieren realizar los accesos.

- "S" Acceso sencillo a un puerto; con refrescamiento continuo de información.
- "SS" Acceso a un solo puerto, para cambiar de puerto o renovar el dato, es necesario proporcionar la nueva dirección.
- "C" Acceso continuo a todos los puertos, se determinan las direcciones deseadas y el sistema - secuencialmente las esta accedando y mostrando en el display.

Para realizar los accesos a la grabadora, es necesario conectar la salida del circuito demodulador a la entrada de información en serie (TO) de la micro-SAP, por medio del interruptor SG.

El SAP enciende al SAD en el momento de iniciar la operación de verificación y maneja el encendido/apagado de la grabadora por conducto de su línea P22. La línea P16 se utiliza para provocar el borrado de los contadores del reloj y - de la localidad de lectura del SAD, con el fin de inicializar al sistema.

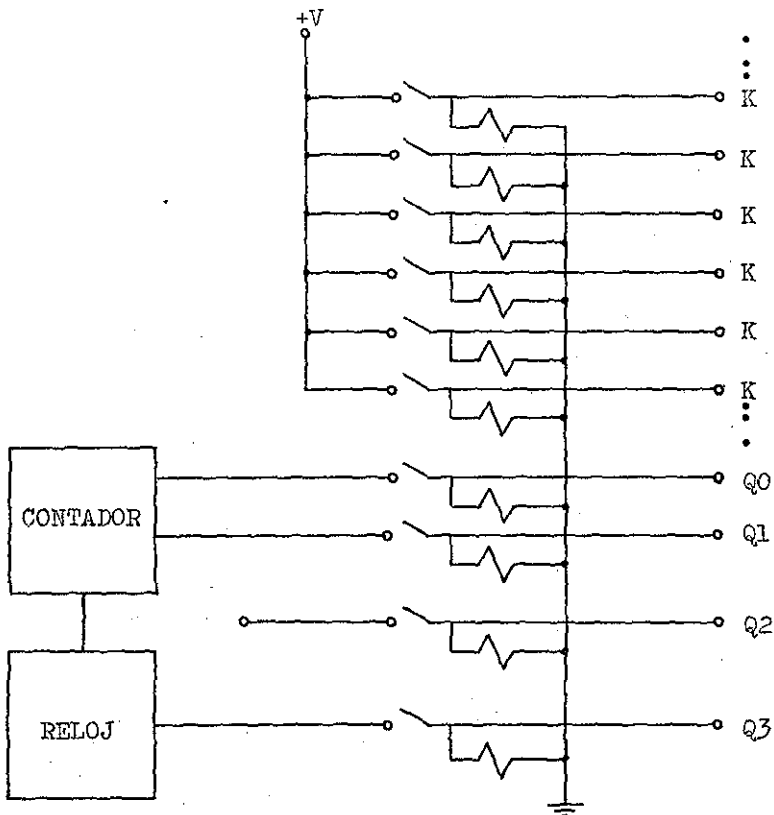


Figura 7.2

El patrón de la adquisición digital por frecuencia, es generado por programa y entregado a los puertos "N" del - SAD via la señal P17.

La figura 7.2 muestra el diagrama del patrón de adquisición digital en paralelo y la figura 7.3 el de la adquisición analógica.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

