

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA

"DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE TELEMETRIA Y
TELEMANDO PARA APLICACIONES INDUSTRIALES"

TESIS DE GRADO

PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

ESPECIALIZACION: ELECTRONICA

PRESENTADA POR:

CELIM ARAGUNDI PALUCCI

GUAYAQUIL - ECUADOR

1.983

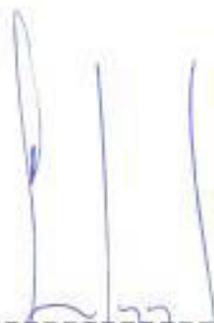
AGRADECIMIENTO

AL ING. CESAR YEPEZ FLORES,
DIRECTOR DE TESIS, POR SU AYU
DA Y COLABORACION PARA LA REA
LIZACION DE ESTE TRABAJO.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A handwritten signature in blue ink, consisting of three vertical strokes and a horizontal base, positioned above a dashed line.

ING. CESAR YEPEZ FLORES
DIRECTOR DE TESIS

DECLARACION EXPRESA

"LA RESPONSABILIDAD POR LOS HECHOS, IDEAS Y DOCTRINAS EXPUESTOS EN ESTA TESIS, ME CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE; Y, EL PATRIMONIO INTELECTUAL DE LA MISMA, A LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(REGLAMENTO DE EXAMENES Y TITULOS PROFESIONALES DE LA ESPOL).



CELIM ARAGUNDI PALUCCI

R E S U M E N

Considerando la ventaja que habría en ejercer un con trol y tomar mediciones desde lugares lejanos, y ob servando que ésta técnica tiene un futuro promisorio, tanto en el campo industrial, como médico, militar, co mercial, etc., es de interés el desarrollo de un Sis tema de Telemetría y Telemando para aplicaciones espe cialmente industriales, el cual consiste en el envío de tonos diferentes, que combinados, logran señales - que a su vez son utilizadas para pedir lecturas de - distintos medidores, y para controlar dos motores.

Las lecturas tomadas son observadas por el operador - del sistema, en una unidad de despliegue visual, con siguiendo así, manipular señales para el propósito ya mencionado.

Las señales de control son enviadas de y hacia la - planta utilizando un enlace de radio digital.

INDICE GENERAL

	<u>PAGS.</u>
RESUMEN -----	VI
INDICE GENERAL -----	VII
INDICE DE FIGURAS -----	X
INDICE DE TABLAS -----	XV
INDICE DE FOTOS -----	XVI
ABREVIATURAS -----	XVIII
INTRODUCCION -----	20
 CAPITULO I	
SISTEMA DE TELEMETRIA Y TELEMANDO -----	23
1.1. DEFINICIONES GENERALES DE TELEMETRIA -----	23
1.2. CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE TELEMETRIA ----	30
1.3. DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE TELEMANDO ----	44
 CAPITULO II	
DISEÑO DEL SISTEMA -----	47
2.1. DIAGRAMA EN BLOQUES DEL SISTEMA -----	47
2.2. ACCIONAMIENTO Y LECTURA -----	51
2.2.1. Accionamiento -----	51
2.2.2. Lectura -----	58
2.3. EJECUCION Y MEDICIONES -----	75

2.3.1. El Descodificador -----	75
2.3.2. El Sistema de Adquisición de Datos ---	93
2.3.2.1. Descripción Funcional -----	93
2.3.2.2. Señales de Control -----	99
2.3.3. Adquisición de Datos -----	120
2.3.3.1. Transductores e Interfaces -----	120
2.3.4. Interfaz de mando -----	125
2.3.4.1. Encendido y apagado de motores	125

CAPITULO III

CONSTRUCCION -----	131
3.1. LISTA DE MATERIALES -----	131
3.2. DISTRIBUCION Y UBICACION DE COMPONENTES EN TAR JETAS -----	135
3.3. SECCIONAMIENTO DE LOS CIRCUITOS -----	136
3.4. DISPOSICION FINAL -----	152

CAPITULO IV

VIAS DE TRANSMISION -----	154
4.1. GENERALIDADES -----	154
4.2. FORMAS DE REDES Y METODOS DE TRANSMISION --	155
4.2.1. Modulación en frecuencia -----	157
4.2.2. Modulación por codificación de pulsos -----	163
4.2.3. Modulación por desplazamiento de frecuencia	168

4.3. SISTEMAS DE MULTIPLEX -----	172
4.3.1. Multiplex por división en tiempo -----	173
4.3.2. Multiplex por división en frecuencia -----	173
4.4. RESUMEN DE CARACTERISTICAS EN EQUIPOS COMERCIALES -----	180
CAPITULO V	
PRUEBAS Y RESULTADOS -----	188
5.1. CIRCUITO BASICO CODIFICADOR DE TONO--	188
5.2. CIRCUITO DESCODIFICADOR DE MULTITONO --	190
5.3. SISTEMA DE SEÑALIZACION DE MULTIFRE- CUENCIA -----	196
5.4. SEÑALES DE CONTROL PARA EL SISTEMA - DE ADQUISICION DE DATOS -----	203
5.5. SEÑALES DIGITALES -----	207
5.6. LA UNIDAD DE DESPLIEGUE VISUAL -----	211
5.7. TRANSDUCTORES E INTERFACES-----	214
5.8. TRANSMISION Y RECEPCION -----	216
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	220
APENDICES -----	224
ANEXOS -----	246
BIBLIOGRAFIA -----	253

INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo es diseñar y construir un sistema que permita accionar motores a distancia y tomar lecturas desde lugares lejanos observándolas en una unidad de despliegue visual.

Dentro de la estructura general de un sistema de instrumentación industrial, muchas veces se da el caso de que los puntos de medida de las variables y el de su presentación en forma de resultados no se encuentran físicamente próximos. Por otro lado, puede ocurrir que interese en determinados casos tomar acciones a distancia sobre un particular proceso en base a los datos que sobre su dinámica se hayan recogido previamente.

Esto conlleva a la solución de estos problemas, diseñando y construyendo un sistema que resuelva en conjunto lo anterior.

Las técnicas empleadas son: la telemetría y el telemando que en esta tesis se desarrollan y aprovechan - las ventajas que ofrecen los métodos digitales y -

los sistemas de comunicación.

El trabajo es expuesto en cinco capítulos. En el Capítulo I se da una descripción general de los Sistemas de Telemetría y Telemando.

En el Capítulo II, se plantea y desarrolla el problema, diseñando el sistema.

En el Capítulo III se muestran las técnicas empleadas en la construcción del equipo.

En el Capítulo IV, se realiza un breve estudio de las vías de transmisión, finalizando con la comparación - entre equipos comerciales que cumplen con funciones - de supervisión y control con lo desarrollado en esta tesis. Por último se tiene al Capítulo V en el que - se muestran resultados experimentales.

El equipo construido se compone de dos partes: A y B. La parte A se la denomina accionamiento y lectura y a la parte B ejecución y mediciones, la información es accesada a pedido teniendo el equipo 8 canales para - realizar tal operación. Se pueden accionar 2 motores habiendo 4 órdenes (encendido y apagado de motores).

Las operaciones se las realiza sin seguir una se
cuencia prefijada.

La importancia de este sistema está en la utilización
creciente y variada que actualmente se esta dando en
los sistemas de potencia, industriales, médicos, etc.

CAPITULO I

SISTEMA DE TELEMETRIA Y TELEMANDO

1.1. DEFINICIONES GENERALES DE TELEMETRIA

Telemetría es un proceso usado para medir datos de lugares lejanos de la fuente. La palabra telemetría es de origen griego y se deriva de "Tele" que significa "lejos" y "metría" que significa "medida".

La adquisición de datos de lugares relativamente inaccesibles y luego la codificación, transmisión, recepción, descodificación, y posteriormente la grabación o señalización en una unidad de despliegue visual, es lo que se conoce como un Sistema de Telemetría.

Un Sistema de Telemetría puede transmitir datos continuamente, o a intervalos recurrentes. El propósito para esto es en muchos casos la supervisión remota de procesos industriales debido a la separación geográfica de las unidades a supervisar, pues se

considera algunas veces que la seguridad es un factor preponderante para el uso de esta técnica. Estos sistemas frecuentemente se encuentran ligados con el control remoto.

Un Sistema de Telemetría es en esencia un Sistema de Comunicación y como tal, puede dividirse funcionalmente en tres secciones principales.

El transductor de entrada, el transductor de salida y el canal de comunicación que está asociado con el equipo transmisor/receptor.

La figura 1.1., nos muestra en forma general un Diagrama en bloques de un Sistema de Radio Telemetría.

Aquí la transmisión que el sistema hace es continua, conforme la información se haya originado.

La figura 1.2., nos muestra otro diagrama general de un Sistema de Telemetría, pero esta vez un poco más elaborado, sin considerar ninguna acción de mando, como es el caso anterior, que toma dicha medida de acuerdo a los resultados obtenidos.

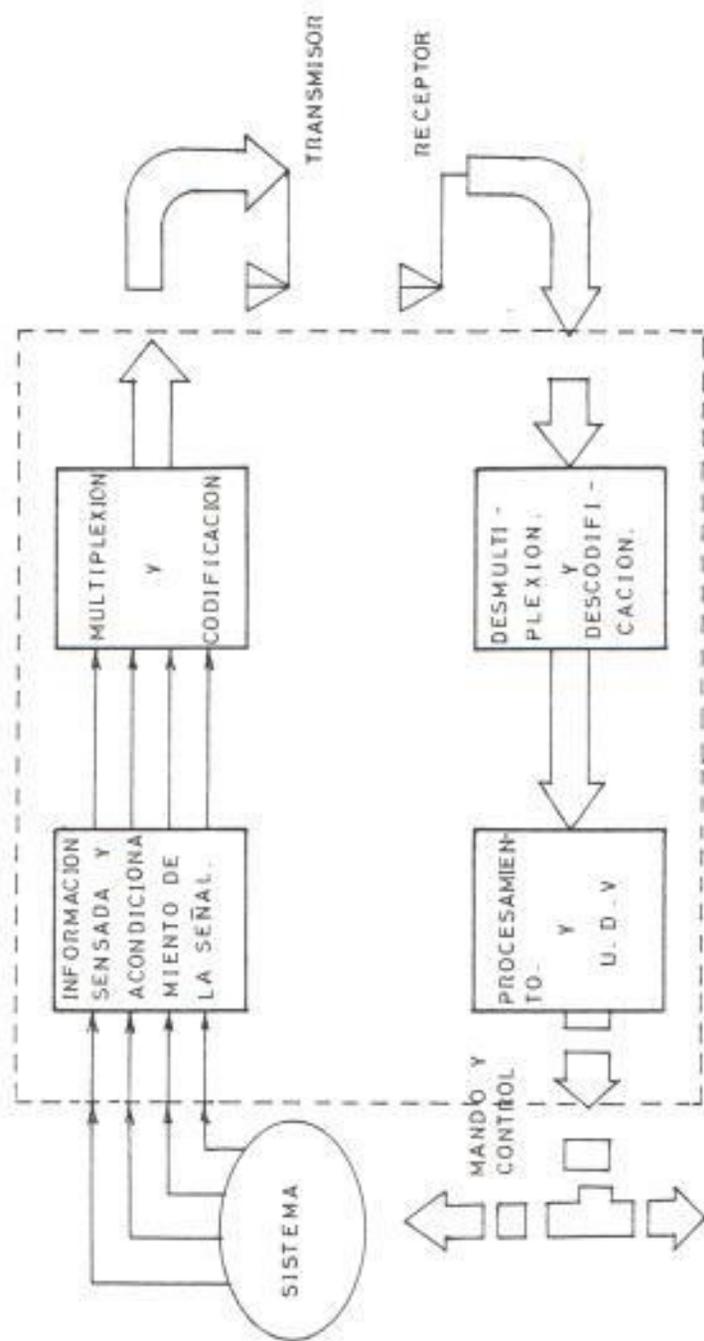


FIGURA 1.1. DIAGRAMA EN BLOQUES DE UN SISTEMA DE TELEMETRIA.

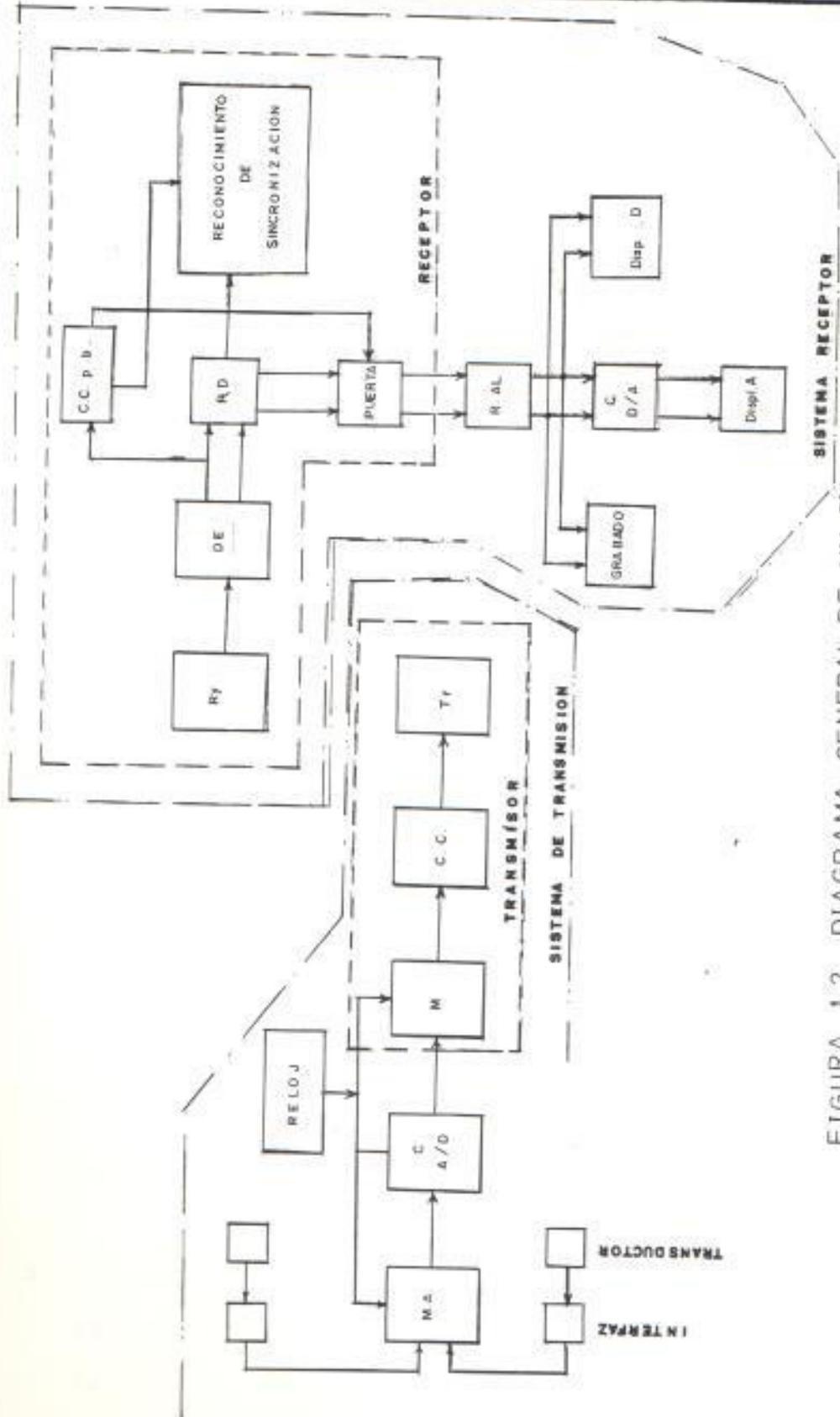


FIGURA 1.2. DIAGRAMA GENERAL DE UN SISTEMA DE RADIO TELEMETRIA

Se hablará brevemente sobre este último Diagrama en bloques.

TRANSDUCTORES

La Telemetría eléctrica involucra la conversión de una magnitud de medida o medidas, en señales eléctricas representativas; dichas cantidades físicas, propiedades o condiciones a ser medidas, son convertidas en corriente o en voltaje por el transductor.

Los transductores toman muchas formas, algunas de las cuales son:

1. Unidades resistivas, cuyo valor de resistencia varía con la temperatura o por esfuerzos físicos.
2. Termocuplas, cuya salida de voltaje o corriente varía con la temperatura.
3. Dispositivos de bobinas en movimiento, cuya salida de voltaje o fase varía con la rotación angular.
4. Dispositivos sensores de aceleración, cuya sali-

da es una función de la razón de cambio de movimiento.

5. Dispositivos sensores de presión, cuya resistencia o salida de voltaje cambia con la diferencia de presión.

INTERFAZ

Como cada transductor puede tener un diferente rango de salida básico, se utilizan estos circuitos para reducir la salida del transductor por atenuadores o incrementar dicha salida con amplificadores, ya que todas las entradas al multiplexor análogo deben ser del mismo rango.

SISTEMA TRANSMISOR

El multiplexor análogo combina tiempo y convierte datos análogos en digitales; un contador es el punto de control de este subsistema. Este desarrolla el conteo necesario para muestrear cada entrada - análoga a digital.

TRANSMISOR

Los bits individualmente se cargan a la memoria en

forma de palabras digitales, se combinan las palabras en cuadros y se suministra la información total como una serie de cuadros sincronizados.

La información presentada hasta aquí sigue siendo en forma digital, la cual no es fácilmente transmitida, sin embargo, los unos y ceros binarios - pueden ser convertidos a un cambio en la amplitud de la señal, fase, frecuencia o anchura del pulso, para ser suministrados al transmisor propiamente dicho.

La conversión es realizada por el convertidor de código, luego el transmisor envía la señal vía radio.

SISTEMA RECEPTOR

El desempeño del receptor es necesariamente la selección y amplificación de las señales transmitidas, y un equipo de recepción complejo se requerirá para restablecer y amplificar la información satisfactoriamente.

Un detector convierte la señal recibida en forma -

digital separando los datos de las señales de -
sincronización para uso del subsistema receptor.

SUBSISTEMA RECEPTOR

Es aquí donde los datos recibidos se los preparan y se los reconstituye para almacenarlos y mostrar los. Las señales de sincronización extraídas son usadas para desplazar cada unidad de información dentro del registro de desplazamiento y para ope_rar los varios contadores de control. Como los datos son desplazados dentro del registro de des_plazamiento, el patrón sincronizante que acompaña a cada palabra, o cuadro, es reconocido, así el con_tador es sincronizado para indicar cual cuadro o palabra va a ser recibido.

Luego del registro de desplazamiento los datos pa_san a los circuitos de fijación para que la infor_mación sea útil, ya sea para ser grabada o para - ser mostrada en alguna unidad de despliegue vi_sual.

1.2. CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE TELEMETRIA

Tradicionalmente este tipo de telemedidas se cla_

sifican en los siguientes puntos:

- De tensión
- De corriente
- De frecuencia
- De impulsos
- De posición : De continua
 De alterna

SISTEMAS DE TELEMETRIA POR TENSION

Se basan en convertir la señal de salida del transductor en una tensión proporcional a la magnitud - de medida de valor normalizado a plena escala (por ejemplo de 0 a 1v, a 5v o a 10v) recibándose esta tensión en el extremo de una línea formada por un par de hilos conductores y siendo utilizada posteriormente para presentarlo en un voltímetro, o para un procesado ulterior.

Las tensiones utilizadas deben de ser lo más bajas posibles a fin de conseguir que la corriente por la línea sea mínima y evitar de esta forma caídas de tensión que supondrían una compresión de la escala de medida en el extremo receptor.

Como consecuencia de lo anterior, las potencias manejadas en este sistema son bajas y la susceptibilidad a ruidos del sistema es bastante grande.

En cualquier caso, conviene mantener la resistencia de la línea lo más pequeña que sea factible y hacer que la impedancia de entrada del dispositivo de medida sea lo más alta posible.

En la figura 1.3 se muestra simplificado el caso de Telemetría por tensión de una presión de gases mediante manómetro con sensor de tubo de Bourdon y transductor potenciómetrico.

El extremo del tubo desplaza la toma intermedia del potenciómetro enviando una tensión proporcional a la posición del tubo en la línea.

La figura 1.4 nos muestra otro ejemplo de telemetría por tensión.

Los inconvenientes que presentan los sistemas de telemetría por tensión, son evitados en parte por los sistemas de lazo de corriente constante o telemetría en corriente.

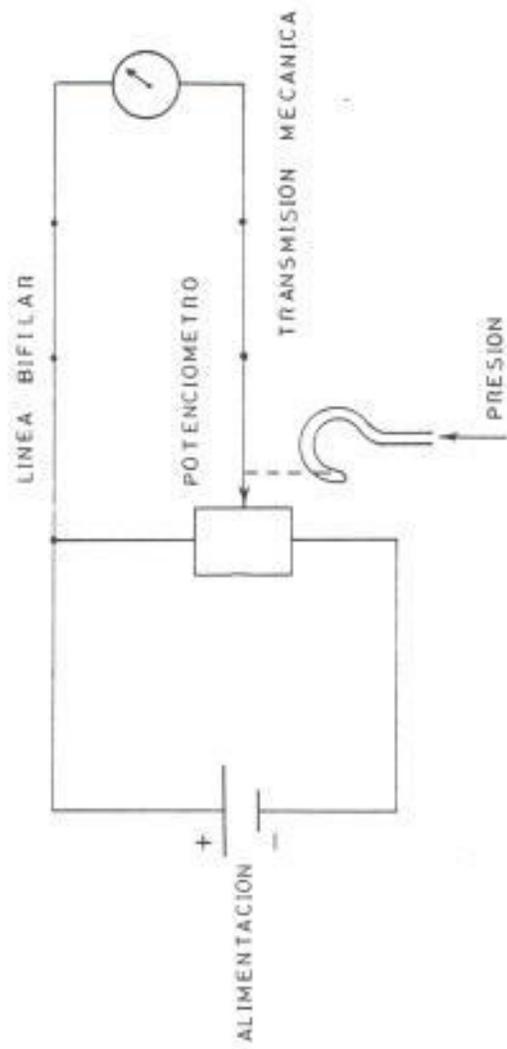


FIGURA 1.3. TELEMEDIDA DE PRESION POR TENSION

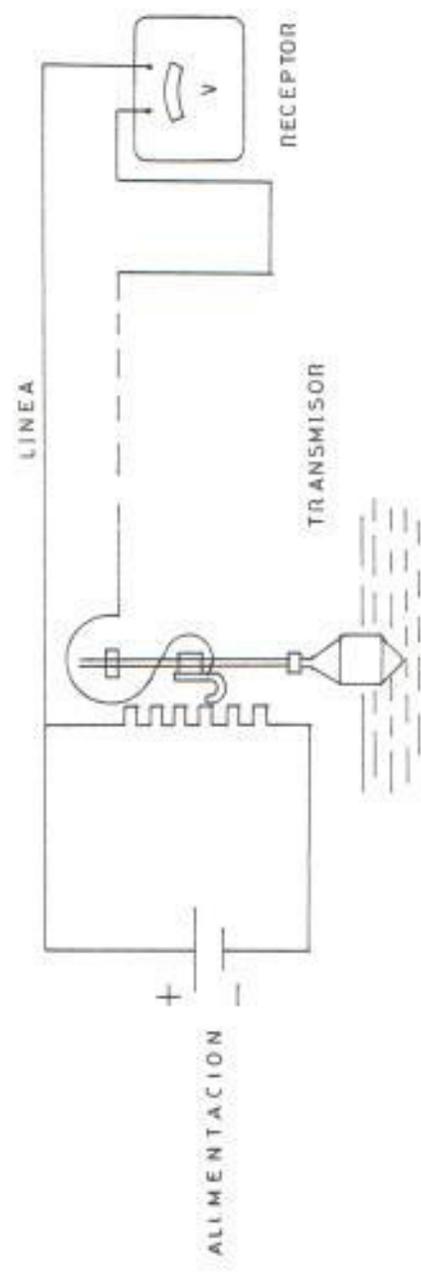


FIGURA 1.4. TELEMEDIDA DE DESPLAZAMIENTO POR TENSION

SISTEMAS DE TELEMETRIA POR CORRIENTE

Se basan en enviar a la línea una corriente proporcional a la magnitud a medir.

La principal ventaja de los métodos de telemedida por corriente, estriba en que al ser la corriente constante se desarrollan tensiones lo suficientemente altas en la línea para que el conjunto del sistema sea mucho menos sensible al ruido, y a la degradación de la señal que los métodos de tensión.

Por otra parte, la escala analógica se establece situando el cero para una corriente determinada, por lo que la falta de corriente en la línea se debe interpretar como la rotura de esta, lo cual es también una ventaja sobre los sistemas de tensión.

Se encuentra muy extendido el uso de sistemas con la escala situada en el margen de corrientes de 4 a 20 ma.

Lo que habrá que evitar a toda costa en estos sistemas, son las desviaciones de corrientes de la línea, ya que esto puede dar lugar a una compresión de la escala en la recepción.

Volviendo al ejemplo del manómetro de gases en la figura 1.5, se muestra un sistema simple de telemetría por corriente.

La única puntualización que conviene hacer a la citada figura, es que el potenciómetro debe presentar una impedancia mínima, de un orden de 10 a 100 veces superior a la resistencia del lazo formado - por la línea y el equipo de medida que en este caso, obviamente, ha de presentar baja resistencia.

De esta forma se asegura que la corriente por la línea será independiente de las características de ésta.

La figura 1.6 nos muestra otro ejemplo de telemetría por corriente.

SISTEMA DE TELEMETRÍA EN FRECUENCIA

Se basan en establecer una proporcionalidad entre el nivel de tensión o intensidad, y la frecuencia que se emite a la línea.

No se trata de sistemas de frecuencia modulada propiamente dichos, ya que sólo sirven para transmitir

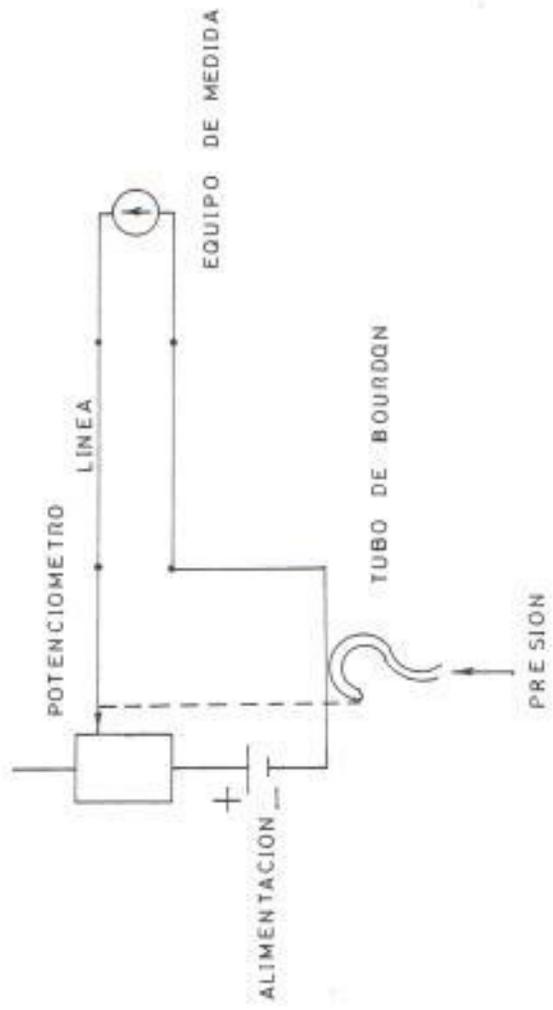


FIGURA 1.5. TELEMEDIDA DE PRESION EN CORRIENTE

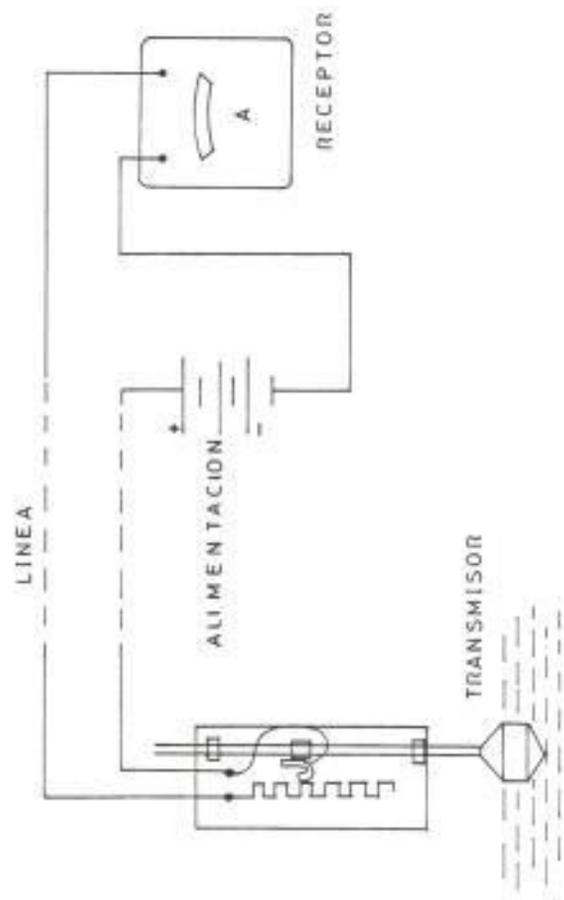


FIGURA 1.6. TELEMEDIDA DE DESPLAZAMIENTO EN CORRIENTE

señales de corriente continua, utilizándose señales sinusoidales (pocas veces) o cuadradas por apertura y cierre de un circuito.

Los márgenes de frecuencia utilizados son desde una escala situado entre 5 y 25 Hz, a una escala que cubre entre 10 y 30 Hz.

SISTEMA DE TELEMEDIDA POR IMPULSOS

Empleados en telemedidas a distancias grandes.-

Estos sistemas principalmente se clasifican en:

- a. Sistemas de modulación por duración de pulso.
- b. Sistemas codificados.

Los sistemas de modulación por duración de pulso son los más antiguos. Inicialmente se instrumentaban por procedimientos mecánicos utilizando motores y levas .

Actualmente estos sistemas son totalmente electrónicos y se utilizan en pequeñas instalaciones, o para el telecontrol de procesos lentos continuos.

Los sistemas codificados se utilizan en la actualidad para aquellas aplicaciones en que la información haya de introducirse en un sistema de cálculo o procesos de datos digitales. Se emplean códigos como el ASCII y el BCD.

SISTEMA DE TELEMEDIDA DE POSICION

Se clasifica en: de posición continua y de posición alterna.

En la figura 1.7 se muestra un sistema sencillo de telemida de posición de continua en puente. En definitiva, se trata de un sistema en el cual la parte receptora detecta el desequilibrio del puente formado por el potenciómetro conectado al elemento mecánico en el extremo emisor (en este caso como en anteriores, se trata de un tubo de Bourdon), siendo este desequilibrio proporcional a la magnitud telemida.

Los sistemas de posición de alterna extienden la función del reóstato, el cual es muy usado en los de posición de continua, a impedancias variables.

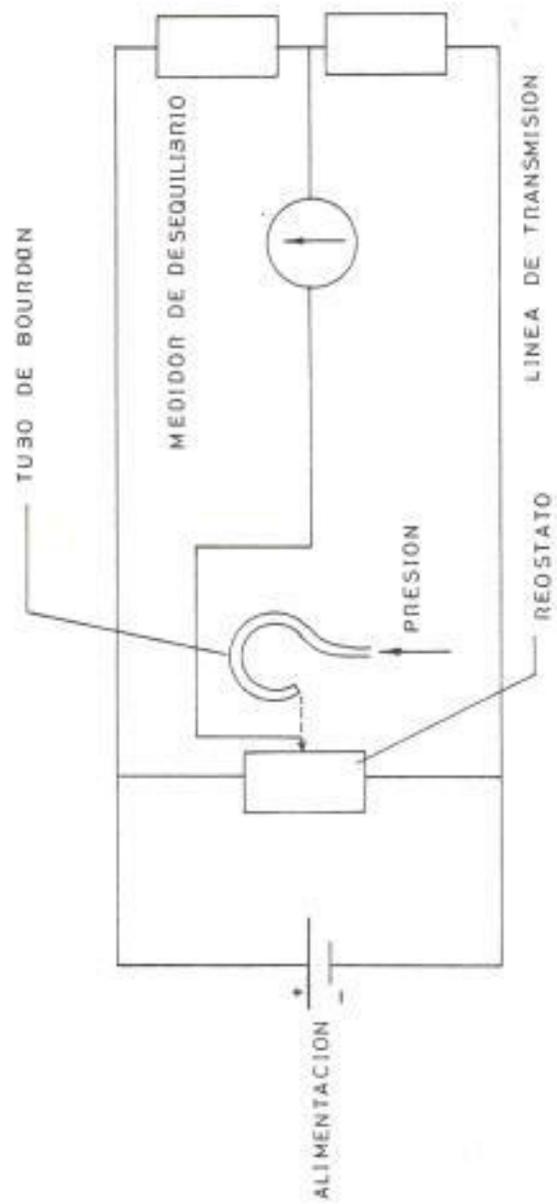


FIGURA 1.7. TELEMEDIDA DE POSICION DE CONTINUA EN PUENTE

Esta idea, usada en muchos de estos sistemas se aplica a la variación relativa de la inductancia, más que de la resistencia y al igual que en el caso anterior la parte receptora detecta el desequilibrio del puente.

Esto se ilustra brevemente en el ejemplo 1.8.

En este dispositivo el valor relativo de inductancias, en la unidad que está transmitiendo, es variado no por el ajuste de un circuito magnético común, pero sí por el desplazamiento de un anillo conductor el cual rodea los devanados y puede ser movido para abrazar las bobinas respectivas a diferentes grados.

El efecto de cortocircuito modifica la inductancia relativa afectando los valores correspondientes de la corriente alterna transmitida en los dos lados del circuito trifilar. El receptor toma la forma de un medidor de nivel c.c. recibiendo sus corrientes, a través de un rectificador de onda completa en las líneas respectivas.

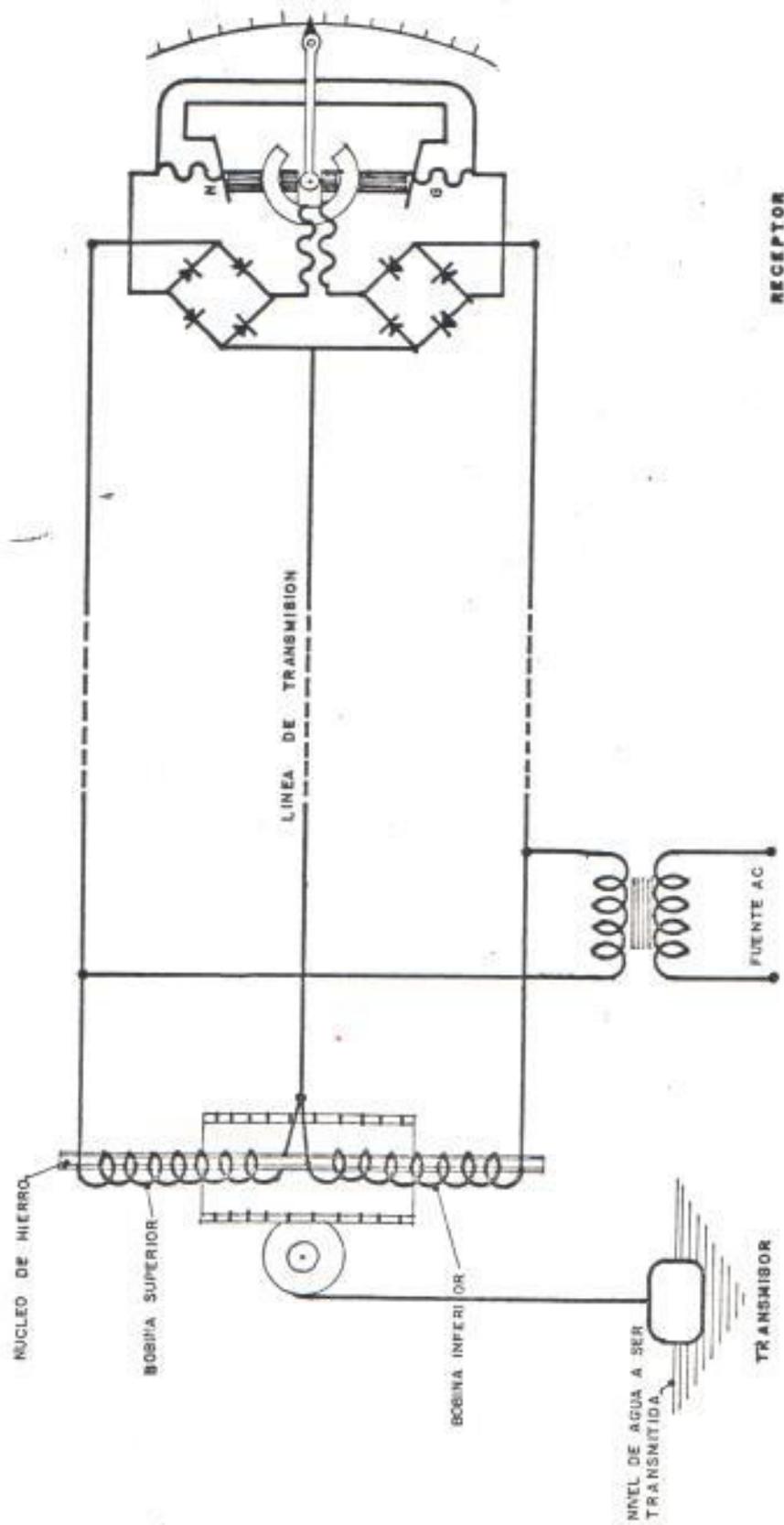


FIGURA 1.6
 TELEMEDIDA DE POSICION DE ALTERNA POR
 VARIACION DE INDUCTANCIA.

1.3. DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE TELEMANDO

En la mayor parte de los sistemas de telemando, se combinan estos con los de telemedidas, a fin de poder contar con el mayor número posible de informaciones, evitando al máximo la incertidumbre de los operadores y aumentando la seguridad.

Los sistemas de telemando son los más críticos desde el punto de vista de seguridad.

No solo hace falta que la orden sea bien transmitida o interpretada; en el receptor, si no normalmente se hace necesario que el operador que emitió la orden reciba la información pedida.

La certeza de que las órdenes emitidas se ejecutan correctamente, lo da la combinación de códigos de emisión de errores generados en el transmisor/receptor.

Por otra parte un sistema de telemando no transmite órdenes constantemente sino sólo cuando se hace necesario. Por el contrario, resulta muy conveniente saber en todo momento el valor real de las medidas realizadas sobre un proceso. Por es

to normalmente los sistemas de transmisión de telemando, funcionan en forma aritmica, mientras que los de telemedida lo hacen en forma cíclica, es decir, continuamente.

Las ventajas de un sistema aritmico, tanto para -
telemando como para telemedida, se podrian resumir
así:

- a. La duración de los mensajes es siempre fija e independiente del número de aparatos a controlar.
- b. Se puede disponer de un sistema de prioridades .
- c. Se puede conocer de forma inmediata el valor de una medida, sin más que realizar la demanda de ella.

Las características de los sistemas cíclicos se resumen así:

- a. Permiten una actualización constante bien de -
órdenes, de consignas o de medidas.
- b. La duración de un ciclo de mensajes depende del número de aparatos a controlar.

c. Los sistemas cíclicos se han de diseñar generalmente sobre-dimensionados, dado que resulta más compleja su aplicación que la de los sistemas aritmicos.

Como conclusión se puede afirmar que los sistemas aritmicos se suelen emplear más para grandes instalaciones, mientras que los cíclicos se utilizan para instalaciones más pequeñas.

Actualmente existe la tendencia a flexibilizar estos sistemas y se combinan los de telemedidas cíclicos, con telemando aritmicos, pudiéndose establecer adecuados métodos de prioridades y de seguridad de la transmisión en ambos casos.

CAPITULO II

DISEÑO DEL SISTEMA

2.1. DIAGRAMA EN BLOQUES DEL SISTEMA

Previo a la ilustración de un diagrama en bloques del sistema, se planteará el problema a desarrollar dando un enfoque general del mismo.

La idea en sí, surge, pensando en la gran utilidad, - que brindaría el diseñar y construir un equino que sin ser de una complejidad grande, ofrezca facilidades en una planta industrial, o en algún centro de producción, en lo referente a la supervisión y accionamiento de aparatos en forma remota.

Se desea de manera específica operar motores, tomar - lecturas de voltajes, y observarlas sin necesidad de que aquella persona que está realizando dicha acción tenga que acudir directamente al lugar de los hechos, pudiendo ejecutar esas operaciones en cualquier hora y a su libre albedrío.

El proceso tiene dos partes importantes; a la primera se la llamará Parte A y a la segunda la Parte B, el mismo que deberá trabajar de la forma siguiente:

En la Parte A se debe de disponer de un conjunto de órdenes, cuya transmisión y recepción se la hará por radio enlace, dicho conjunto de órdenes se desglosará en dos subconjuntos.

El primer subconjunto estará encargado de operar dos motores, cualquiera (M1, M2, motores uno y dos, respectivamente), sin que importe la corriente, el voltaje, o la potencia que desarrollen los mismos, pudiendo entonces a voluntad encender M1, luego encender M2 o viceversa, apagar M1 o anagar M2, etc. Es decir - son cuatro órdenes que realizan éstas operaciones, pero no en forma simultánea sino una a la vez.

El segundo subconjunto de órdenes estará encargado de pedir lecturas de los medidores de voltaje, o de voltajes específicamente tomados en forma directa, siendo estos pedidos en número de 8, ésto es habrán 8 lecturas diferentes o probabilidades de tomar información lo único que habría que hacer es ordenar apropiadamente, pues los medidores responderán a un número específico ya de antemano considerado en las órdenes, pudien

do tomar la información al criterio de la persona que las pide sin ninguna secuencia prefijada pero no si multáneamente.

De lo expuesto anteriormente se notará que habrán do ce órdenes que habilitar.

En la Parte A, también se debe disponer de algún dis positivo, que proporcione la oportunidad de que las lecturas tomadas y recibidas por radio enlace, sean observadas en el lugar donde se emitió la órden.

Se desea poder observar cantidades de hasta 3 dígitos con 3 decimales por ejemplo: 100.000 que indicarían - 100.000 voltios o 98.759 voltios, etc.

En la Parte B se captarán al conjunto de órdenes que se emiten de la Parte A, además aquí se las interpretan, clasificándolas en sus respectivos subconjuntos, para determinar si corresponden a pedidos de información o para el accionamiento de motores.

Se mostrará el diagrama en bloques del sistema en for ma general.

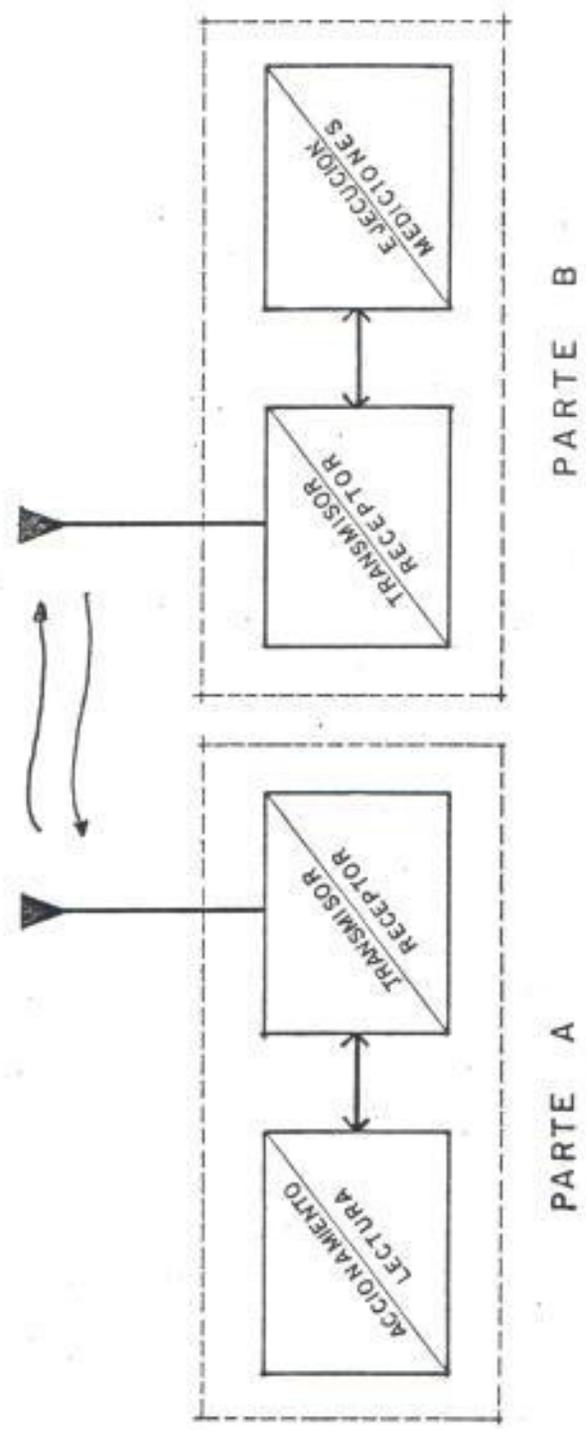


FIGURA 2.1
DIAGRAMA EN BLOQUES DEL SISTEMA

En la figura 2.1, el primero y segundo bloque definen la Parte A del proceso y se ha denominado al primer - bloque como Accionamiento y Lectura.

El tercero y cuarto bloque definen la parte B del proceso, llamándose al cuarto bloque como Ejecución y Mediciones.

El diseño y construcción de los equipos de transmisión y recepción empleados en éste trabajo, no serán desarrollados aquí, ya que no constituyen materia de ésta tesis, sólo se darán características importantes de los mencionados equipos para su aplicación a lo que - se va a desarrollar.

En la figura 2.2, se muestra un diagrama en bloques - del sistema mucho más elaborado que el anterior.

2.2. ACCIONAMIENTO Y LECTURA

2.2.1. Accionamiento

De las consideraciones hechas en el tema anterior en lo referente a las órdenes se dirá - que éstas se realizarán aprovechando las venen

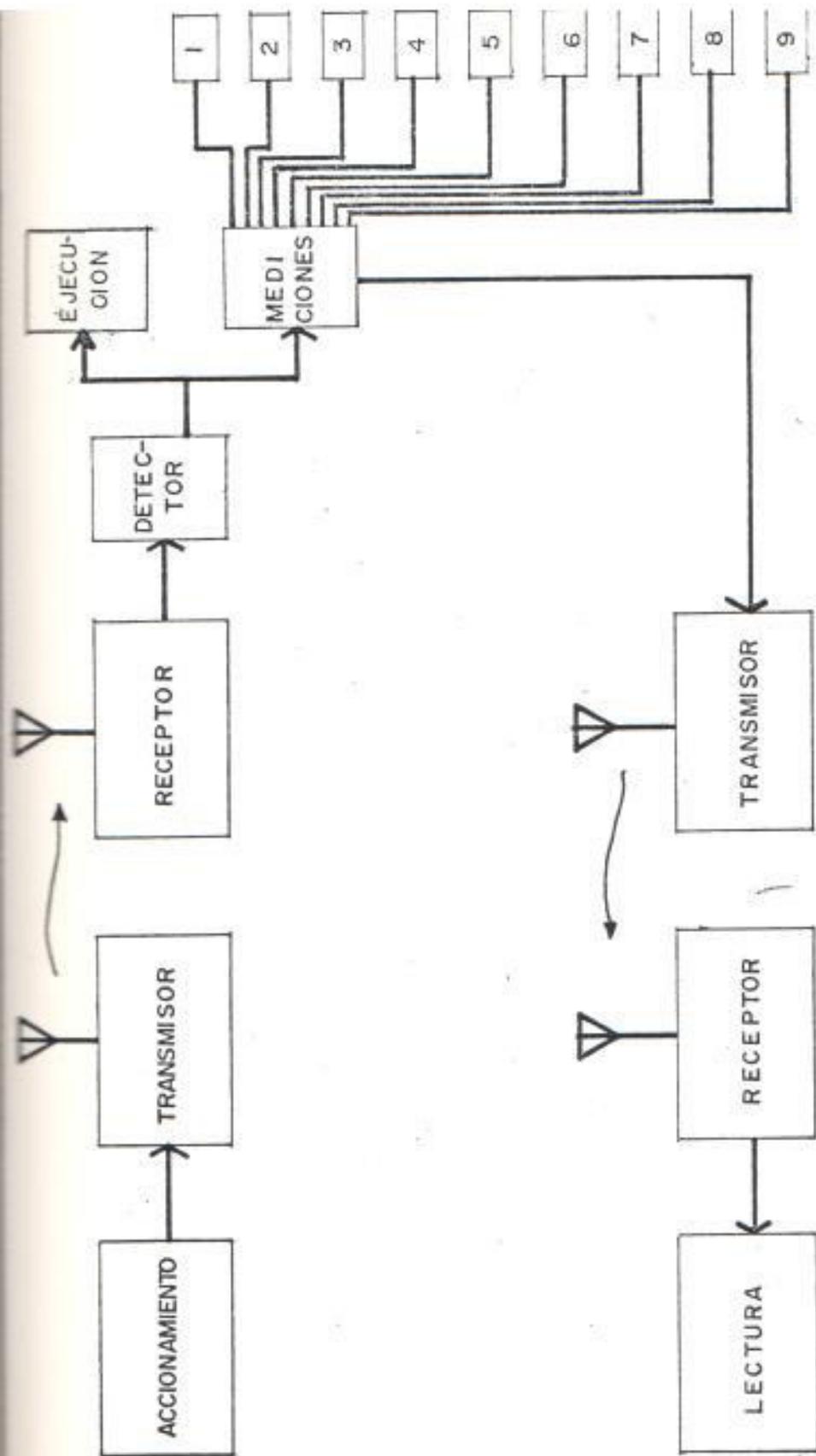


FIGURA 2.2
 DIAGRAMA EN BLOQUES DEL SISTEMA

tajas que ofrece un sistema de teclado con señalización multifrecuencia, el mismo que tiene incorporado un teclado estandar 4 x 3 que posee 12 señales de control diferentes producto de la combinación de 7 frecuencias distintas, tiene además un generador de tonos, y un cristal de referencia para subportadora de color que se usan en televisión - de 3.579545 MHz.

La cualidad sobresaliente de éste dispositivo estriba entre otras cosas en que no se necesitan conductores separados para cada órden, sino un simple par de conductores, y dichas señales de control pueden ser transmitidas convenientemente por radio enlace.

Este es uno de los sistemas que más se es tán empleando para generar tonos, el sistema de selección de tonos por teclado se lo utiliza como herramienta importante en el diseño del equipo, en éste sistema cada dí gito está representado por una combinación de dos tonos.

Las frecuencias que generan los tonos, están escogidas para evitar los armónicos, que pueden producir falsos disparos y así mismo evitar la frecuencia fundamental, y los armónicos de la línea de alimentación.

El empleo de dos tonos separados que representan a cada dígito, señal de control u órdenes como se lo ha designado tiene muchas ventajas pues ambos tonos deben de estar presentes para que exista una señal de control válida, por lo tanto el sistema es prácticamente inmune a los disparos espurios.

La figura 2.3, muestra el sistema de teclado para señalización multifrecuencia.

El sistema puede utilizarse para representar cualquier número del 0 al 9 inclusive, más dos símbolos * y #.