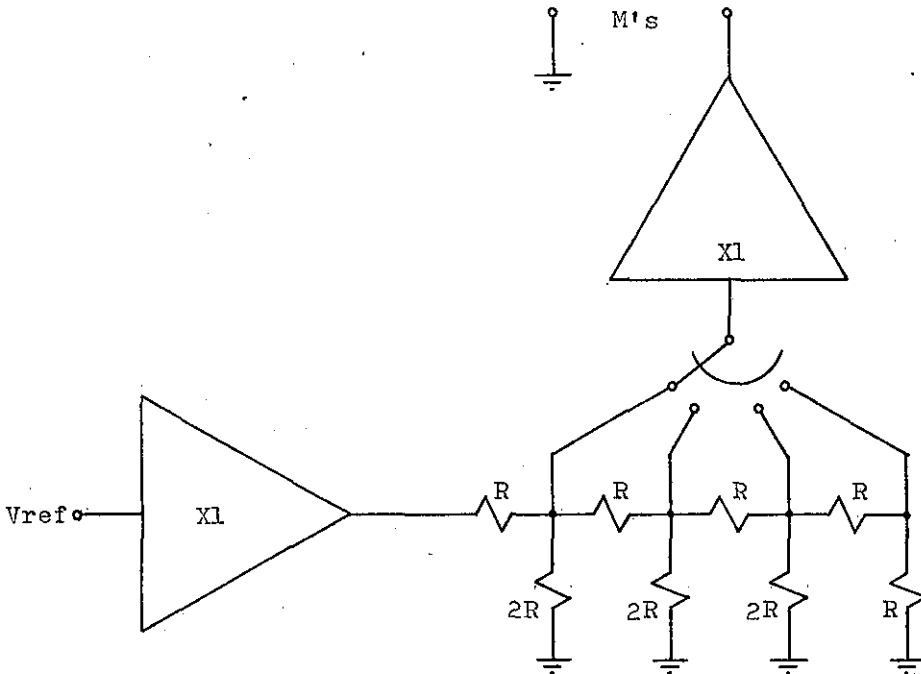


Figura 7.3

## 7.2 Extension de canales.

Los sistemas de adquisición de datos, se pueden clasificar por el número y el tipo de canales de adquisición que tienen.

Es importante que los SAD de propósito general, tengan capacidad de manejar un gran número de puertos de adquisición, el cual pueda ser modificado para satisfacer aplicaciones

particulares sin alterar las características del sistema.

El SAD descrito en este trabajo, esta contenido en una tarjeta de circuito impreso de 19 x 34 cms., en la cual es posible expandir hasta 80 el numero de canales sin necesidad de modificarlo. Los puertos de adquisicion son:

- 1 Puerto de adquisicion digital en serie.
- 7 Puertos de adquisicion digital por frecuencia.
- 8 Puertos de adquisicion digital en paralelo.
- 64 Puertos de adquisicion analogica (diferenciales).
- 128 Puertos de adquisicion analogica (referidos).
- 80 (144) puertos.

La microcomputadora por medio de un decodificador incluido en el SAD, tiene capacidad de direccionar mayor cantidad de puertos, que los incluidos en la tarjeta, por lo que para la expansion de los canales de adquisicion, se pueden utilizar las mismas tarjetas de circuito impreso y solo armar las secciones de adquisicion que se requieran.

El numero maximo de puertos de adquisicion a que se puede expandir el sistema, sin necesidad de modificar al circuito es mostrado en la tabla 7.1.

NUMERO		PUERTOS DE ADQUISICION
CANALES	TARJETAS	
1	1	Digital en serie.
7	1	Digital por frecuencia.
8	1	Digital en paralelo.
16	2	Digital en paralelo.
64	1	Analogica (diferenciales).

NUMERO		PUERTOS DE ADQUISICION
CANALES	TARJETAS	
128	2	Analogica (diferenciales).
192	3	Analogica (diferenciales).
256	4	Analogica (diferenciales).
128	1	Analogica (referidos).
256	2	Analogica (referidos).

Tabla 7.1

Debido a que independientemente del numero de canales del sistema, la micro realiza los accesos a los puertos de la misma manera, los tiempos de adquisicion son iguales para canales del mismo tipo. Logicamente, el tiempo que la micro utiliza para realizar el muestreo de todos los canales, depende de el numero y tipo de ellos.

Es importante hacer notar que principalmente en la extension de los canales de la adquisicion analogica, existan algunas senales indeseables a causa del alambrado y el numero de salidas de los multiplexores analogicos conectados en comun. Este efecto puede ser reducido aunque no cancelado, si se utiliza el convertidor analogico/digital de cada tarjeta.

### 7.3 Lineas de comunicacion.

El SAD tiene un canal de comunicacion bidireccional en serie, por medio del cual, es posible conectarlo a una gran cantidad de dispositivos.

Como se vio en el inciso uno de este capitulo, la microcomputadora por medio de sus lineas T0 - P20 es capaz de -

establecer comunicacion con dispositivos perifericos para mostrar los resultados obtenidos o bien, para recibir instrucciones acerca de la forma en que debe de adquirir la informacion.

Debido a que la transmision y recepcion de datos se realiza mediante la ejecucion de un programa, es posible modificar el formato y la velocidad de la informacion con el fin de que el sistema se pueda conectar a una gran cantidad de dispositivos.

Aparte de estas dos líneas de comunicacion en serie, el sistema tiene capacidad de manejar un puerto de 8-bits en paralelo como entrada o salida de datos, independiente de los puertos de adquisicion, para cuando se requiere conectarse el SAD con dispositivos que solo manejar informacion en paralelo.