Si pulsamos un botón se aplica en la salida dos frecuencias, una desde el grupo de frecuencias bajas, y otras desde el grupo de fre

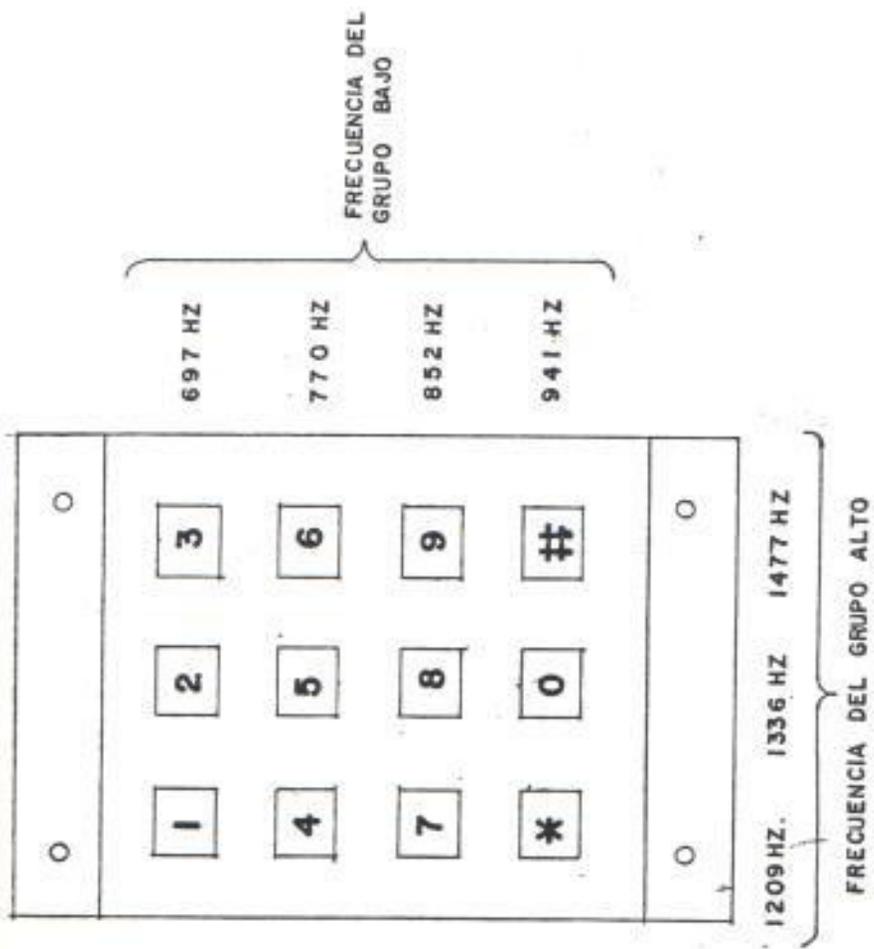


FIGURA 2.3
 SISTEMA DE TECLADO PARA SEÑALIZACION
 MULTIFRECUENCIA

cuencias altas por ejemplo: cuando se pulsa el botón 1 se generan tonos de 697 Hz y 1.209 Hz generando la siguiente señal. Ver figura 2.4.

El principio de éste teclado se basa en el trabajo que realiza el circuito integrado MM53125, que es un codificador de tonos, los diferentes tonos se derivan de un generador de señales de 3.579545 MHz., por un cristal oscilador.

Esta frecuencia se divide digitalmente hacia abajo para conseguir las frecuencias de tonos elegidas, el teclado constituye sencillos interruptores de cierre, el circuito integrado está provisto de un diodo de protección en todas las entradas.

La inmunidad al ruido del circuito, es tal que no responderá a los impulsos de ruido por debajo del 45 % de la fuente de voltaje. Una característica especial que posee el circuito integrado, es disponer de una llave de bloqueo, que está montada exactamente dentro del circuito, de suerte que no se generan señales importantes

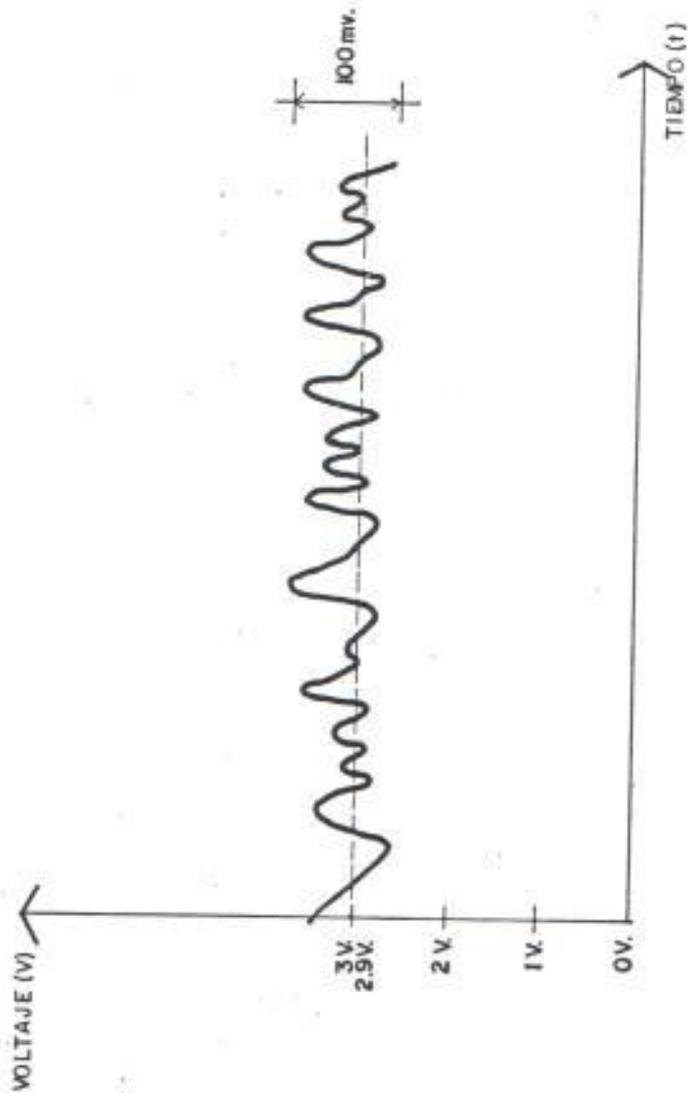


FIGURA 2.4
SEÑAL QUE SE GENERA AL OPRIMIR LA
TECLA 1

cuando se pulsen dos teclas al mismo tiempo.

Es el teclado que activa al codificador que posee 7 entradas, 4 para el grupo de baja frecuencia, y 3 para el grupo de alta frecuencia, las hileras del teclado se conectan al grupo de baja frecuencia, y las columnas están conectadas al grupo de alta frecuencia.

La figura 2.5, de la página siguiente, ilustra lo dicho anteriormente.

2.2.2. Lectura

Para poder realizar la lectura de los datos - que se aluden en la parte A del tema 2.1, de éste capítulo, se procedió de la manera siguiente:

El equipo receptor dá la información solicitada digitalmente en 8 bits en paralelo, los mismos que irán a las entradas de 3 memorias programables, que tienen almacenadas una determinada información, las cuales de acuerdo a su direccionamiento presentarán en las res

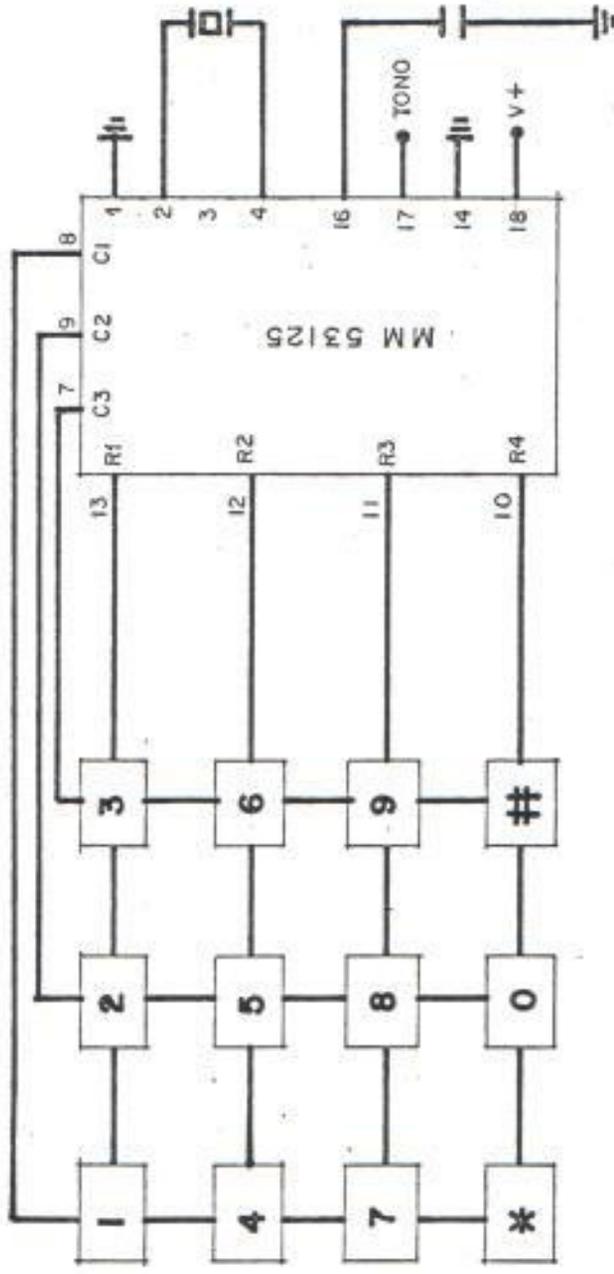


FIGURA 2.5
TECLADO Y CODIFICADOR DE

nectivas salidas valores digitales que entrarán a las unidades de despliegue visual(UDV).

Mostrando el número o cantidad de voltaje pedido.

La idea en sí, es poder leer cualquier voltaje que se haya solicitado, el mismo que estará representado por tres enteros, y tres decimales, por tal motivo se usaran 6 unidades de despliegue visual, 3 para mostrar los enteros y 3 para observar los decimales.

Cada una de éstas unidades tiene la propiedad de poder presentar del 0 al 9 inclusive, luego el rango máximo que se puede visualizar sería 999.999 voltios como es evidente.

La figura 2.6 ilustra someramente lo dicho.

Se hablará escuetamente acerca de las características relevantes de los dispositivos que participan en el circuito de lectura.

Primeramente se tiene a las memorias programa

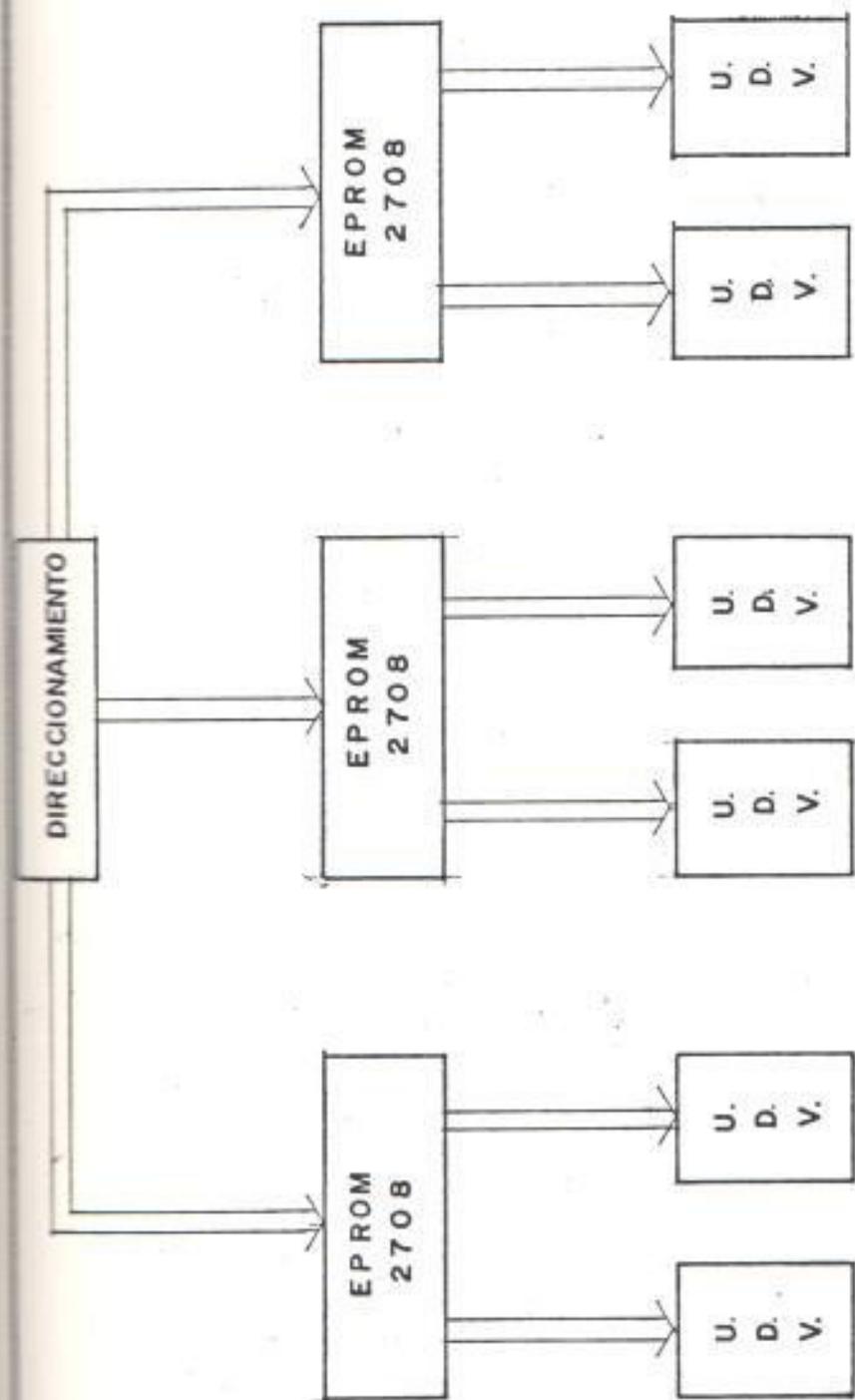


FIGURA 2.6
CIRCUITO DE LECTURA

bles 2708 con una capacidad de 1K x 8 o sea 1.024 palabras, se utilizan sólo 256 palabras digitales en este trabajo, dichas memorias se las puede borrar por luz ultravioletas y sus voltajes de polarización son: +5, -5, +12, o voltios.

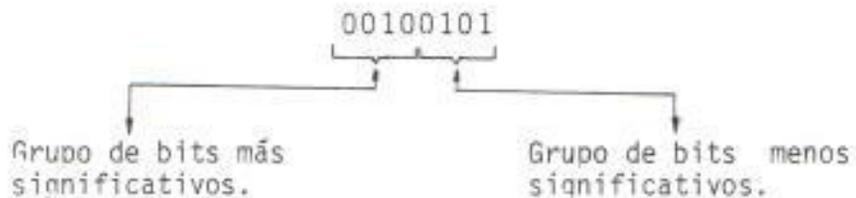
En cuanto a las U.D.V., su polarización es +5 v y 0 voltios, éstas brindan gran utilidad a los sistemas en los que se trabajan con datos en código B.C.D., tiene incorporado; un descodificador, fijador, etc., más detalles sobre éstos se darán en el Apéndice A.

Conocidas ya brevemente las características eléctricas de los elementos que intervienen en el circuito de lectura, se entrará ahora a explicar con un ejemplo sencillo lo que motivó al diseño del circuito final.

Para ésto se toma una memoria programable, sus salidas que son 8 bits, se las dividió en dos partes que se han denominado como grupo más significativo, correspondiendo és

tos a los 4 bits más significantes de la memoria, y grupo menos significativo que corresponden a los 4 bits menos significantes de la memoria programable.

Pero cual sería el objeto de esto; es muy simple, se ha supuesto que para un direccionamiento tal como 11111111, la información digital que se presenta a la salida es 00100101, si se quiere representar este dato binario en decimal se tendrá el número 37, pero si se considera la división que se mencionó anteriormente se obtiene:



Si ahora se convierte cada grupo a su valor decimal lo que se tiene es el número 25, en realidad al separar la información digital en dos se consigue un número en el sistema - B.C.D.

Así:

00100101
2 5

Utilizando una U.D.V., para cada grupo, se puede directamente visualizar los números, pues como ya se estudió una de las características de éstas U.D.V., son las de convertir la información que está en el sistema B.C.D., a decimal. Ver figura 2.7.

Continuando con el desarrollo de éste punto se tomarán 3 memorias programables y 6 unidades de despliegue visual, teniendo la información que se dió en el ejemplo anterior esto es 11111111 que servirán de direccionamiento simultáneamente a las 3 memorias.

En el primer EPROM se ha logrado obtener - el número 25, es decir por cada una de éstas memorias, se consigue dos números, su nóngase ahora que se desea mostrar 254,975, los datos binarios que debemos guardar en

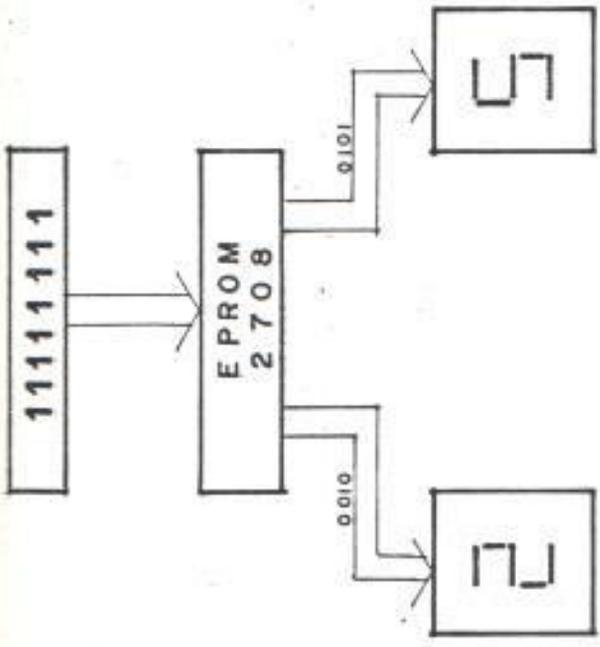


FIGURA 2.7
SE ILUSTRAN EL FUNCIONAMIENTO DE LAS
UNIDADES DE DESPLIEGUE VISUAL

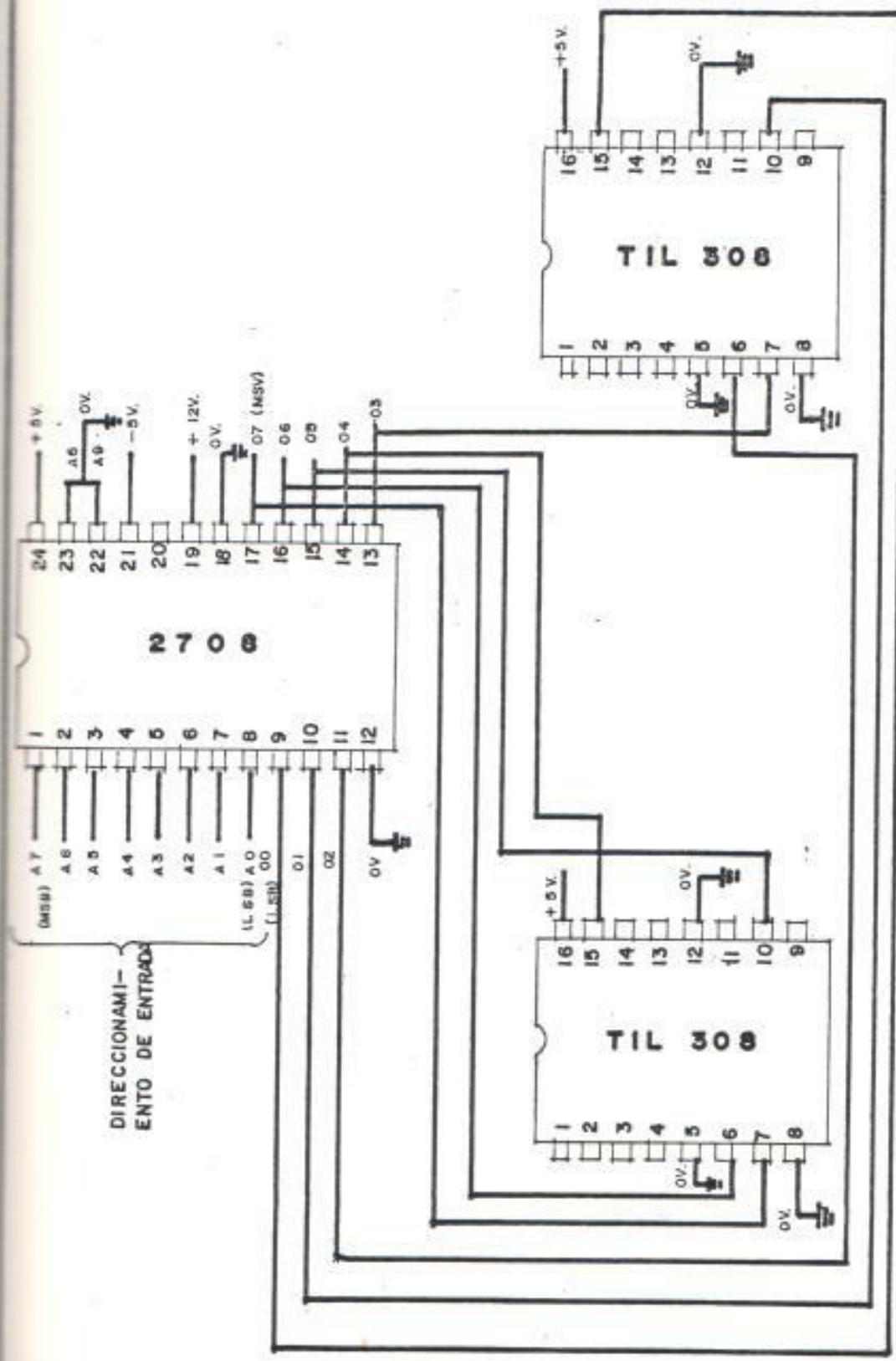


FIGURA 2.8
 DIAGRAMA DE CONEXION DEL EJEMPLO ANTERIOR

las respectivas memorias serán entonces:

1er.EPROM	2ºEPROM	3ºEPROM
<u>00100101</u>	<u>01001001</u>	<u>01110101</u>
G.A. G.B.	G.A. G.B.	G.A. G.B.
2 5	4 9	7 5

G.A. = Grupo Alto

G.B. = Grupo Bajo

Pero esta información estará presente a la salida de las tres memorias, cuando le lleguen a las mismas el direccionamiento 11111111., entonces se necesitará convertir esos datos que según las comparticiones hechas forman números en B.C.D., luego se entra directamente a las respectivas unidades de despliegue visual, lo único que quedaría por resolver sería el punto decimal, pero eso es una de las características de la U.D.V.

Hasta aquí solo se ha considerado que se gra

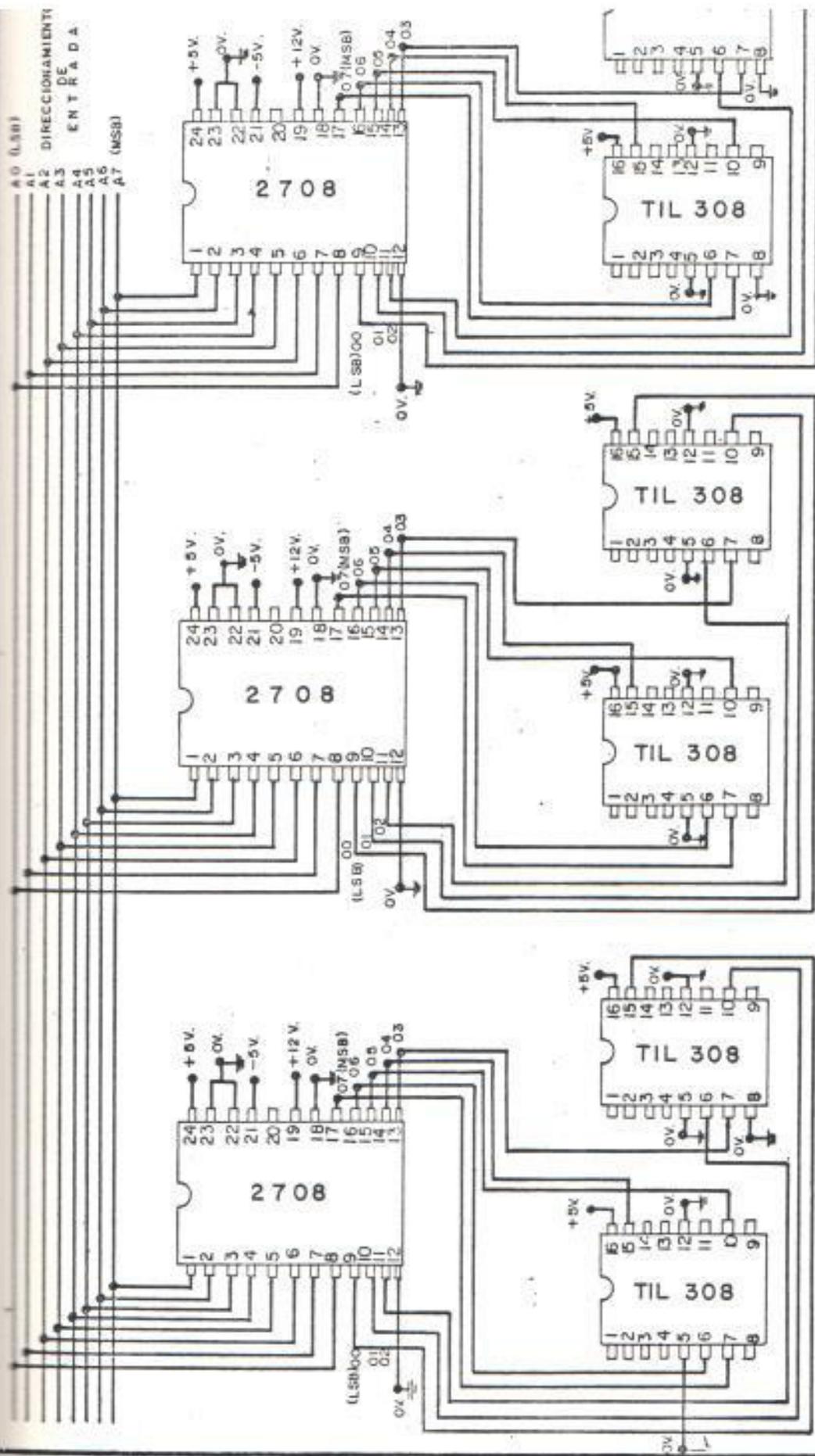


FIGURA 2.9

DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL CIRCUITO FINAL DE LECTUR

bó una información, pero el problema del circuito de lectura no termina allí, pues una vez que se ha logrado visualizar el circuito se tendrá que hacer las siguientes preguntas necesarias:

¿Cuántos datos se pueden guardar en la memoria?

¿Con qué criterio dichos datos se los ha seleccionado? Y Finalmente:

¿Cómo se introduce esa información?

A la primera pregunta se la responderá así ; la cantidad de datos que se puede guardar - viene limitado por el sistema de adquisición de datos del cual más adelante se hablará, éste entre otras cosas posee un convertidor - analógico/digital, que tiene una salida de 8 bits, que serán transmitidos de la parte B , hacia la parte A en donde éstos datos servirán de direccionamiento a las memorias programables teniéndose $2^8 = 256$ palabras digitales y siendo la cantidad máxima a grabar -

en cada memoria.

Contestando la segunda pregunta se tiene que se ha seleccionado un dato específico por el motivo siguiente; si se tiene 8 medidores se necesita leer 8 rangos de lectura diferentes, ahora bien, se ha particularizado y escogido a 100 como un valor máximo de los diferentes rangos de los medidores, habiéndose supuesto que los otros medidores sus lecturas máximas fluctúan cercanamente a 100 sin sobrenasar - éste límite y sin bajar de él no más de un 5 %.

La razón para esta particularidad es simplemente no complicar más el circuito de lectura aunque la solución si lo que ocurriría es tener medidores distintos, esto es que un medidor lea 220 voltios otro 15 voltios, otro 100 mv, etc., se planteará la posible solución en las conclusiones y recomendaciones - que se dan en ésta tesis, ya que se ha mantenido a lo largo de la misma el criterio de diseñar el principio como una base para que éstas puedan ser extendidas de así desearlo.

Finalmente toca explicar para concluir este tema la introducción de los datos que se quieren observar, eso se consigue primeramente obteniendo en binario la información decimal, luego convertir dichos datos al sistema hexagesimal y utilizar el grabador de EPROM junto con el microprocesador.

Pasar del número decimal al binario y luego al hexagesimal es en verdad un trabajo bastante laborioso a tal punto que la persona que lo está realizando emplearía una buena cantidad de su tiempo con riesgo a equivocarse, por lo tanto se debe realizar éste trabajo con bastante acuosidad la tabla 2.1, que a continuación se expone muestra lo que se desea obtener considerando como ejemplo que se tiene un rango máximo a ser leído de 100 voltios.

Esta tabla debería extenderse hasta que # llegue a 255, al lado en # binario lo que se tiene es la representación binaria en 8 bits de #.

TABLA 2.1.
 INFORMACION A GRABAR EN LOS EPROMS

#	# BINARIO	VOLTAJE	ESCALA	EP1	EP2	EP3	HE1	HE2	HE3
0	00000000	0.000	0.0000	00000000	00000000	00000000	00	00	00
1	00000001	0.0187	0.3922	00000000	00000011	10010010	00	03	92
2	00000010	0.0374	0.7843	00000000	00000111	10010010	00	07	84
3	00000011	0.0561	1.1765	00000000	00010001	10000100	00	11	76
4	00000100	0.0748	1.5686	00000000	00010101	01110110	00	15	68
5	00000101	0.0935	1.9608	00000000	00011001	01100000	00	19	60
6	00000110	0.1122	2.3529	00000000	00100011	01010010	00	23	52
7	00000111	0.1309	2.7451	00000000	00100111	01000101	00	27	45
8	00001000	0.1496	3.1351	00000000	00110001	00110111	00	31	37
9	00001001	0.1689	3.5294	00000000	00110101	00101001	00	35	29
10	00001010	0.1871	3.9216	00000000	00111001	00100001	00	39	21

Los datos que están abajo de voltaje corresponden al rango que admite el sistema de adquisición de datos que va de 0 a 5 voltios, y que se va incrementando por una razón igual a $5/255 = 0.0187$ hasta llegar a 255 - ésto implicaría que # binario llega a 11111111 y voltaje a 5.

Ahora se hablará de escala, el incremento de ésta es de $100/256 = 0.3906$ como ya sabemos 100 corresponde a la máxima lectura a leer y 256 al número de informaciones que se van a obtener, pues el sistema de adquisición de datos admite $2^8 = 256$ palabras digitales. Esto es 00000000 para 0 y 11111111 para 255. EP1, EP2, EP3, constituyen la representación en binarios de los datos que aparecerán en las unidades de despliegue visual, o sea que EP1 representa los dos primeros números de izquierda a derecha EP2 - los dos segundos números y EP3 los terceros.

Ejemplo:

1º EPROM	2º EPROM	3º EPROM
<u>0000</u> <u>1001</u>	<u>1001</u> <u>0110</u>	<u>0000</u> <u>0111</u>
G.A. G.B.	G.A. G.B.	G.A. G.B.
0 9	9 6	0 7

G.A. = Grupo Alto

G.B. = Grupo Bajo

Para dar flexibilidad a todo lo expuesto, y fácilmente poder variar la escala se ha elaborado un programa de computadora que detalla la tabla 2.1., íntegra, es decir hasta donde llega el direccionamiento de 11111111 y ésta se mostrará en el - Apéndice B.

Con éste programa se puede cambiar fácilmente la escala que se desea observar y esto llevaría a obtener los datos en hexagesimal directamente para grabarlos en las respectivas memorias que se utilizan en ésta parte del sistema.

2.3. EJECUCION Y MEDICIONES

2.3.1. El Descodificador

Antes de entrar directamente al diseño del descodificador usado para interpretar las órdenes emitidas en la parte A y recibidas en la parte B realizando en éste último lugar una clasificación acerca de que si dichas órdenes son emanadas para pedir información a los 8 diferentes medidores o si son para operar motores, se darán nociones del circuito integrado más importante que interviene en el diseño del descodificador y la forma como se llegó al diseño final.

Existen dos maneras generales de descodificar tonos de audio. Uno de ellos es utilizar un filtro que captará un tono particular. Corrientemente se utilizan filtros - activos que emplean circuitos integrados - para éste propósito, otro más sencillo se acerca en su uso a un lazo de enganche de fase.

Se ha elegido al circuito de lazo de engan

che de fase para el descodificador por su sencillez y ajuste fácil.

Previo al análisis del funcionamiento de un descodificador se dará una ojeada al lazo de enganche de fase, y ver que es y como opera.

La figura 2.10, muestra un diagrama de bloques de un lazo de enganche, éste consiste en un comparador de fase, uno es la señal de entrada y otro es una señal que parte del oscilador de voltaje controlado.

Si las dos señales se hicieran pasar juntas y exactamente 90 grados desfasados, no se tendría salida desde el comparador de fase. Si las dos señales no se hicieran pasar juntas, se tendrá una salida llamada señal de error, la cual es amplificada y aplicada a un oscilador de voltaje controlado. La señal de error cambiará de fase, y si es necesario la frecuencia de la señal desde el oscilador de voltaje controlado, hasta que la salida está cerrada a la señal de entrada.

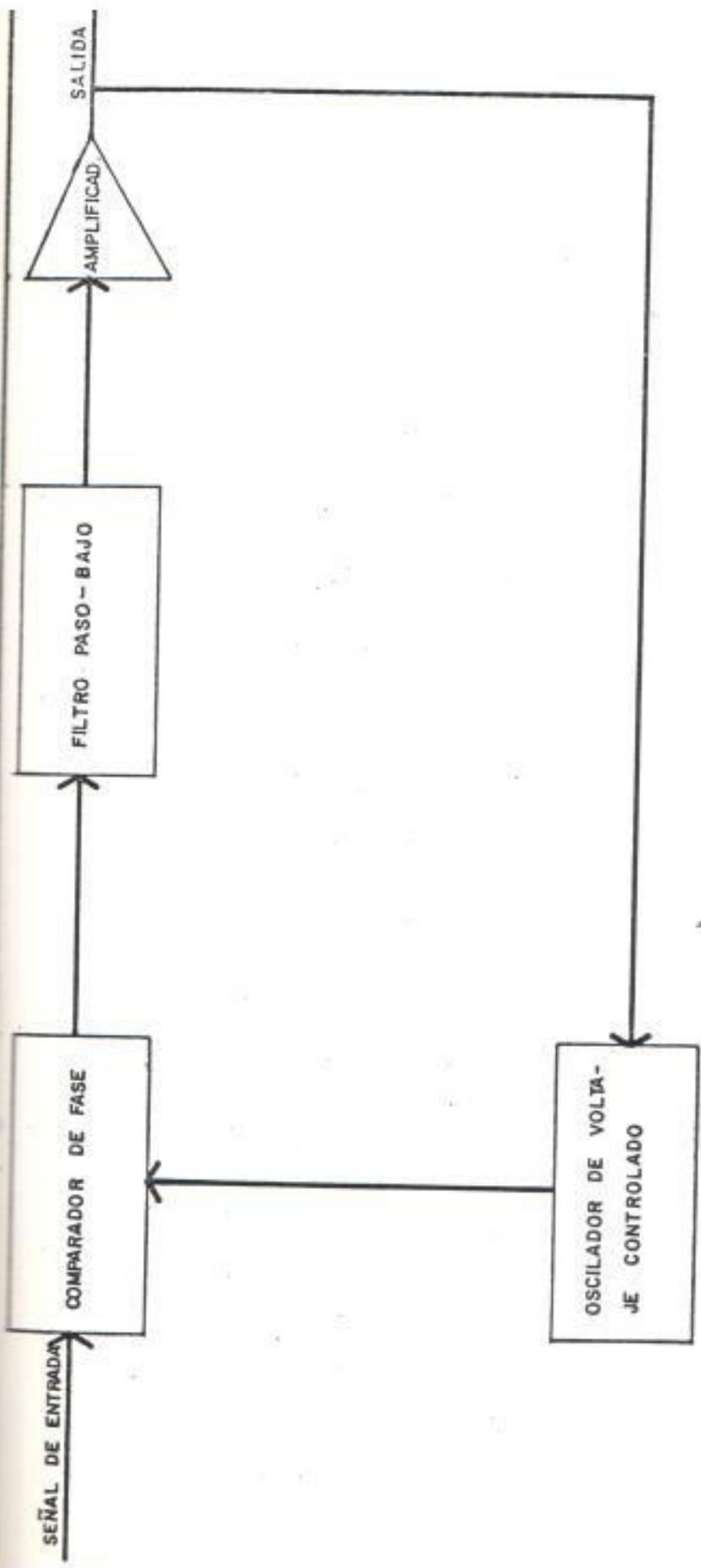


FIGURA 2.10
DIAGRAMA EN BLOQUES DE UN LAZO DE
ENGANCHE DE FASE

Las dos señales estarán desfasadas exactamente 90 grados. El filtro pasa bajo está incluido para prevenir al circuito de las oscilaciones, el cual es realmente un circuito cerrado.

El circuito integrado del tipo 567, es un lazo de sincronización de fase diseñado particularmente para un sensor de frecuencia o descodificador de tono.

Se lo usa aquí como un descodificador de tono, más detalles técnicos de éste circuito se lo dará en el Apéndice A, por ahora se estudiará el funcionamiento.

El trabajo del descodificador de tono (Circuito integrado 567) se ilustra en la figura 2.11.

Se muestra un circuito descodificador diseñado para detectar un tono de aproximadamente 10 KHz.

Los valores de R_1 y C_1 están elegidos de forma que la frecuencia de funcionamiento libre

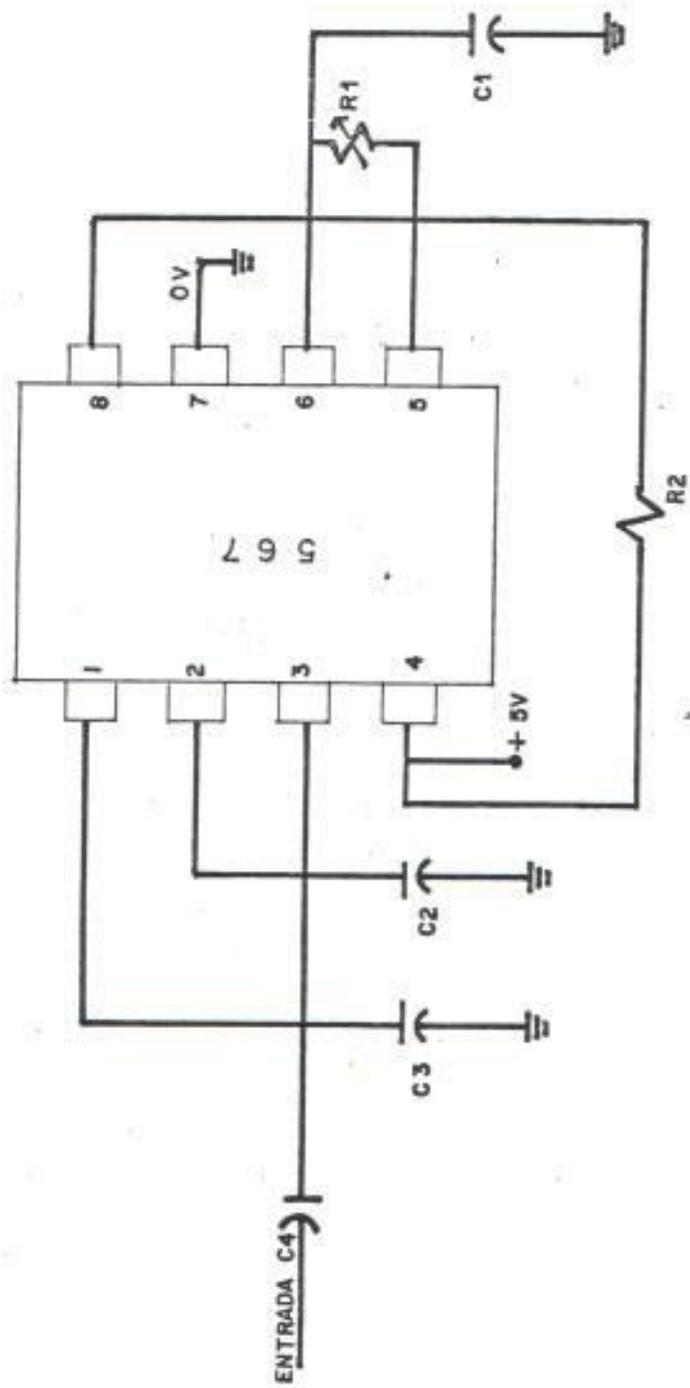


FIGURA 2.11
 CIRCUITO BASICO DESCODIFICADOR D
 UN TONO

del oscilador de corriente controlada es de 50 KHz. Cuando se aplica una señal de la frecuencia apropiada a la salida del terminal 3, la salida en el terminal estará flojante, como lo indica la disposición en la figura. Esto supone que no pasará la corriente a través de la carga.

Cuando la señal de 10 KHz, aproximadamente, se aplica al terminal 3 una señal procedente del detector de fase en cuadratura conectará a la etapa de salida.

Estas ponen a tierra al terminal 8 de manera que la corriente pasará a través de la carga. El circuito integrado 567 podrá funcionar con una corriente por encima de los 100 ma.

El descodificador de tono está hecho inmune a los efectos de ruido por el ajuste de la cantidad de tiempo requerido por él para responder a un tono.

Este está diseñado para ajustar la anchura

de banda del circuito.

Los circuitos de banda ancha responderán más rápidamente, mientras que los circuitos de banda estrecha son más lentos en su respuesta.

Estas respuestas lentas impiden que el circuito sea disparado por el ruido.

La frecuencia central del descodificador de tono del tipo 567 está determinada por los valores de R_1 y C_1 , las cuales determinan la frecuencia de funcionamiento libre del oscilador de corriente controlada.

El ancho de la banda del circuito está determinado por el valor de C_2 , el voltaje de la señal aplicada y la frecuencia central.

La frecuencia central que se puede situar en cualquier parte entre 0.01Hz y 500 KHz, está determinada por los valores de C_1 y R_1 , como ya se mencionó.

El valor de R_1 viene dado por:

$$R1 = \frac{1.1}{F_0 C1}$$

En donde F_0 es la frecuencia central. Antes de que podamos utilizar esta ecuación, se deberá conocer el valor de $C1$, éste se ha elegido de forma que $R1$ siempre sea mayor de 2.000 Ohmios y menor que 20.000 Ohmios.

El valor de $C2$ se lo encuentra de la siguiente fórmula:

$$BW(\% \text{ de } F_0) = 1.070 \left(\frac{V_i}{F_0 C2} \right)^{1/2}$$

BW es el ancho de banda alrededor de F_0 , que es la frecuencia central y V_i es el voltaje de la señal de entrada el cual aproximadamente es de 100 mv.

El valor de $C3$ no es crítico pero debe ser - por lo menos no menor que dos veces el valor de $C2$.

Se determina ahora los valores numéricos de $R1$, $C1$, $C2$, $C3$, en el circuito descodificador de tono 567, para una frecuencia a detectar -

de 10 KHz y 100 mv, de amplitud de la señal de entrada.

Primeramente escogemos el ancho de banda en 10 % luego seleccionamos un valor de C1 por ejemplo 0.1 uf entonces se encuentra R1 de la fórmula:

$$R1 = \frac{1.1}{F_o C1} = \frac{1.1}{10\text{KHz} \times 0.1 \mu\text{F}} = 1.1 \text{ K}\Omega$$

El ancho de banda se lo puede variar de 0 a 14%.

El capacitor C2 se lo determina de:

$$\text{BW (\% de } F_o) = 1.070 \left(\frac{V_i}{F_o C2} \right)^{1/2}$$

$$C2 = \frac{V_i}{F_o} \left(\frac{1.070}{\text{BW}} \right)^2 \text{ en } \mu\text{F}$$

$$C2 = \frac{100 \text{ mv}}{10 \text{ KHz}} \left(\frac{1.070}{10} \right)^2$$

$$C2 = 0.1145 \mu\text{F} \approx 0.12 \mu\text{F}.$$

Seguidamente se encuentra el valor de C_3 haciendo 2 veces como mínimo el valor de C_2 , luego $C_3 = 0.24 \mu F$, y el capacitor de entrada se lo puede elegir, en este caso es de $0.1 \mu F$.

Finalmente el circuito con sus valores será como se indica en la figura 2.12.

Con todo lo expuesto anteriormente se puede notar que ya se tiene elementos de juicio - como para principiar a diseñar el descodificador utilizado en el sistema; como al principio del capítulo se estudió al sistema - del teclado para señalización multifrecuencia, y se vió que para interpretar un número era necesario la emisión de dos frecuencias, se pasará de inmediato a diseñar un - circuito descodificador de tono que interprete un número.

Se escoge al número 6 en forma arbitraria y se tiene:

Al oprimir el botón del número 6 se envían -

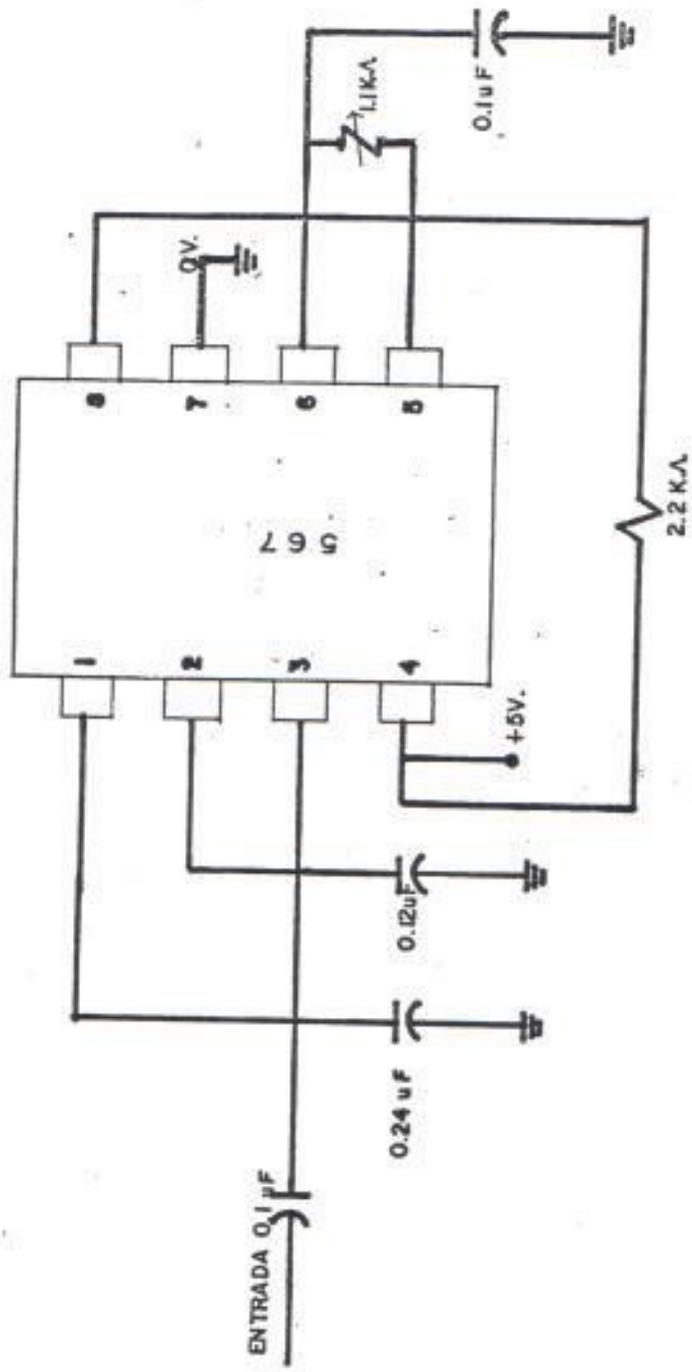


FIGURA 2.12
 CIRCUITO BASICO DESCODIFICADOR DE
 UN TONO

dos frecuencias simultaneamente un tono bajo de 770 Hz y un tono alto de 1.477 Hz. Consecuentemente se necesitan dos descodificadores de tono que en la figura 2.13 se ilustra.

Primeramente se elige C1 para ambos como 0.1 μ F, luego:

$$R1 = \frac{1}{770 \text{ Hz} \times 0.1 \mu\text{F}} = 12.99 \text{ K}\Omega ;$$

$$R1 = \frac{1}{1.477 \text{ Hz} \times 0.1 \mu\text{F}} = 6.77 \text{ K}\Omega .$$

a continuación se encuentra C2., para los dos tonos pero se tiene que escoger el ancho de la banda, para esto se hizo lo siguiente:

$$\frac{770 \times 10}{100} = 77 \text{ Hz es el } 10 \% \text{ de } 770 \text{ Hz}$$

$$\frac{1.477 \times 10}{100} = 147,7\text{Hz. es el } 10 \% \text{ de } 1.477 \text{ Hz.}$$

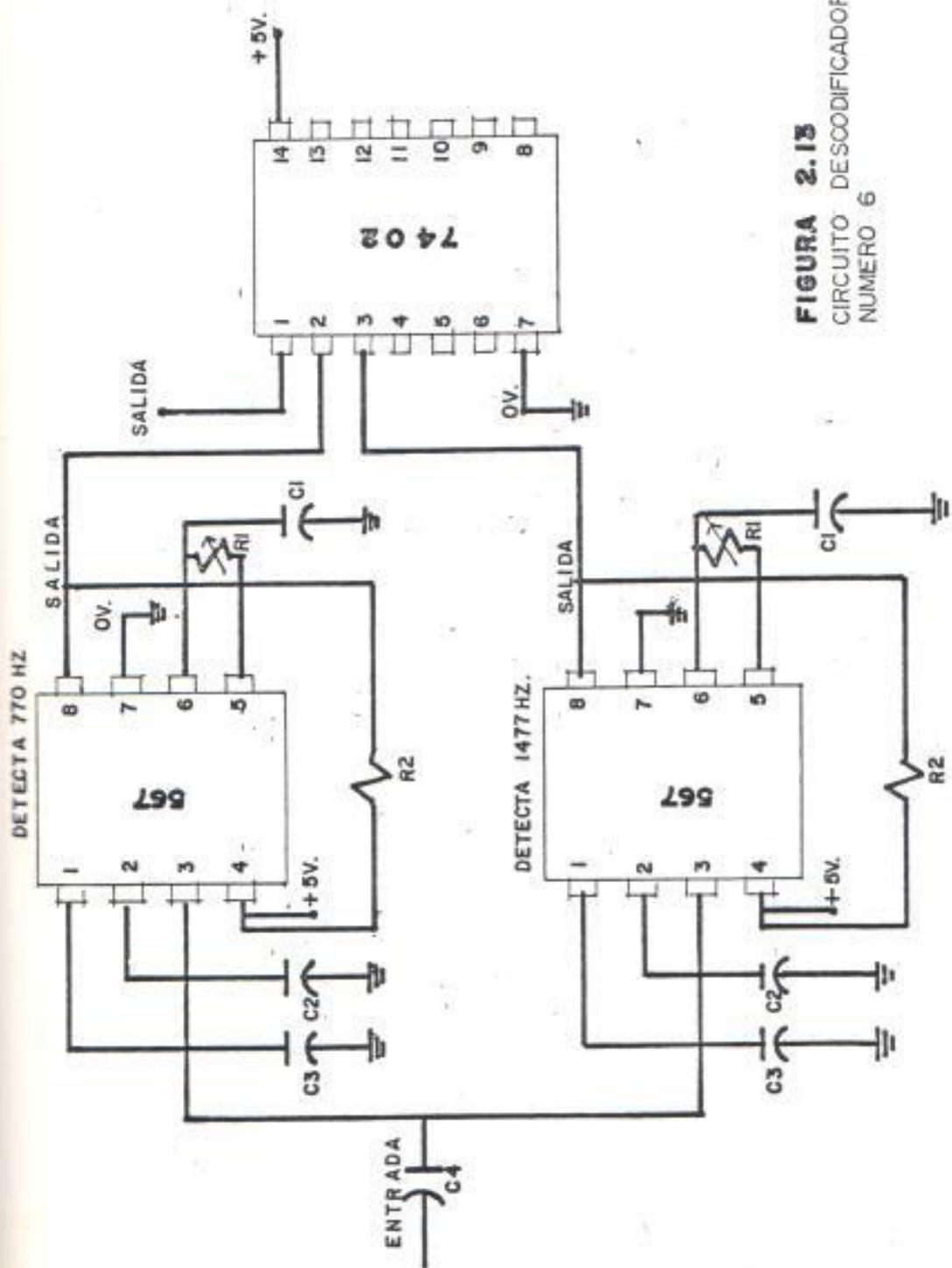


FIGURA 2.13
CIRCUITO DESCODIFICADOR PARA EL
NUMERO 6

Como F_0 es la frecuencia central si le damos 10 % de ancho de banda a cada una de estas - frecuencias se tendrá:

Para 770 Hz

$$770 \text{ Hz} + 10 \% = 847 \text{ Hz}$$

$$770 \text{ Hz} - 10 \% = 647 \text{ Hz}$$

Para 1.477 Hz

$$1.477 \text{ Hz} + 10 \% = 1.624,7 \text{ Hz}$$

$$1.477 \text{ Hz} - 10 \% = 1.327,3 \text{ Hz}$$

Lo que se desea es que no exista interferencia. Como se ilustra en la figura 2.13, un descodificador fija la frecuencia central de 770 Hz - mientras que el otro fija a 1.477 Hz, esto - cuando en el sistema de teclado para señalización multifrecuencia se ha oprimido el número 6, entonces en la entrada se dispone de esa se ñal.