La figura 7.4 muestra a la microcomputadora con sus líneas de comunicacion, y los sentidos en que esta es transmitida.

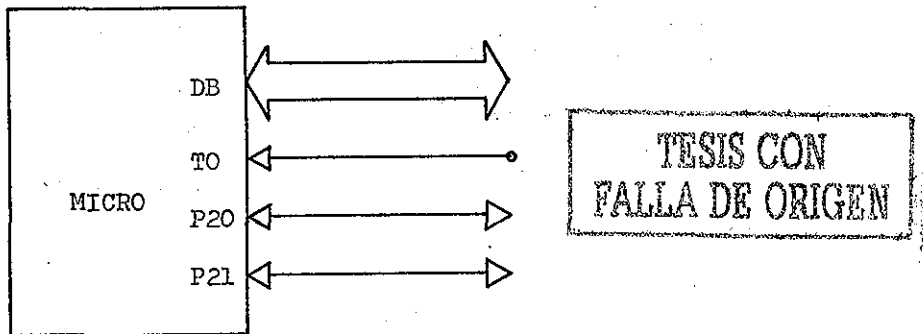


Figura 7.4

Las líneas T0 - P20 son utilizadas para la recepcion/transmision de la informacion en serie, respectivamente y las líneas DBO - DB7 para la informacion en paralelo.



La señal P21 puede ser utilizada como señal de sincronía cuando se requiera realizar transmisión sincrónica, tal que en el momento en que ocurra un frente de onda o nivel determinado en esta señal, la información presente en las líneas DBO - DB7 es válida.

Mediante el uso de las líneas de comunicación es posible que el sistema realice diferentes funciones, como por ejemplo: Si en lugar de que el SAD almacene la información adquirida en cinta magnética, esta es transmitida directamente o a través de un módem a un concentrador de datos, se obtiene un sistema de adquisición de datos remoto, con procesamiento de información en tiempo real.

Aunque es posible conectar el SAD con dispositivos tales como impresoras, graficadores, perforadoras de cintas de papel, display, etc., la característica más importante en el uso de las líneas de comunicación, es la capacidad que tienen los sistemas de poderse interconectar con el fin de establecer redes inteligentes para la adquisición de datos, como se muestra en la figura 7.5.

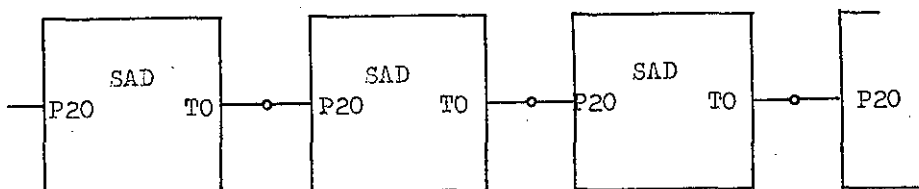


Figura 7.5

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### 7.4 Fuente de poder.

Es comun encontrar aplicaciones donde los sistemas de adquisicion deben instalarse en lugares donde no se tiene acceso a la red de distribucion electrica y se desea que transmitan la informacion obtenida para su procesamiento en tiempo real. En estas aplicaciones, la autonomia del SAD, esta determinada por su consumo de potencia y el banco de baterias - utilizado.

Debido a que el consumo de potencia del SAD es muy bajo, es posible generar la potencia necesaria para su funcionamiento, a partir de fuentes de energia no convencionales, tales como; energia solar, energia eolica, etc..

La seleccion del tipo de transductor a utilizar y de las características que debe de poseer, esta determinada principalmente por las condiciones del lugar en donde se desea instalar al sistema de adquisicion.

En el caso del problema mostrado en el capitulo cinco, se construyo un panel solar de aproximadamente 25 x 20 cms., el cual proporcionaba la potencia suficiente para mantener trabajando el sistema continuamente, con un nivel de radiacion solar promedio.

Tambien es posible utilizar un anemometro de copas, con un generador de corriente integrado, con el fin de producir energia electrica a partir de la energia eolica.

En fin, debido al bajo consumo de potencia del SAD, es posible acoplarlo con bancos de baterias pequenos y fuentes

de energia no convencionales con el fin de lograr un tiempo largo de autonomia, en lugares donde no se tiene acceso a - la red de distribucion electrica.

## CAPITULO 8.

DATOS TECNICOS

En el presente capitulo se muestran algunos de los datos tecnicos de la operacion del sistema de adquisicion de datos.