La salida de ambos descodificadores será un ce

ro lógico y así ambos lazos de enganche están cerrados.

La salida de la puerta NOR recibe estas dos señales que al ocurrir simultáneamente en la entrada originan un uno lógico a la salida. Si solamente uno de los tonos está presente, esto significa que únicamente una de las dos salidas estará en cero lógico y por lo tanto la salida de la puerta NOR será un cero lógico.

Ahora ya se está en capacidad de diseñar el descodificador final que interpretará todas las 12 señales de control emitidas por el sistema de teclado.

Debido a que el teclado estandar 4 x 3 usado para marcar un tono; puede producir 7 frecuencias diferentes, un descodificador completo - que pueda descodificar los 12 dígitos debe tener 7 circuitos integrados del tipo 567 actuando como descodificadores de tono y 12 puertas NOR. Las puertas NOR pueden ser 3 circuitos integrados que posean 4 puertas de allí se utiliza el circuito integrado del tipo 7402.

La figura 2.14, ilustra al descodificador final observándose que las salidas de los 567 entran a las respectivas puertas NOR, además de un condensador C4 que está conectado a la unión de las conexiones que parten de todas las resistencias R2 de los 7 descodificadores.

Los cálculos para determinar los valores de resistencias y condensadores del descodificador final son:

Considerando un V_j igual a 100 mv, un ancho de banda de 9 %, el valor de $0.1 \mu F$, y utilizando las formulas ya conocidas se consigue lo que se muestra en la tabla 2.2.

Se eligió el ancho de la banda como 9 % por lo siguiente; si escogemos 10 % y se toma por ejemplo:

Para 770 Hz

$$770 \text{ Hz} + 10 \% \text{ de } 770 = 847 \text{ Hz}$$

$$770 \text{ Hz} - 10 \% \text{ de } 770 = 693 \text{ Hz}$$

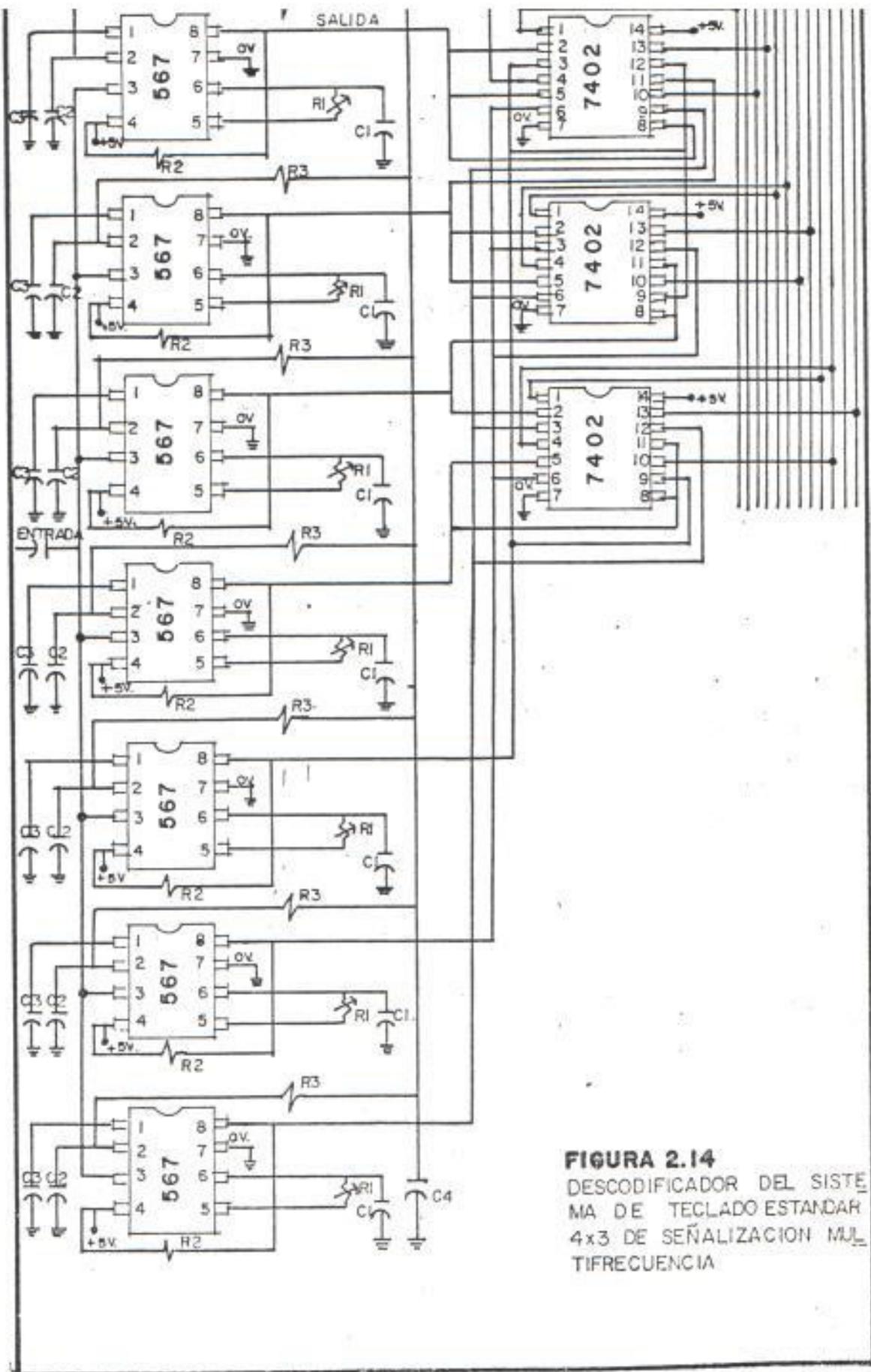


FIGURA 2.14
 DESCODIFICADOR DEL SISTEMA DE TECLADO ESTANDAR 4x3 DE SEÑALIZACION MULTIFRECUENCIA

TABLA 2.2.

VALORES DE LOS COMPONENTES DEL DESCODIFICADOR DEL SISTEMA DE TECLADO ESTANDAR

TONOS BAJOS	R1 Ω	R2 Ω	R3 Ω	C1 μ f	C2 μ f	C3 μ f	C4 μ f
697 Hz	14.347.2	2.200	4.700	0.1	2.03	4.06	220
770 Hz	12.787.01	2.200	4.700	0.1	1.84	3.67	220
852 Hz	11.737.04	2.200	4.700	0.1	1.66	3.32	220
941 Hz	10.626.99	2.200	4.700	0.1	1.5	3.0	220
<u>TONOS ALTOS</u>							
1.209 Hz	8.271.3	2.200	4.700	0.1	1.17	2.34	220
1.336 Hz	7.485.03	2.200	4.700	0.1	1.06	2.12	220
1.477 Hz	6.770.48	2.200	4.700	0.1	0.96	1.91	220

Para 697 Hz

$$697 \text{ Hz} + 10 \% \text{ de } 697 = 766.7 \text{ Hz}$$

$$697 \text{ Hz} - 10 \% \text{ de } 697 = 627.3 \text{ Hz}$$

La frecuencia 693 Hz interferiría con la frecuencia de 697 Hz que es el tono inmediato inferior a 770 Hz, por esta razón también 941 Hz causaría interferencia a 852 Hz.

Para evitar esto se ha elegido a 9 % como un valor para el ancho de banda del descodificador final, ya que éste después de habérselo estudiado se concluyó que no produce interferencia alguna.

2.3.2. El Sistema de Adquisición de Datos

2.3.2.1. Descripción Funcional:

El sistema de adquisición de datos conforma el circuito que interpretará las órdenes para realizar el pedido de información de los 8 di

ferentes medidores.

El Sistema de Telemetría tiene como una de sus partes importantes - la adquisición de datos. Un conjunto de circuitos integra el Sistema de Adquisición de Datos, pero se lo desglosará para un mejor estudio mostrando así el criterio de diseño del mismo.

El corazón del conjunto mencionado anteriormente lo constituye un circuito integrado llamado apropiadamente Sistema de Adquisición de Datos, en realidad como se verá posteriormente, éste para su funcionamiento necesita de una serie de señales, razón por la cual se ha escogido el nombre de éste circuito integrado para denominar a todo el conjunto que hace funcionar al módulo antes mencionado.

El circuito al que se hace referen

cia es el DAS-952 R del fabricante Datel - Intersil, cuya polarización es para $V_{CC} = 5$ voltios y tierra = 0 voltios, usa tecnología MOS Complementaria poseyendo éste:

Un multiplexor análogo de 16 canales, su respectivo control para el direccionamiento de esos canales, un convertidor analógico digital - de 8 bits cuya red es del tipo de aproximaciones sucesivas, un fijador de 8 bits.

Admite datos en el rango de 0 a 5 voltios, y para que opere éste circuito integrado hay que disponer - de las siguientes señales:

La primera que sirve para habilitar al multiplexor análogo, la segunda señal la del reloj y la tercera señal de principio de conversión que habilita al convertidor analógico/digital.

Por supuesto éste circuito dispone de otras señales, pero después de haber estudiado al mismo se llegó a la conclusión de que éstas eran las principales para el diseño en el que se está empeñado.

Consideraciones más amplias sobre el DAS-952 R se las dará en el Apendice A.

Se hablará acerca de 5 aspectos importantes que se deben exponer ya que esto muestra en forma general una descripción funcional del Sistema de Adquisición de Datos.

Primer Aspecto: Como ya se ha analizado el descodificador que en realidad lo que hace es detectar - las dos frecuencias que son emitidas cuando un dígito es oprimido - en el teclado. Se entrará de lleno a utilizar las salidas de las - puertas NOR que en conjunto forman

al descodificador, las mismas darán un nivel lógico alto cuando un pedido de información ha sido enviado, ese nivel es aprovechado para habilitar al canal que la orden hace referencia de tal suerte que el DAS-952 R puede entender y preparar digitalmente el pedido.

Se ha fijado que el sistema de Teclado 4 x 3 que emite 12 señales de control, 8 de ellas (las primeras 8) servirán para tomar información - pues los medidores deberán estar numerados del 1 al 8, las cuatro señales restantes que son 9,0,* y # se las utilizará en la operación de los motores.

Como el DAS-952 R posee 16 canales numerados del 1 al 16 sólo se estará utilizando la mitad de la capacidad del circuito integrado, es decir 8 canales (los 8 primeros).

Ese nivel lógico alto que se habló

anteriormente es preparado para que entre al Control de Direcciones del multiplexor análogo, y en resumen - es lo que hay que determinar, o sea las señales de control del multiplexor partiendo de un nivel lógico alto.

El segundo punto se encuentra delimitado en el diseño de la señal de reloj cuyo rango va de 10 KHz a 1.2 MHz como máximo, ésta señal trabaja en forma continua.

El tercer punto lo conforma la señal que habilita al multiplexor análogo la cual es un pulso de aproximadamente 200 nanosegundos, que se origina sólo cuando se envía la orden para que el DAS-952 R tome alguna información.

El cuarto punto es la señal de principio de conversión, una vez que la información ha sido adquirida esta-

rá lista para convertirla de analógica a digital, luego dicha señal se originará casi simultáneamente con la orden y con la señal que habilita al multiplexor análogo, con la única acotación que la señal de principio de conversión aparecerá aproximadamente 50 nanosegundos - después de la señal que habilita - al multiplexor.

Por último el quinto aspecto es la interface que habría que diseñar - para poder interconectar todas las señales que se han originado en la lógica TTL ya que el DAS-952 R es C-MOS.

En el siguiente tema se extenderán cada uno de estos puntos mostrando los circuitos.

2.3.2.2. Señales de Control:

Se hablará primeramente como habi-

litar a uno de los 16 canales de que dispone el DAS-952 R dejando en claro que el interés de éste trabajo es simplemente utilizar 8 de los 16 canales, para realizar ésta operación se debe hacer - llegar al control de direcciones 4 bits., que se originan a partir de un nivel lógico previamente - enviado.

A continuación se mostrará la tabla 2.3. del Control de Direccionamiento del Multiplexor Análogo, acondicionado a lo que interesa en ésta tesis.

Al DAS-952 R como ya se mencionó anteriormente no se lo hace funcionar a plena capacidad, aunque existe la posibilidad de así poder hacerlo, pues lo que habría que realizar sería utilizar otro sistema de teclado, no el estándar 4 x 3 sino el sistema de te

TABLA 2.3.

CONTROL DE DIRECCIONES

ENTRADAS AL DIRECCIONAMIENTO DEL CANAL CANAL HABILITADO

EXPANSION
DEL
CONTROL

8 4 2 1

X	X	X	X	X	NINGUNO
0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	1	2
0	0	1	0	1	3
0	0	1	1	1	4
0	1	0	0	1	5
0	1	0	1	1	6
0	1	1	0	1	7
0	1	1	1	1	8

clado 4 x 4 con 16 posibilidades de emitir órdenes.

Por supuesto elaborar éste cambio implicaría que al descodificador - habría que acondicionarle otro circuito que descodifique la nueva - frecuencia adicional que trae consigo el sistema del teclado 4 x 4, la frecuencia a la cual se hace referencia es 1.633 Hz.

La tabla 2.3, que se muestra anteriormente indica que niveles de señal hay que obtener para poder tomar información, al seleccionar correctamente el canal, se nota que el bit más significativo es siempre un cero lógico, y que los 3 bits restantes si se hiciera la - conversión de binario a decimal no coincidirían con el valor correcto, por ejemplo el canal 1 el cual se lo habilita con 0000.

Como ya se estudio al descodificador no se ahondará más en el asunto y sólo las salidas de éste se las aprovechará para obtener las señales de habilitación en el control de direcciones del multiplexor análogo.

Por éste hecho se dará ahora la -
tabla 2.4., según la cual se debe
diseñar a un codificador.(Ver pá-
gina siguiente).

Donde S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7,
S8, corresponden a la salida del
descodificador y CA8 CA4 CA3 CA2
a las entradas en el control de
direcciones del multiplexor análo-
go.

Lo que ocurre es que; cuando se -
presiona por ejemplo el número 6
en el sistema de teclado para se-
ñalización multifrecuencia 4 x 3,
la salida del descodificador dará

TABLA 2.4.

PARA DISEÑAR CODIFICADOR

S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	(MSB)				(LSI)
								CA8	CA4	CA2	CA	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1

un nivel lógico alto que deberá a su vez entrar a un codificador el cual a partir de la señal antes mencionada generará 4 niveles lógicos que son: 0101, que equivalen a habilitar el canal 6.

Por minimización se obtiene:

$$CA1 = S2 + S4 + S6 + S8$$

$$CA2 = S3 + S4 + S7 + S8$$

$$CA4 = S5 + S6 + S7 + S8$$

CA8 = como se puede notar en la tabla 2.4., siempre permanecerá en un nivel lógico bajo por ello bastará con colocar el terminal respectivo a tierra - cuyo nivel de voltaje es 0 voltios.

La implementación del circuito se indica en la figura 2.15.

Las señales que se obtienen del codificador se indican en la figura 2.16.

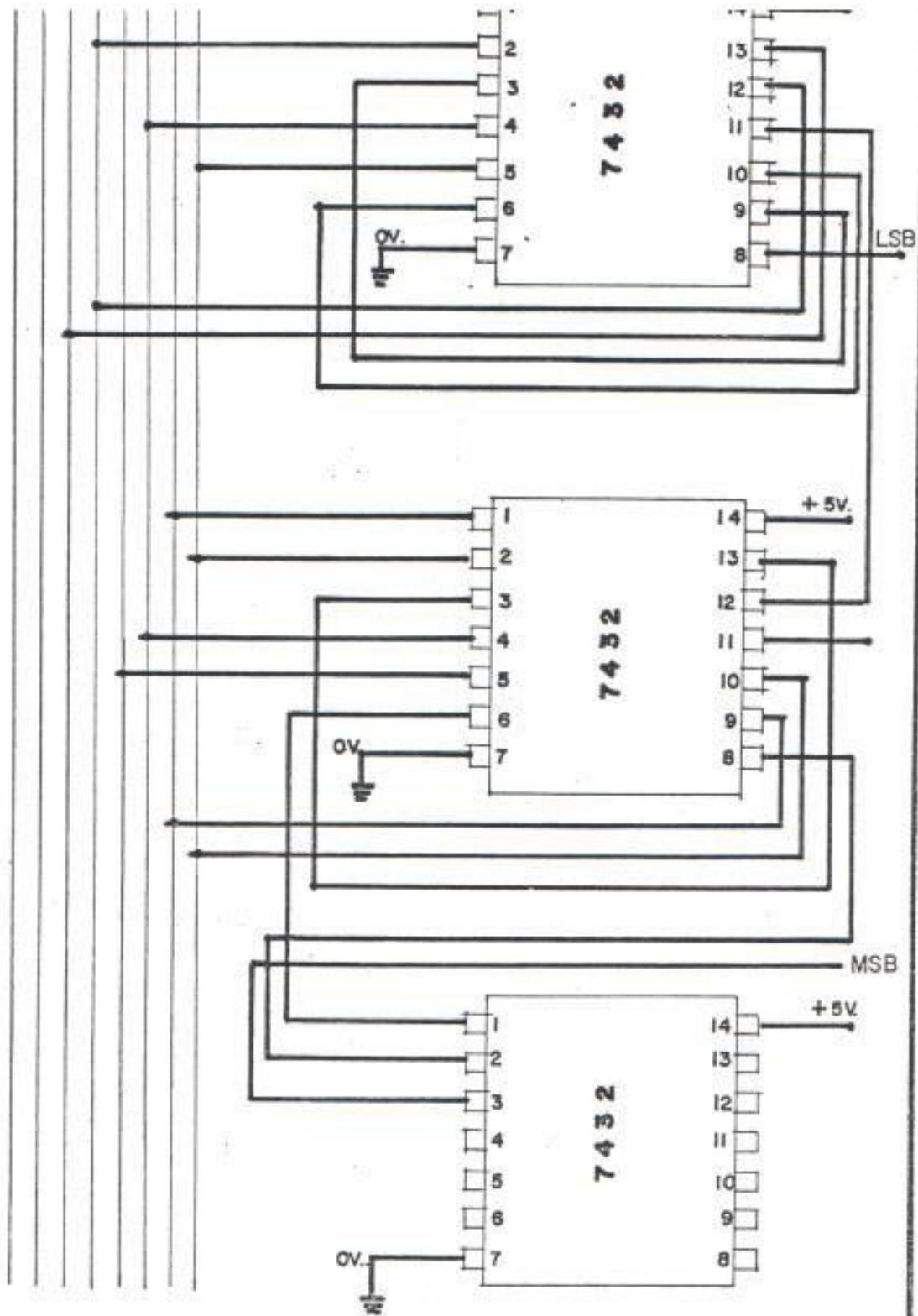


FIGURA 2.15
CODIFICADOR

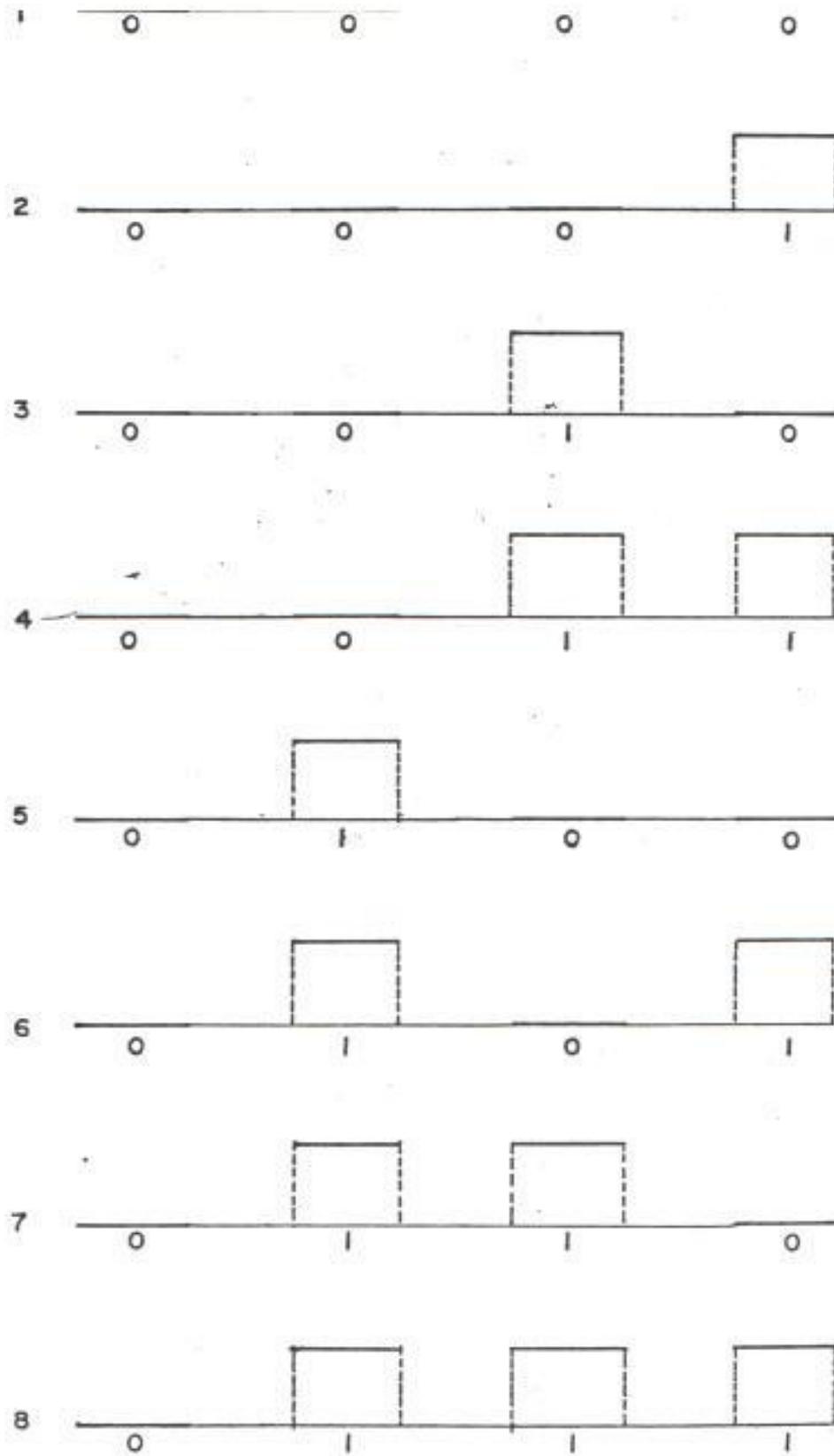


FIGURA 2.16
SEÑALES QUE SE OBTIENEN DEL
CODIFICADOR

La segunda señal importante para habilitar al DAS-952 R, es la señal de reloj la cual varía entre 10 KHz y 1.2 MHz, por la facilidad de conseguir un cristal de referencia para la subportadora de color que se usa en televisión de 3.579545 MHz, se decidió probar experimentalmente si funcionaba un reloj de una frecuencia de 716 KHz para ésto se debe de disponer de un circuito que haga oscilar al cristal, la señal que se origina pasará a un divisor de frecuencia y luego a un formador de onda cuadrada siendo la salida del mismo la señal deseada.

El circuito oscilador de cristal se muestra en la figura 2.17.

Este circuito está formado por 3 inversores colocándose al cristal

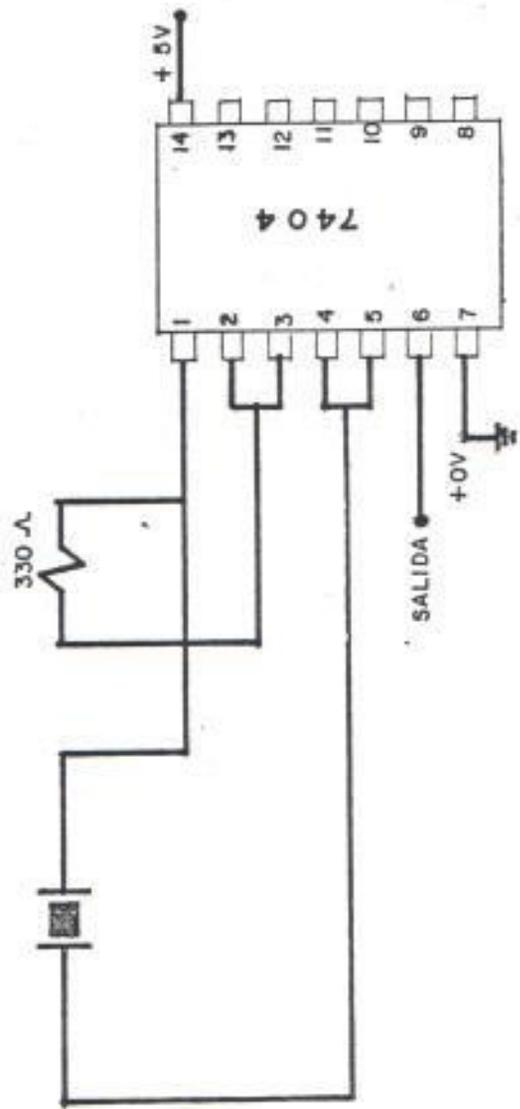


FIGURA 2.17
CIRCUITO OSCILADOR

en la entrada del primer inversor el un extremo, y el otro se coloca a la salida del segundo inversor.

Una resistencia se pone entre la entrada y la salida del primer inversor, ésta resistencia dá la estabilidad en la oscilación y se la determinó experimentalmente a un valor de 330Ω , la determinación experimental se basó en un reóstato de $1K. \Omega$.

En el terminal número 6 del 7404 aparecerá una señal sinusoidal cuya frecuencia es de 3.579545 MHz. Ver figura 2.18.a. Luego al pasar esta señal por el contador 7490 éste la divide para 5 obteniéndose 716 KHz(Fig.2.18.b).

Posteriormente la señal de arriba se la introduce a un formador de onda cuadrada 7413 obteniéndose lo que se muestra en la figura 2.18.c.

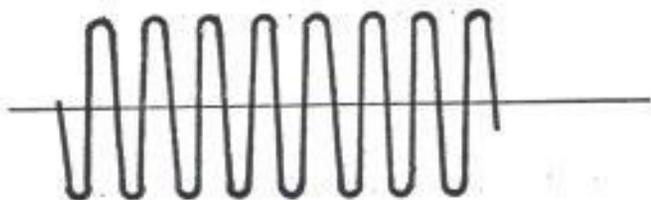


FIGURA 2.18 a
SALIDA DEL OSCILADOR

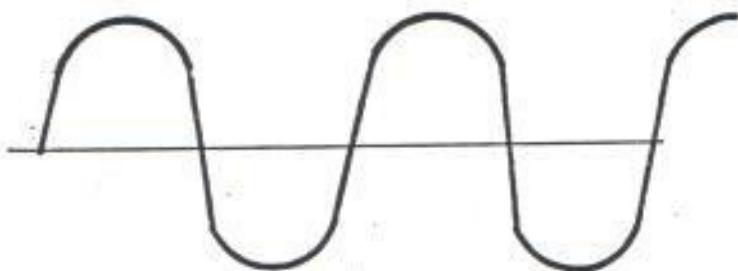


FIGURA 2.18 b
SALIDA DEL CONTADOR



FIGURA 2.18 c
SALIDA DEL DISPARADOR DE SMITH

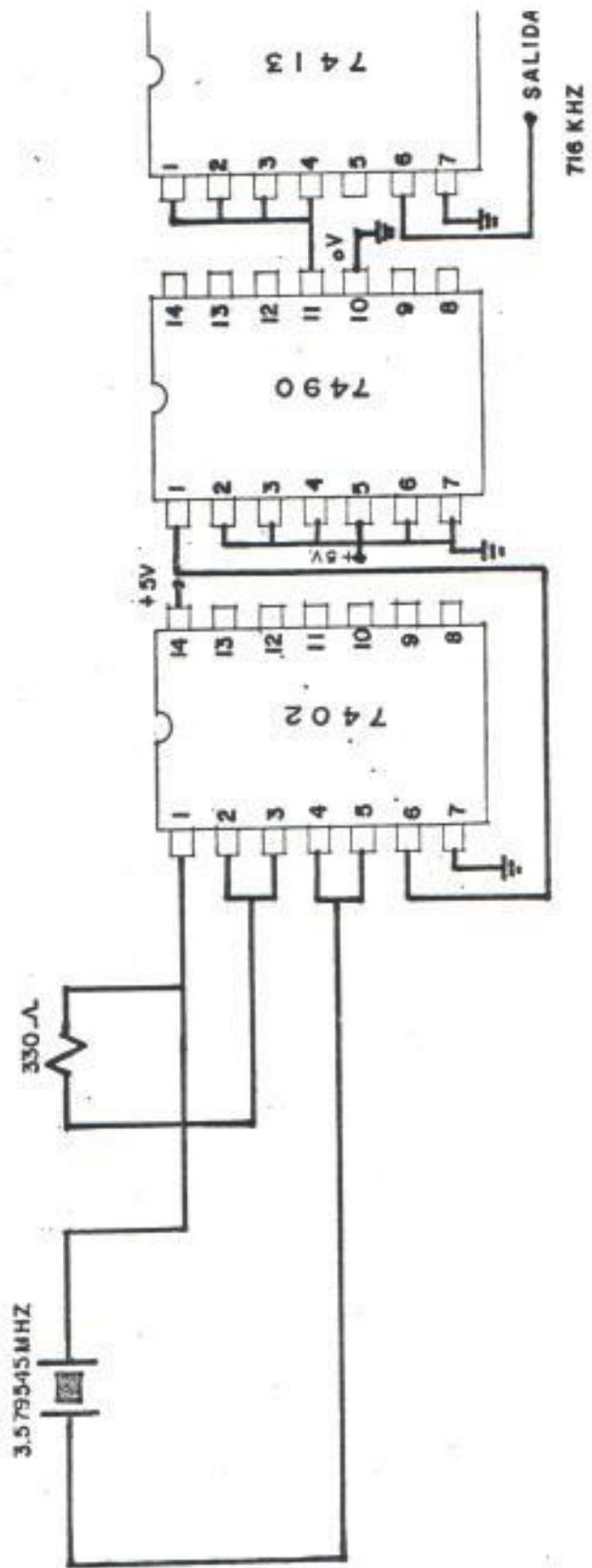


FIGURA 2.19
CIRCUITO DE RELOJ

Otra de las señales útiles para la operación del DAS-952 R, es el pulso que habilita al multiplexor análogo que es una señal de 200 nanosegundos de duración y que aparece exactamente cuando un nivel alto ocurre a la salida del primer decodificador, producido ésta de una orden que se ha emitido.

Se logra la señal de 200 nanosegundos con un circuito integrado monostable el 74121, el pulso que lo dispara se lo consigue de un codificador formado a partir del decodificador, de donde se toman las 8 salidas que corresponden a los números 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, - aprovechándose así el nivel lógico alto logrado cuando en el sistema de teclado estandar de señalización multifrecuencia 4 x 3 se oprime - uno de estos números el codificador al cual se hace referencia está - indicado en la figura 2.20.

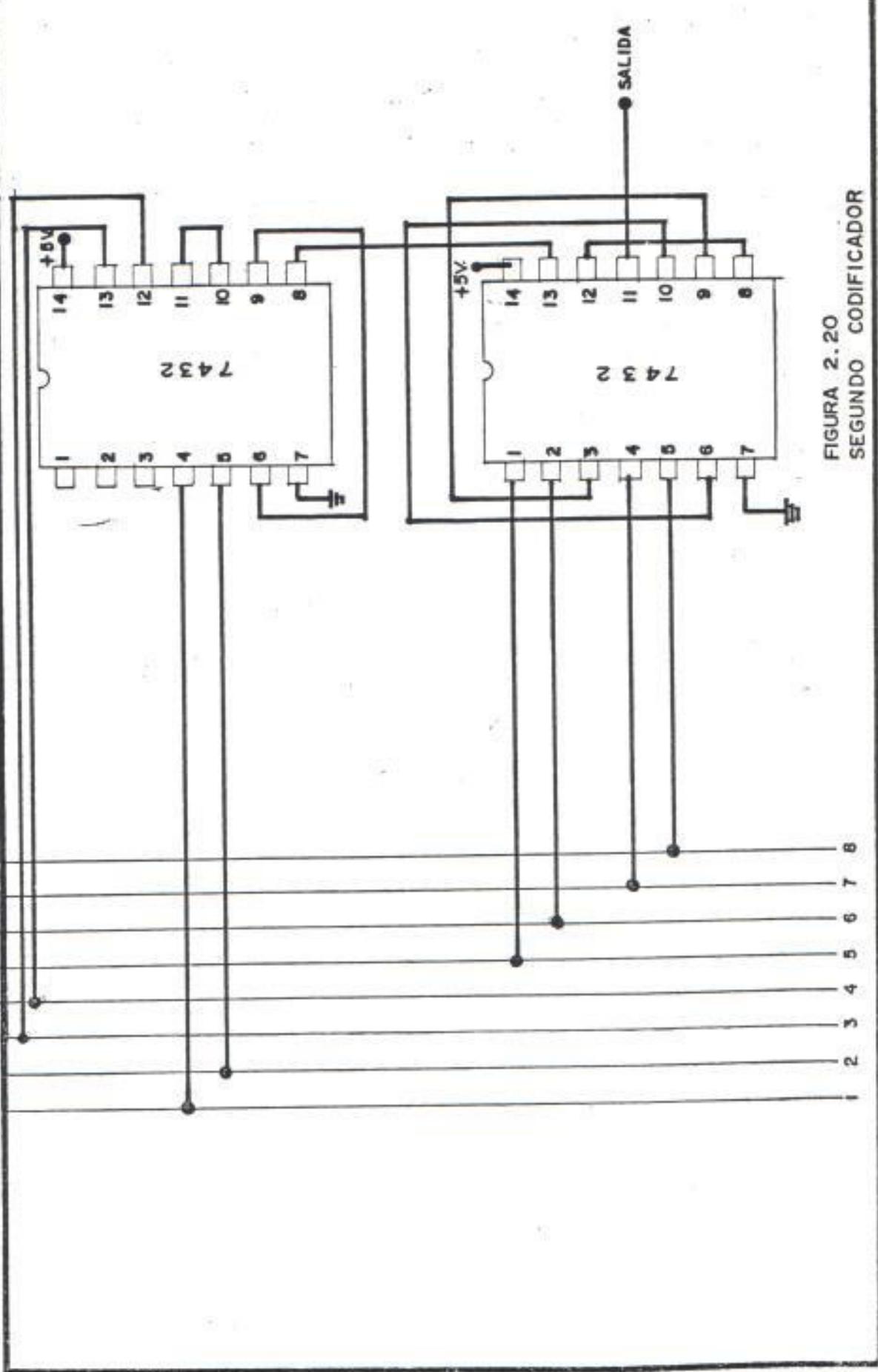


FIGURA 2.20
SEGUNDO CODIFICADOR

La señal que aparece es la que se indica en la figura 2.21.a.

La duración de T depende del tiempo que se tenga oprimido un botón en el sistema de teclado y ésta actúa sobre el 74121. (Ver figura 2.21.b.)

Esta salida se muestra en la figura 2.21.c. donde la duración del tiempo de salida viene determinado por:

$$t_s = 0.7 C_T R_T$$

Para terminar se debe de obtener la señal de principio de conversión que es un pulso de 200 nanosegundos y dá la órden en el DAS-952 R al convertidor analógico/digital para que convierta; pero este pulso debe de encontrarse retrasado con respecto al que habilita al multiplexor análogo ese



FIGURA 2.21a
DURACION DE T.

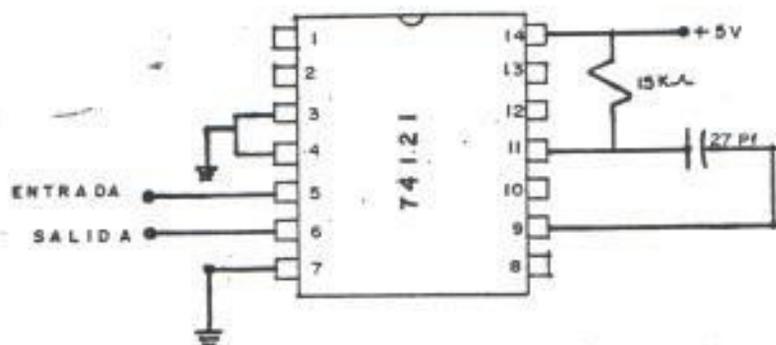


FIGURA 2.21b
Circuito que logra un pulso de 2835 nans/seg

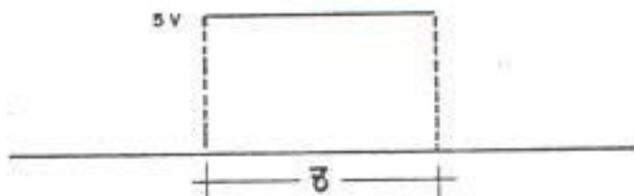


FIGURA 2.21c
Salida del 74121

retrazo debe ser de aproximadamente 50 nanosegundos.

Para conseguir esta señal se utiliza nuevamente otro circuito monoestable 74121 acondicionando como en el caso anterior a la resistencia y al condensador, aprovechando la misma señal que dispara al primer monoestable pero retardando ésta señal con inversores empleando el 7404.

Se tiene entonces la misma señal lograda a la salida del segundo codificador (Ver figura 2.21.a. que entra a los respectivos inversores para originar el retardo. (Figura 2.22).

La salida que se debe de obtener - del circuito anterior se lo muestra en la figura 2.23.a.

En la figura 2.23.b., se muestra un diagrama de las tres últimas señales obtenidas.

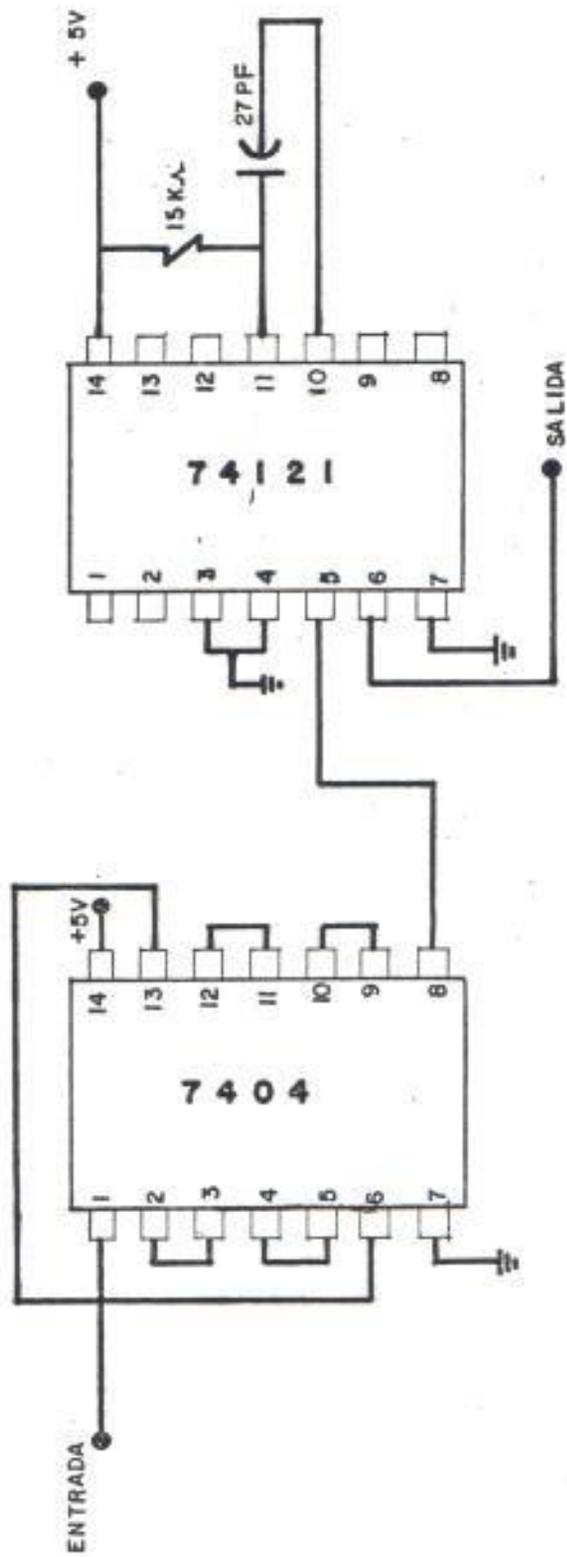


FIGURA 222
 CIRCUITO QUE ORIGINA LA SEÑAL DE
 PRINCIPIO DE CONVERSION

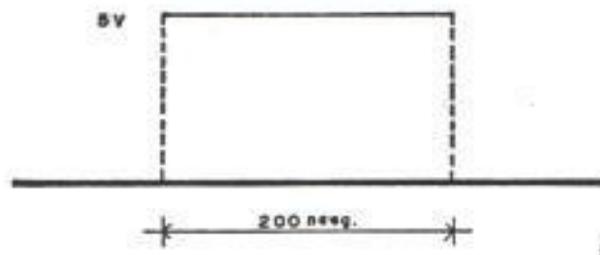


FIGURA 2.23 a

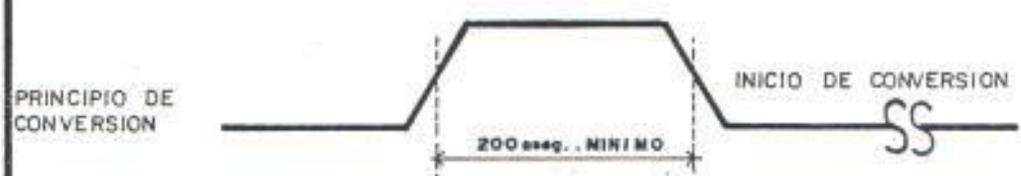
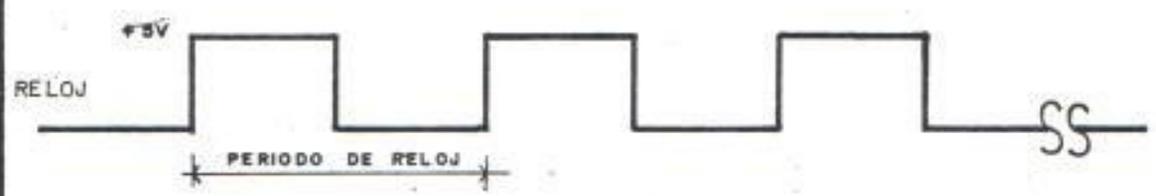


FIGURA 2.23 b

2.3.3. Adquisición de Datos

2.3.3.1. Transductores e interfaces:

El término transductor se lo ha aplicado a un sinnúmero de dispositivos incluyendo instrumentos de medición, transmisores de energía acústica, convertidores de señal, etc. Un transductor es un dispositivo el cual provee de una salida aprovechable, en respuesta a una medida determinada. La medida es una cantidad física, y la salida es una cantidad eléctrica producida por el transductor. Esta definición se aplica específicamente a transductores eléctricos.

Un ejemplo de un transductor es el tubo tipo Bourdon que es un transductor de presión potenciómetrico y sobre la cual basamos los ejemplos que se anotaron en el Capítulo I, un incremento de presión causa al tubo de Bourdon una deflexión que es usada para mover un brazo sobre una re

sistencia devanada a través de la cual un voltaje es aplicado.

En otros transductores como los resistivos de temperatura, la transducción de cambio de temperatura - en cambios de resistencia ocurren dentro del mismo elemento sensor.

La mayor parte de los transductores requieren de potencia de excitación pues su elemento de transducción es pasivo. Existen otros del tipo de autogeneración ejemplo termocuplas, transductores piezo eléctricos los cuales no necesitan excitación.

Actualmente el empleo de celdas solares constituyen uno de los tipos de transductores que está desarrollándose ampliamente, por tal motivo, se ha considerado como ejemplo estas celdas solares.

Una celda solar es un dispositivo -

que convierte radiación electromagnética en electricidad. Las celdas solares pueden ser divididas en dos clases: de película delgada y de cristal único.

Las celdas solares de un sólo cristal tienen una mayor aplicación y son diodos, por lo tanto la misma teoría que se aplica a diodos se utiliza para las celdas solares.

El ejemplo mencionado únicamente está mostrado como un punto de investigación más, pues en realidad lo que corresponde a transductores e interfaces ha sido simulado por fuentes de voltaje variando dicho voltaje de 0 a 5 voltios, ya que la idea de éste trabajo es tomar la información de 8 diferentes medidores, ajustando las lecturas de los mismos a un rango de variación que va de 0 a 5 voltios. Para hacer esto habría que colocar una interfaz en los di

ferentes medidores ya sea para disminuir el voltaje utilizando divisores de voltaje, o para elevar el nivel de voltaje utilizando amplificadores, sin embargo se deja abierto el camino para que se pueda emplear la celda solar de silicón mostrada en la foto 2.1., y cuyos datos técnicos se darán en el Apéndice A.

Esta puede ser usada como transductor y debido a que el voltaje máximo que ésta ofrece es 0.42 milivoltios se debe añadir una interfaz amplificando dicho voltaje a 5.v.

Así la tesis desarrollada aquí tiene flexibilidad aún más, ya que o se toman lecturas directas de los medidores o se utilizan transductores e interfaces.

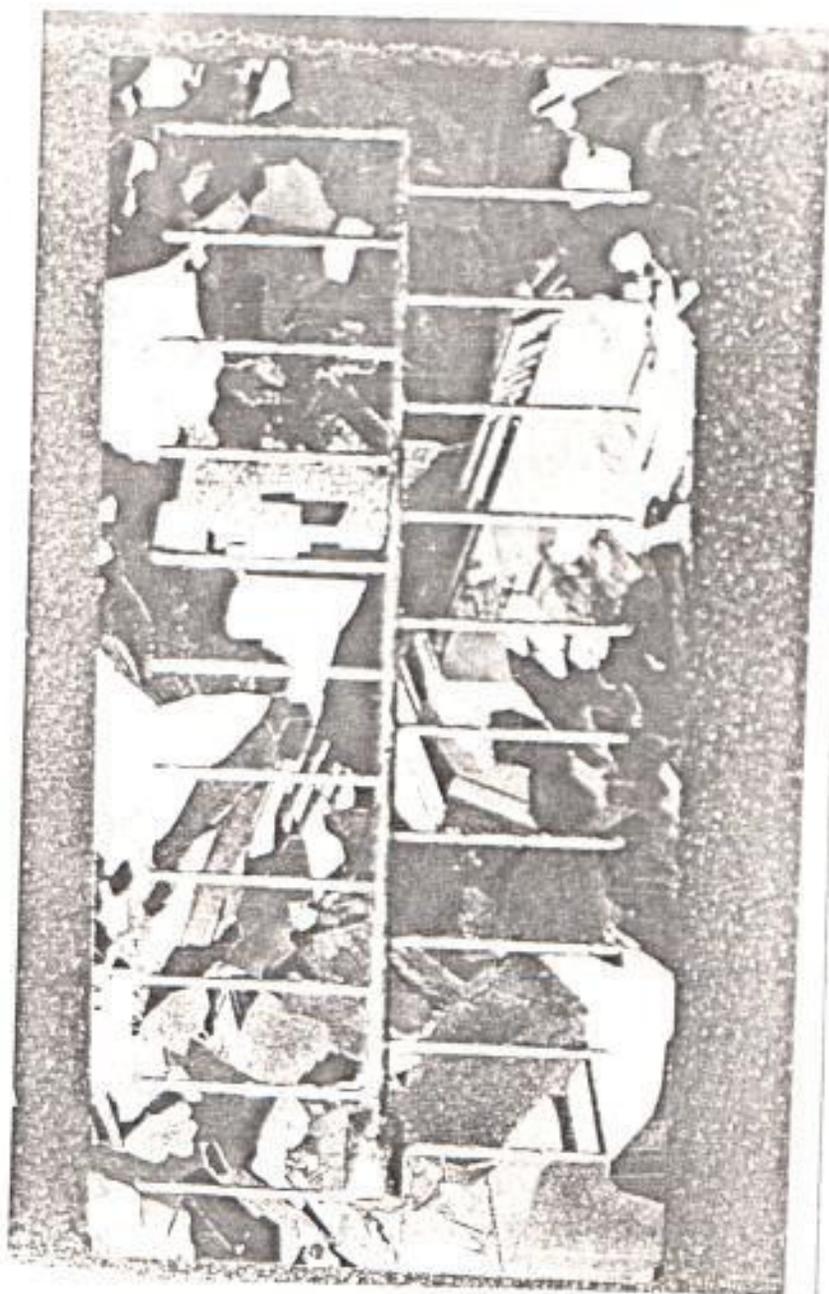


FOTO 2.1. CELDA SOLAR DE SILICIO

2.3.4. Interfaz de Mando

2.3.4.1. Encendido y Apagado de Motores:

Para este propósito se utilizan - los botones 9, *, 0, y # del sistema de teclado estandar de señalización de multifrecuencia 4 x 3.

Al oprimir cualquiera de los 4 botones que se mencionan arriba se obtiene un nivel lógico alto el que será aprovechado de la siguiente manera:

Ese nivel lógico deberá activar relés y los contactos de los mismos estarán dispuestos convenientemente en el tablero de controles eléctricos.

Así la intención es operar contactores con estos relés.

Utilizando el contacto normalmente

abierto (NA) del relé, éste se cerrará si se oprime el botón 9 y energizará la bobina del contactor haciendo trabajar sus contactos de fuerza y control, por tal motivo se enciende el motor.

Utilizando el contacto normalmente cerrado (NC) del relé éste se abrirá cuando se oprima el botón 0, y desenergizará la bobina del contactor haciendo que los contactos de fuerza se abran y por ésta causa que se apague al motor.