Principalmente se presentan las características - del sistema tratado como un sistema, por lo cual, no se incluyen las características particulares de cada una de las componentes que lo integran.

El simbolo (\*) indica que aunque la operacion del sistema es la indicada, esta característica puede ser modificada para satisfacer otras aplicaciones.

Debido a que todos los puertos de adquisicion, a excepcion del puerto de adquisicion digital en serie, estan implementados con circuitos integrados que usan la tecnologia C-MOS, es necesario que el manejo del sistema se realice cuidadosamente con el fin de no danar los circuitos.

Ademas, no se deben aplicar senales a los puertos de entrada del sistema, cuando estos se encuentran sin polarizacion, o bien, que el valor de la corriente en estado estable que se entrega al circuito sea menor a 10 mA.

- Adquisicion digital en paralelo.

Numero de puertos: 8 (maximo 16)

Longitud: 8-bits (\*)

Tiempo de adquisicion: 10 mmseg o mayor

Niveles de voltaje: 0 - 5v.

- Adquisición digital en serie.

Numero de puertos: 1

Formato: 11-bits (\*)

8 información + paridad + inicio + fin

Velocidad: 1 200 bps (\*)

Niveles de voltaje: 0 - 5v.

- Adquisición digital por frecuencia.

Numero de puertos: 7

Niveles de voltaje: 0 - 5v.

Frecuencia máxima: 133 000 hz.

La señal debe permanecer alta por lo menos 500 nseg.

(XTAL2 = 6Mhz.)

Tiempo de adquisición: Depende del rango de frecuencia de la señal a muestrear.

- Adquisición analógica.

Numero de puertos: 64 (máximo 256) diferenciales.

128 (máximo 256) referidos

Señal de entrada: Por voltaje o por corriente

Impedancia de entrada: Para la configuración por voltaje mayor a 2000 Kohms., y depende de la amplitud de la señal.

Amplitud de la señal de entrada: Menor a 2.5v. (\*)

Amplificación: (\*)

Voltaje de FS del convertidor: 2.56v. (\*)

Resolución: 10 mV

Error de cuantizacion:  $\pm 1/2$  LSB  
Error de linealidad diferencial:  $\pm 1/5$  LSB  
Tiempo de adquisicion: 5 mseg (\*).

- Grabadora.

Velocidad de la cinta: 4.75 cms/seg.  
Velocidad de grabacion: 1 200 bps (\*)  
Frecuencias portadoras: 2 500 y 5 000 hz (\*)  
Capacidad: Aproximadamente 3 000 bloques de 80 canales cada uno, en cinta C-60, un solo lado  
Relacion de error:  $10^{-6}$ .

- Polarizacion.

Voltajes: + 5v o + 5v.,  $\pm 12v$  (\*)  
Consumo maximo: Menor a 800 mA en el momento de grabacion  
Consumo en reposo: 7 mA, depende de la configuracion.

### CONCLUSIONES

La principal ventaja que se obtiene al haber diseñado un equipo como el descrito en este trabajo, es la de crear una herramienta de gran utilidad para investigadores e industriales, a un precio menor que el que costaría adquirirlo en el extranjero.

Se fomenta la creación de una tecnología nacional y se continúa con la carrera de independencia tecnológica.

Las características del funcionamiento del sistema, lo hacen competitivo con otros sistemas del mismo tipo existentes en el mercado.

BIBLIOGRAFIA

- \* "A User's handbook of D/A and A/D converters".  
Hnatek, R. Eugene  
John Wiley & Sons  
1975.
- \* "Analog-to-Digital/Digital-to-Analog conversion techniques".  
Hoeschele F. David  
John Wiley & Sons  
1968.
- \* "Arithmetic operations in digital computers".  
R. K. Richards  
D. Van Nostrand  
1955.
- \* "Pulse, Digital and Switching waveforms".  
J. Millman and H. Taub  
Mc Graw - Hill  
1965.
- \* "The ABDs of A/D and D/A converter specifications".  
Bernard M. Gordan  
EDN Agosto 15, 1972.
- \* "Linearize your V/F converter".  
Bengt Alvsten  
Electronic design 23  
Noviembre 8, 1973.
- \* "Application notes" de RCA.  
6 000, 6 210, 6 166, 6 218, 6 176, 6 282, 6 304.



- \* "Data Books".  
National, RCA, etc.
- \* "Manuales del usuario del MCS - 48".  
Intel.
- \* "MCS' - 48 Applications handbook".  
Intel.