Se ha establecido que con dos órdenes las cuales son: 9 y 0 se puede encender y apagar un motor, pero las órdenes que se disponen no son sólo 2 sino que hay la posibilidad de emplear otras 2 señales de control para tal propósito, dichas órdenes pueden ser ejecutadas al oprimir el * y #, ya que al igual que en el caso anterior con el bo

tón * se puede encender otro motor y con el # apagarlo.

Volviendo al diseño en sí de ésta parte se tiene que se ha aislado al primer descodificador con los relés, éste aislamiento es óptico y como hay cuatro órdenes existen cuatro opto aisladores que son foto Darlington que vienen en un circuito integrado (cada opto aislador).

Cuando el nivel lógico alto aparece a la entrada del circuito integrado lo que ocurre es que polariza directamente a un diodo emisor de luz que emite dicha luz la cual llega a la base del primer transistor del darlington polarizando a éste, haciéndolo operar para que a su vez éste active al otro transistor que pone su colector a tierra, para que la bobina del relé quede

polarizada directamente y active sus contactos.

El relé al que se ha hecho referencia es un circuito integrado cuyos voltajes de polarización son 5 voltios y tierra más detalles sobre éste se darán en el Apéndice A.

A continuación se muestra un diagrama interno de los circuitos integrados - que participan en esta parte. Posteriormente se dará un diagrama final - de conexiones de la interfaz de mando. (Figura 2.24 y 2.25).

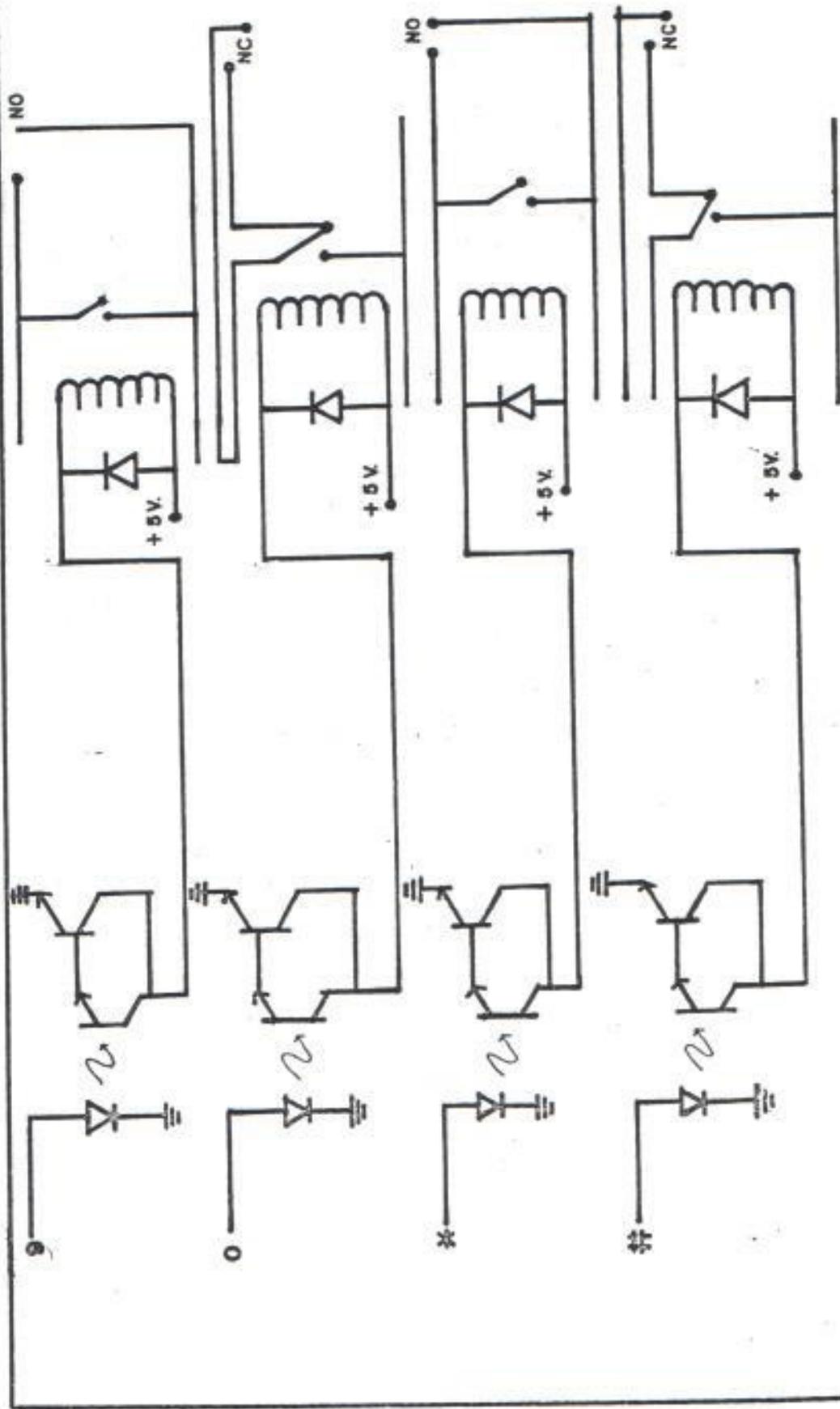


FIGURA 2.24
 DIAGRAMA INTERNO

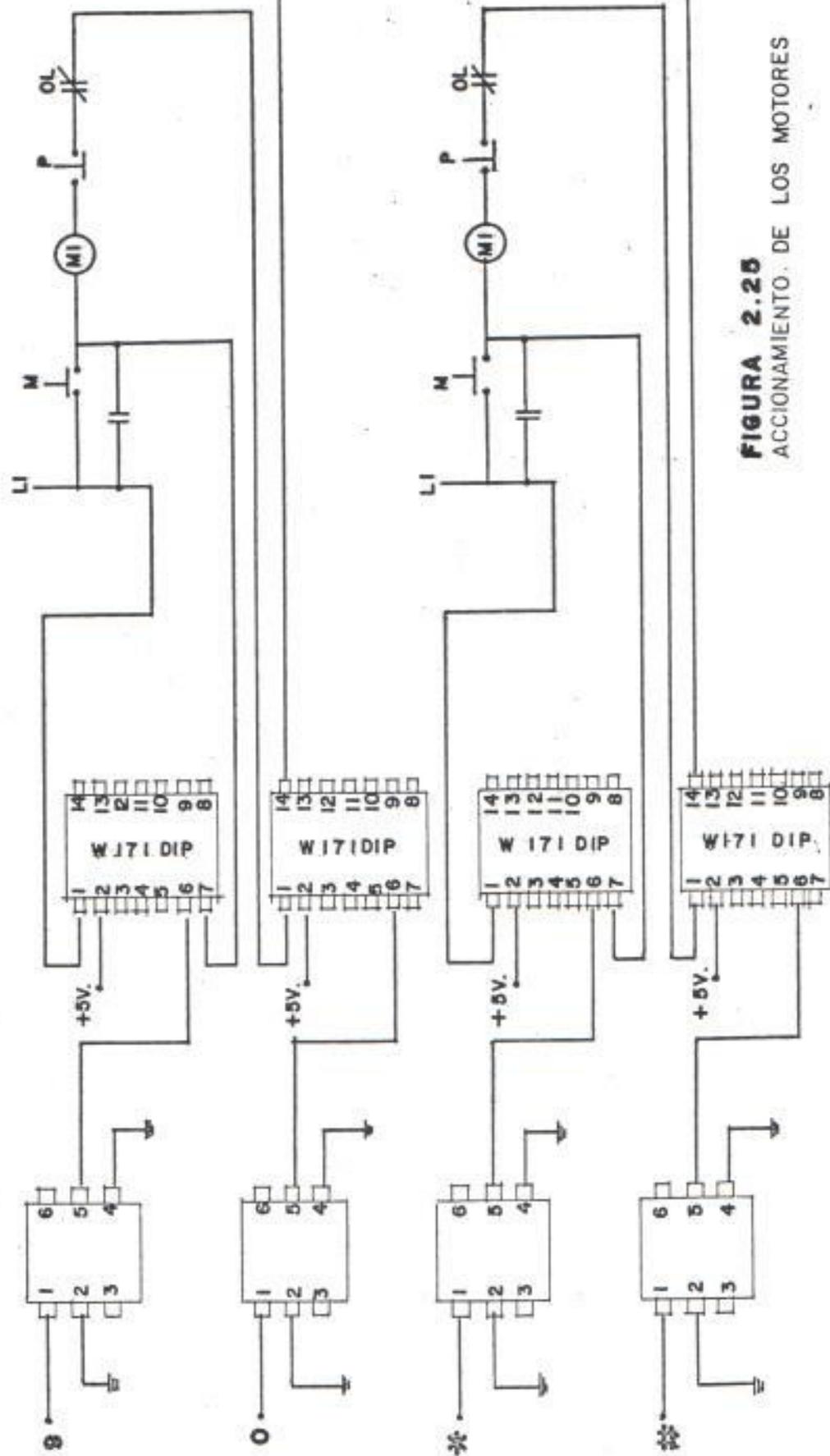


FIGURA 2.25
ACCIONAMIENTO DE LOS MOTORES

CAPITULO III

CONSTRUCCION

3.1. LISTA DE MATERIALES

Se utilizan los siguientes componentes en la construcción de la unidad de accionamiento y lectura.

- 1 Sistema de teclado de señalización multifrecuencia
(Generador de tonos) CEX-4.000
- 1 Cristal de 3.579545 MHZ para T.V.
- 1 Amplificador Operacional LM 386
- 1 Reostato de 10 K Ω
- 1 Condensador de 39 uf 16V (Polarizado)
- 1 Condensador de 220 uf 16V (polarizado)
- 1 Condensador de 1.5 uf 35V (polarizado)
- 6 Unidades de despliegue visual TIL - 308
- 3 Memorias electricamente programables (EPROM)2704
- 1 Parlante de 8 Ω 0.63W
- 1 Tarjeta para usar método del entorchado (wire-wrap)
- 3 Bases para circuitos integrados de 24 terminales para usarlas en el método del entorchado.

- 6 Bases para circuitos integrados de 16 terminales para usarlas en el método del entorchado.
- 1 Base para circuito integrado de 8 terminales para usarla - en el método del entorchado.

Alambre para emplearlo en el método del entorchado.

24 postes

- 1 conector tipo macho de 8 terminales
- 4 terminales de entrada (hembra) para polarización
- 2 terminales de entrada para conectar parlante.

La segunda unidad corresponde al circuito de ejecución y mediciones.

Esta unidad tiene una parte que es común tanto para lo que se ha denominado ejecución, cuanto para lo que se llama mediciones. esto es el descodificador, por ello primeramente se mencionará los elementos usados en esta primera parte que es común para ambos.

- 7 descodificadores de tonos 567
- 7 leds color rojo
- 7 reostatos de $10\text{ K}\Omega$
- 14 resistencias de $2.2\text{ K}\Omega$ $1/2\text{ W}$.
- 7 resistencias de $4.7\text{ K}\Omega$ $1/2\text{ W}$.
- 7 resistencias de $470\ \Omega$ $1/2\text{ W}$.
- 7 condensadores de $22\ \mu\text{f}$ 35V . (Tantalium)
- 3 condensadores de $4.7\ \mu\text{f}$ 35V (Tantalium)

- 7 condensadores de 0.15 uf 100V (polarizados)
- 4 condensadores de 0.1 uf 35V (Tantalium)
- 1 condensador de 220 uf 35V (polarizado)
- 3 puertas NOR 7402
- 3 condensadores de 0.01 uf (50V) (no polarizados)

La parte de mediciones se compone de :

- 4 puertas lógicas de 7432 (TTL)
- 2 puertas lógicas NAND 7400 (TTL)
- 2 puertas lógicas NAND 4011 (CMOS)
- 2 circuitos integrados monoestables 74121 (TTL)
- 2 inversores 7404 (TTL)
- 1 contador 7490 (TTL)
- 1 disparador de Smith 7413 (TTL)
- 1 cristal de 3.579545 MHz para TV
- 1 sistema de adquisición de datos DAS-952R(INTERSIL)
- 6 resistencias de 2.2 K Ω 1/2 W.
- 2 resistencias de 1.5 K Ω 1/2 W.
- 1 resistencias de 330 Ω 1/2 W.
- 2 condensadores de 27 PF 100 V. Cerámica
- 15 condensadores de 0.01 uf 50V (no polarizado)

La parte de ejecución sus componentes son:

- 4 Opto aisladores WE-1B

- 2 relés W171 DIP-7 Magnegraf
- 2 relés W171 DIP-1 Magnegraf.
- 2 resistencias de 33Ω 1/2 W.
- 11 terminales de salida (para los contactos)
- 11 terminales de entrada (para señales de voltajes polarizadas y señal a descodificar).
- 248 postes
- Tarjeta para usar método del entorchado (Wire-wrap)
- 11 bases para circuitos integrados de 8 terminales para usarlas en el método del entorchado.
- 21 bases para circuitos integrados de 14 terminales para usarlas en el método del entorchado.
- 1 base para circuito integrado de 40 terminales para usarlas en el método del entorchado.
- 1 fusible de 500 ma.

Se tiene otra unidad donde se realiza la prueba de la recepción y se utilizan los siguientes elementos:

- 1 amplificador operacional 741
- 2 resistencias de $100K\Omega$ 1/2 W.
- 2 resistencias de $1K\Omega$ 1/2 W.
- 1 resistencia de $12 M\Omega$ 1/2 W
- 2 condensadores de $1\mu f$ 35V (polarizados)
- 1 microfono
- 4 terminales de entrada
- 1 terminal de salida

3.2. DISTRIBUCION Y UBICACION DE COMPONENTES EN TARJETAS

Todos los circuitos construídos en esta tesis fueron montados sobre tarjetas, en las que se utiliza el método del entorchado (Wire Wrap) pues brinda las siguientes ventajas:

1. Facilidad en el montaje de los elementos, pudiendo distribuirse los mismos tan convenientemente - como se lo estime.
2. Facilidad en cuanto a la revisión y correcciones que deben realizarse.
3. Es un método empleado cuando el número de circuitos integrados y componentes en general es grande.
4. Ofrece flexibilidad en la construcción, pues se puede extender de así deseárselo el circuito construído, añadiendo, componentes, y conectándolos por el método del entorchado.

Las fotos 3.1 y 3.2, muestran al circuito preamplificador, luego se observan las figuras 3.1 y 3.2 .

que indican la distribución y ubicación de los componentes en la tarjeta, además de un diagrama de conexión del circuito.

Las fotos 3.3 y 3.4, muestran al circuito de accionamiento y lectura, posteriormente se observan las figuras 3.3 y 3.4, que indican la distribución y ubicación de los componentes en la tarjeta.

Además, de un diagrama de conexión del circuito - las fotos 3.5 y 3.6, muestran al circuito de ejecución y mediciones, después de estas se observan las figuras 3.5 y 3.6, que indican la distribución y ubicación de los componentes en la tarjeta, además de un diagrama de conexión del circuito.

3.3. SECCIONAMIENTO DE LOS CIRCUITOS

Como quedó establecido en el Capítulo II, el trabajo desarrollado consta de dos partes importantes, llamándose estas:

Parte A y Parte B

En la parte A se tiene, tarjeta de accionamiento y lectura mas el parlante. Ver foto 3.7.

En la parte B se tiene, tarjeta de ejecución y mediciones, pre-amplificador y micrófono. Ver foto 3.8.

Es decir se ha seccionado al trabajo en dos.

En la parte A se emiten las ordenes y el canal de radio es simulado por medio del parlante y el micrófono.

Dichas órdenes son interpretadas en la parte B, reconociendo si estas deben accionar relés o adquirir información de voltaje, la cual regresará a la parte A para su observación siendo el canal de radio simulado por el acoplamiento directo que establece el cable plano.

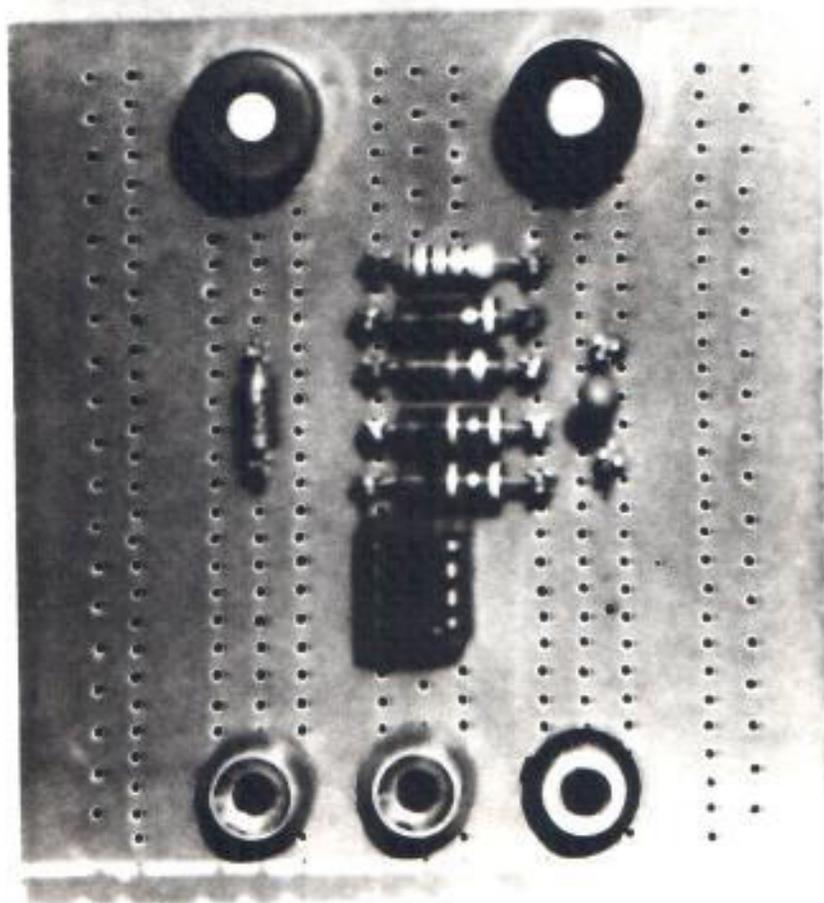


FOTO 3.1. CIRCUITO PREAMPLIFICADOR - VISTA SUPERIOR

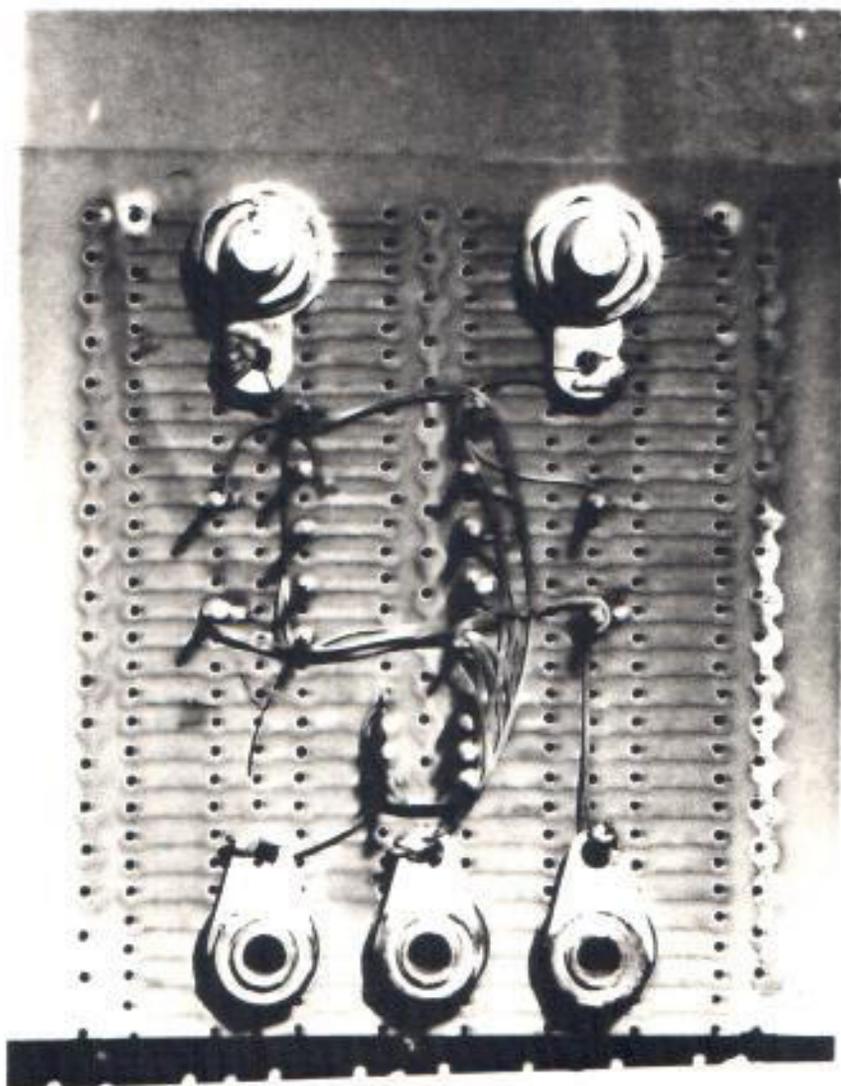


FOTO 3.2. CIRCUITO PREAMPLIFICADOR - VISTA INFERIOR

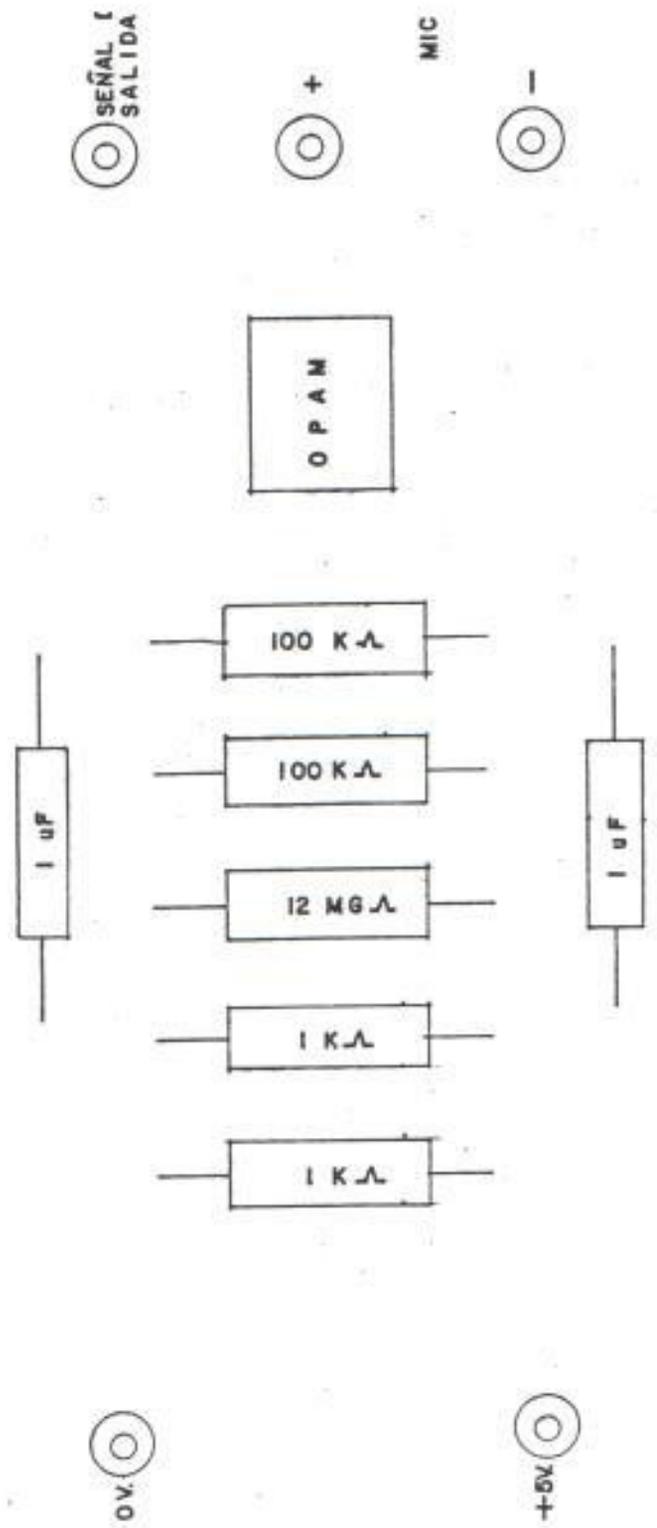


FIGURA 3.1
 DISPOSICION DE LOS ELEMENTOS EN EL CIRCUIT
 PREAMPLIFICADOR

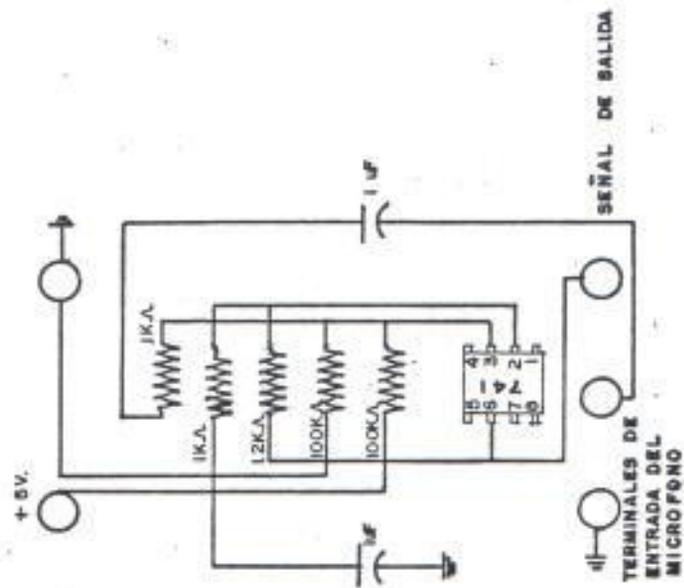


FIGURA 3.2
DIAGRAMA DE CONEXION DEL CIRCUITO PREAMPLIFICADOR.

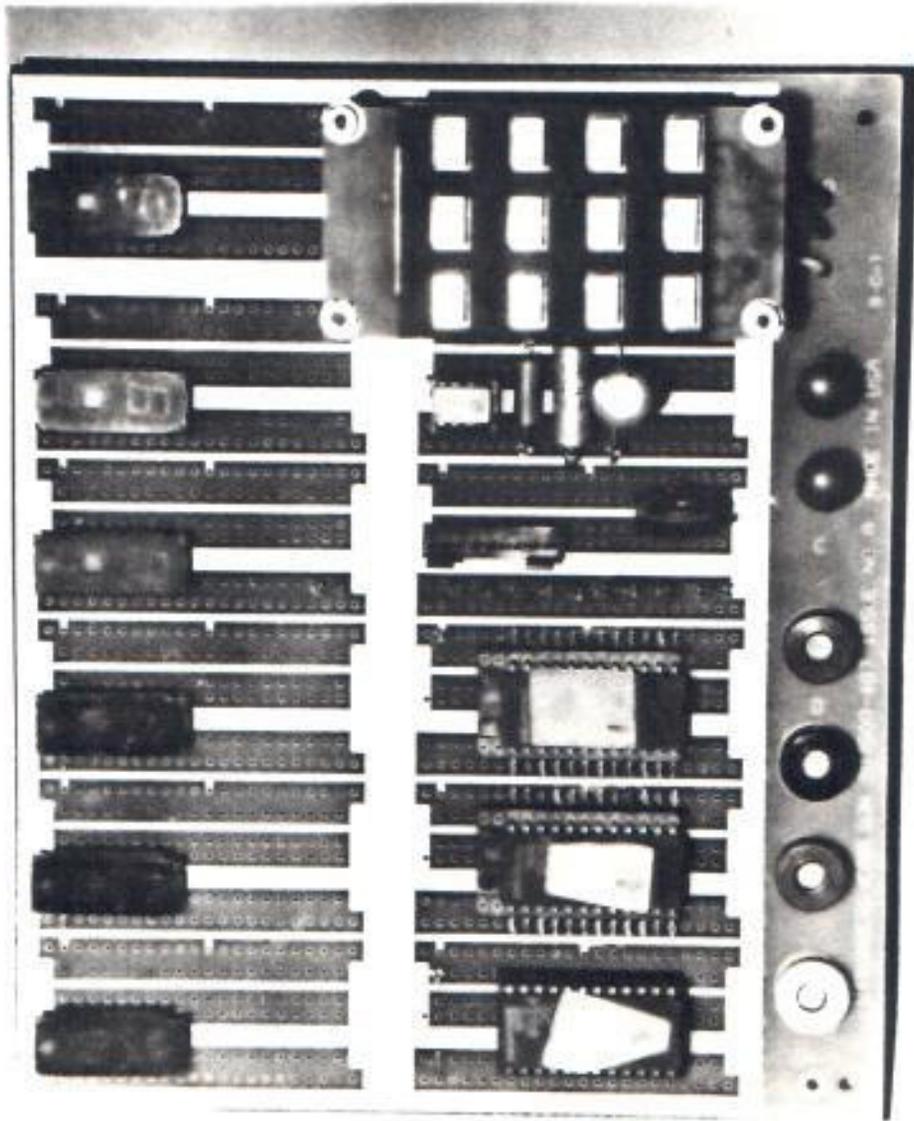


FOTO 3.3. CIRCUITO DE ACCIONAMIENTO Y LECTURA. VISTA SUPERIOR.

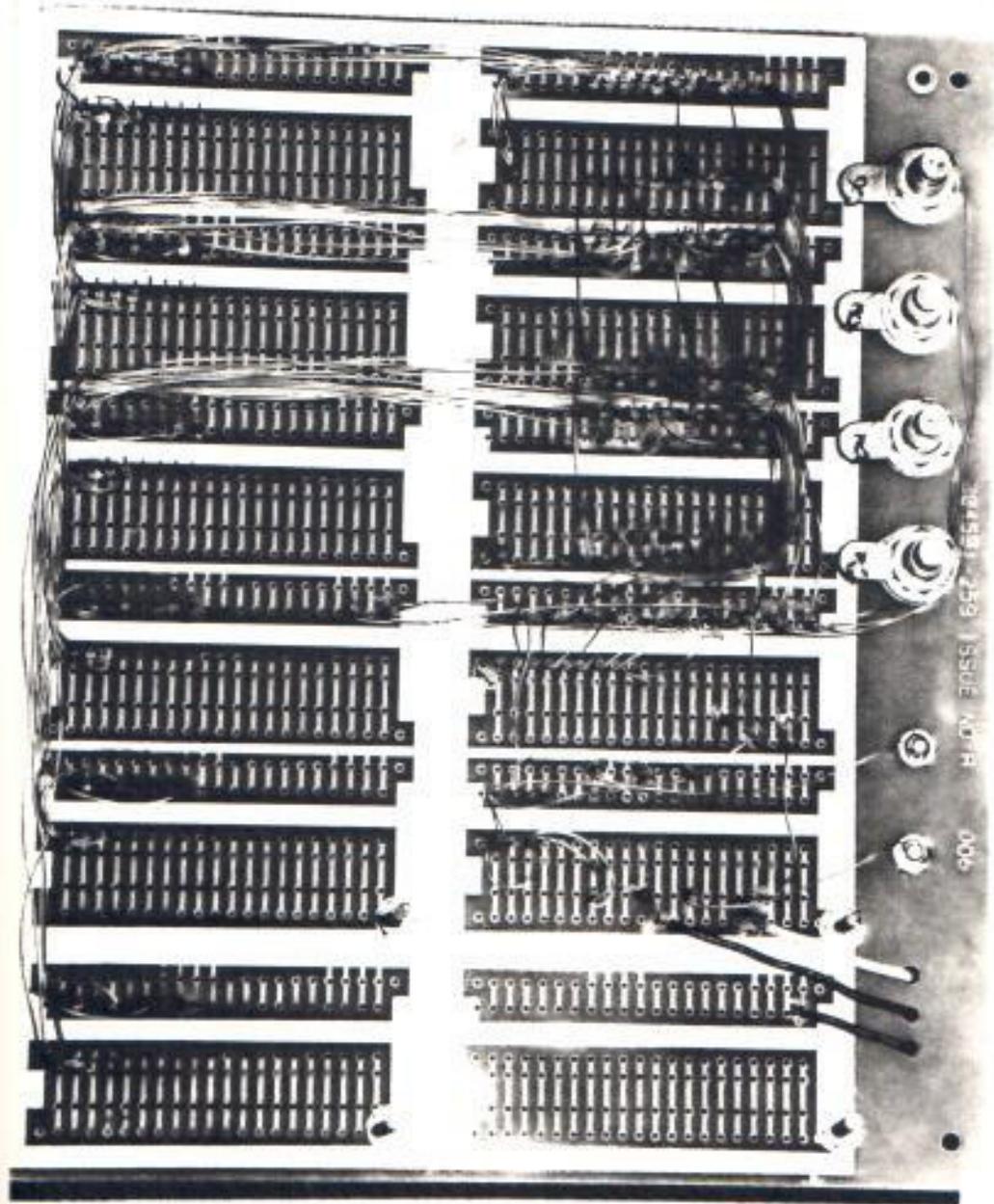


FOTO 3.4. CIRCUITO DE ACCIONAMIENTO Y LECTURA. VISTA INFERIOR

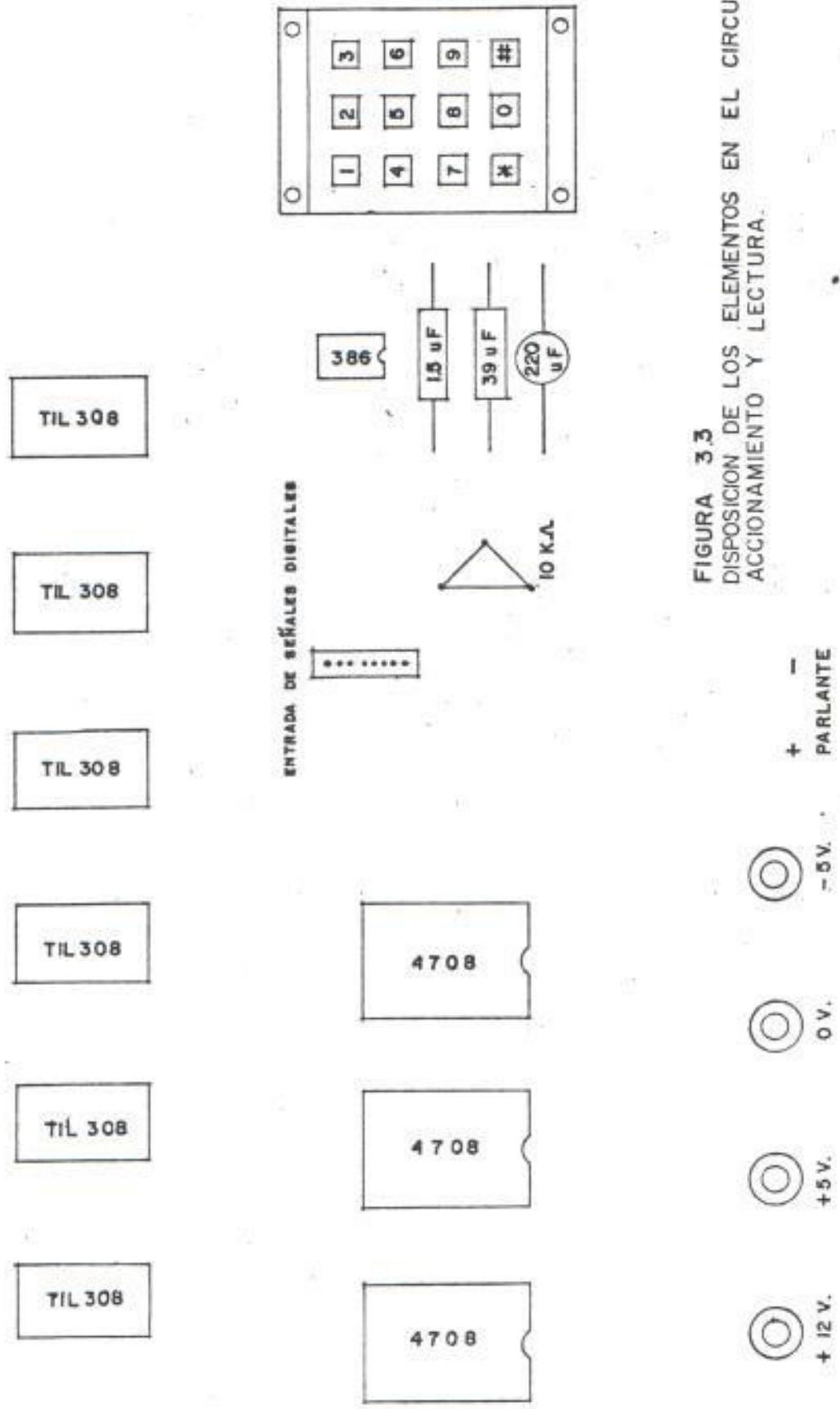


FIGURA 3.3
 DISPOSICION DE LOS ELEMENTOS EN EL CIRCUITO
 ACCIONAMIENTO Y LECTURA.

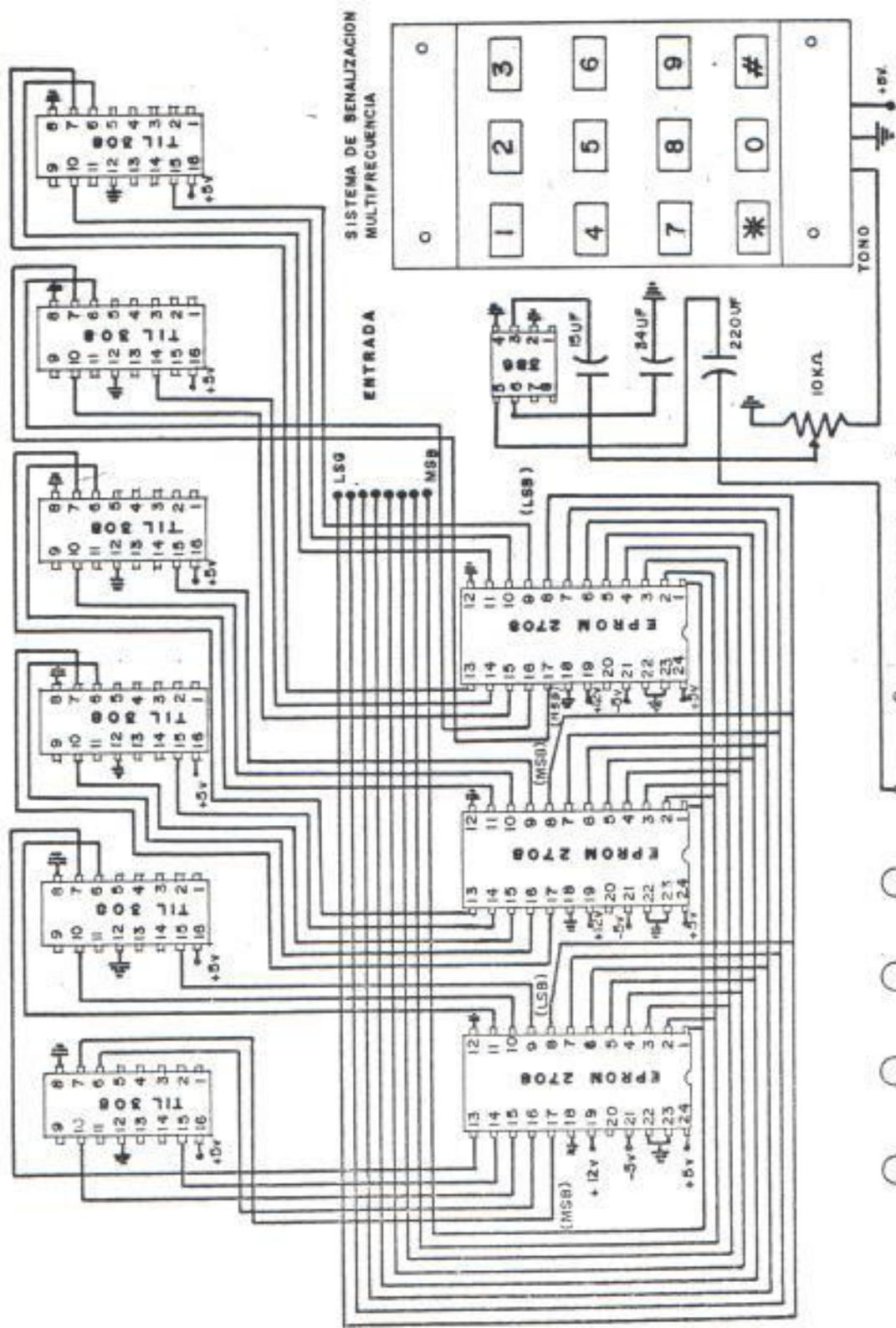
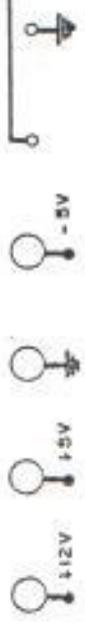


FIGURA 3.4

DIAGRAMA DE CONEXION DEL CIRCUITO DE ACCIONAMIENTO Y



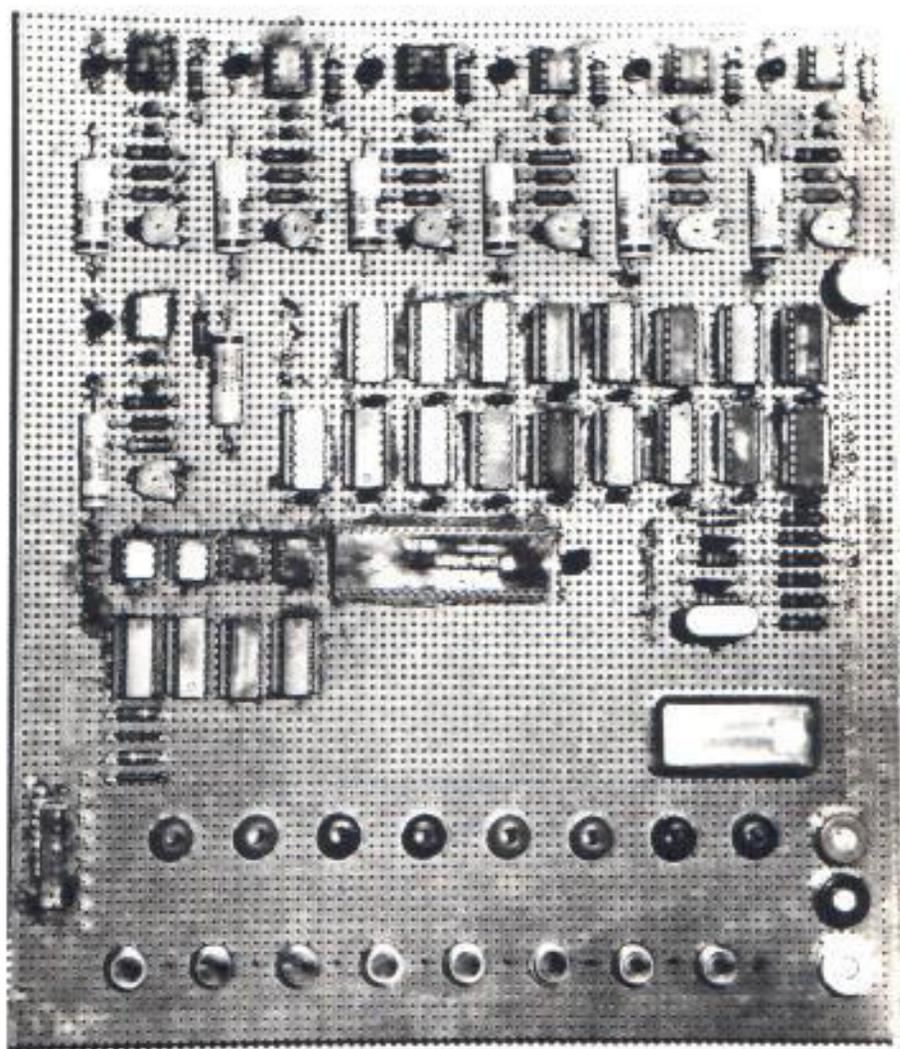


FOTO 3.5. CIRCUITO DE EJECUCION Y MEDICIONES
VISTA SUPERIOR.

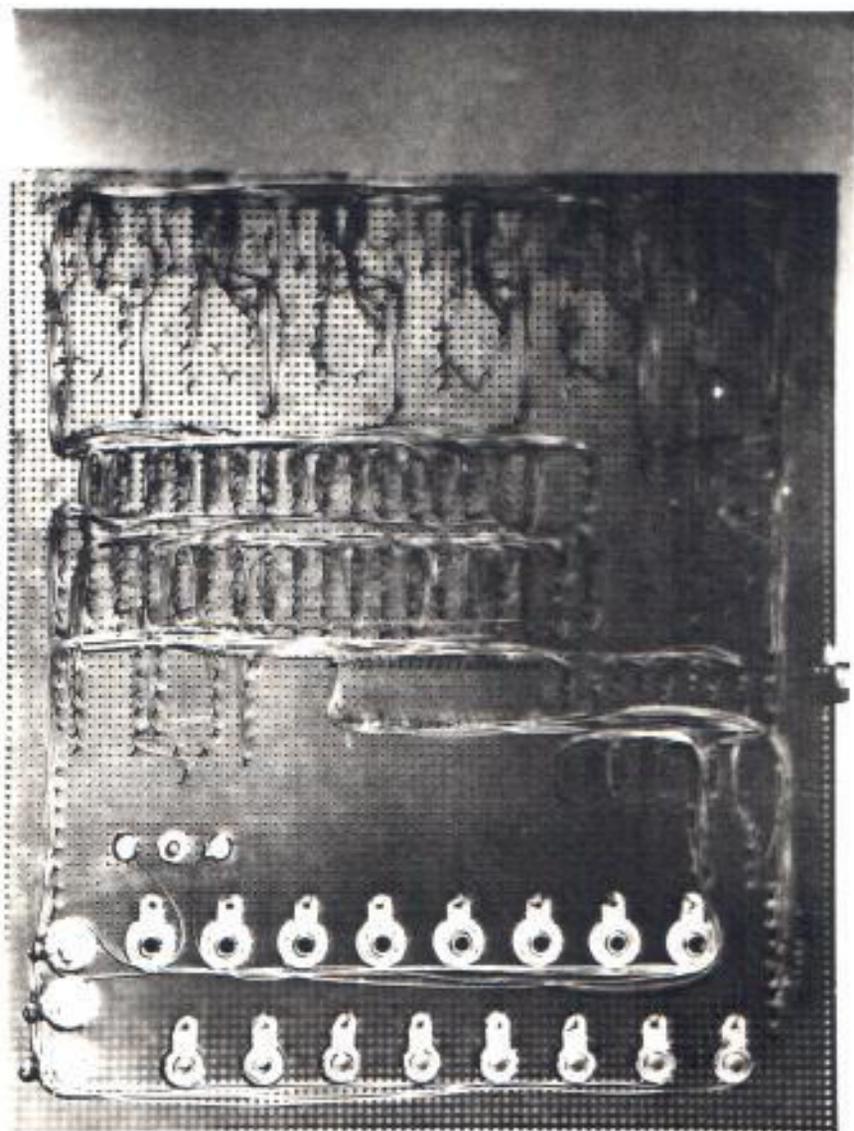


FOTO 3.6. CIRCUITO DE EJECUCION Y MEDICIONES.
VISTA INFERIOR.

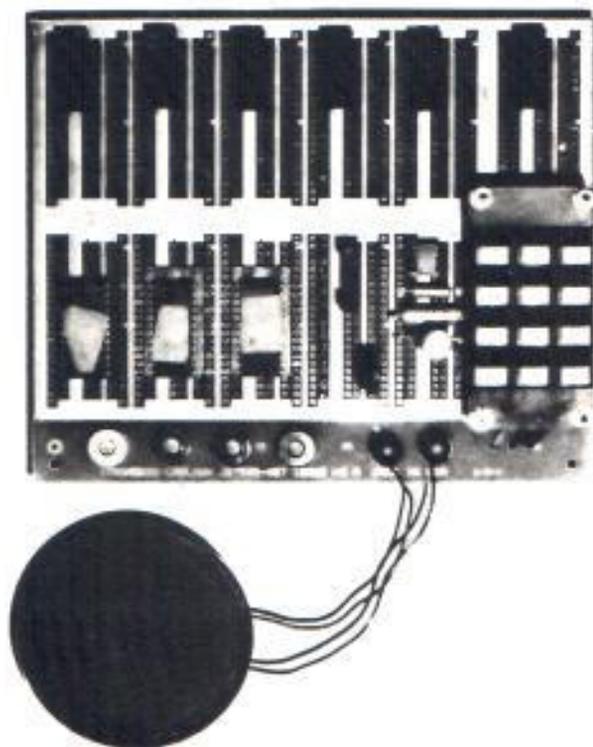


FOTO 3.7. PARTE A: TARJETA DE ACCIONAMIENTO Y LECTURA
MAS PARLANTE.

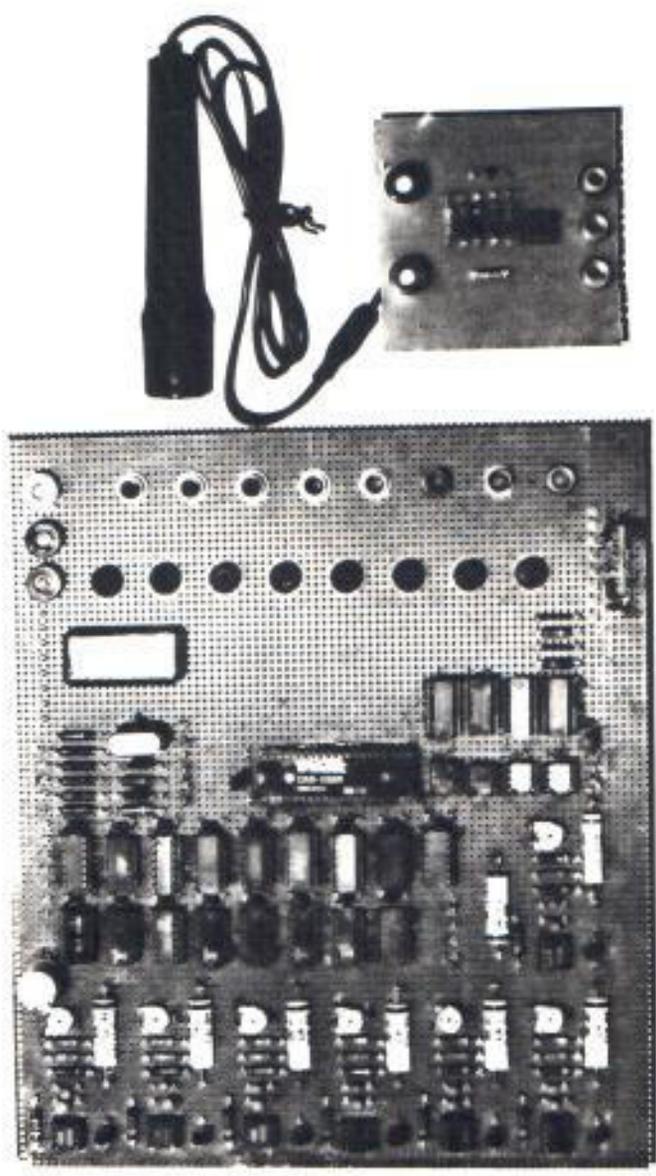


FOTO 3.8. PARTE 6: TARJETA DE EJECUCION Y MEDICIONES PREAMPLIFICADOR Y MICROFONO.

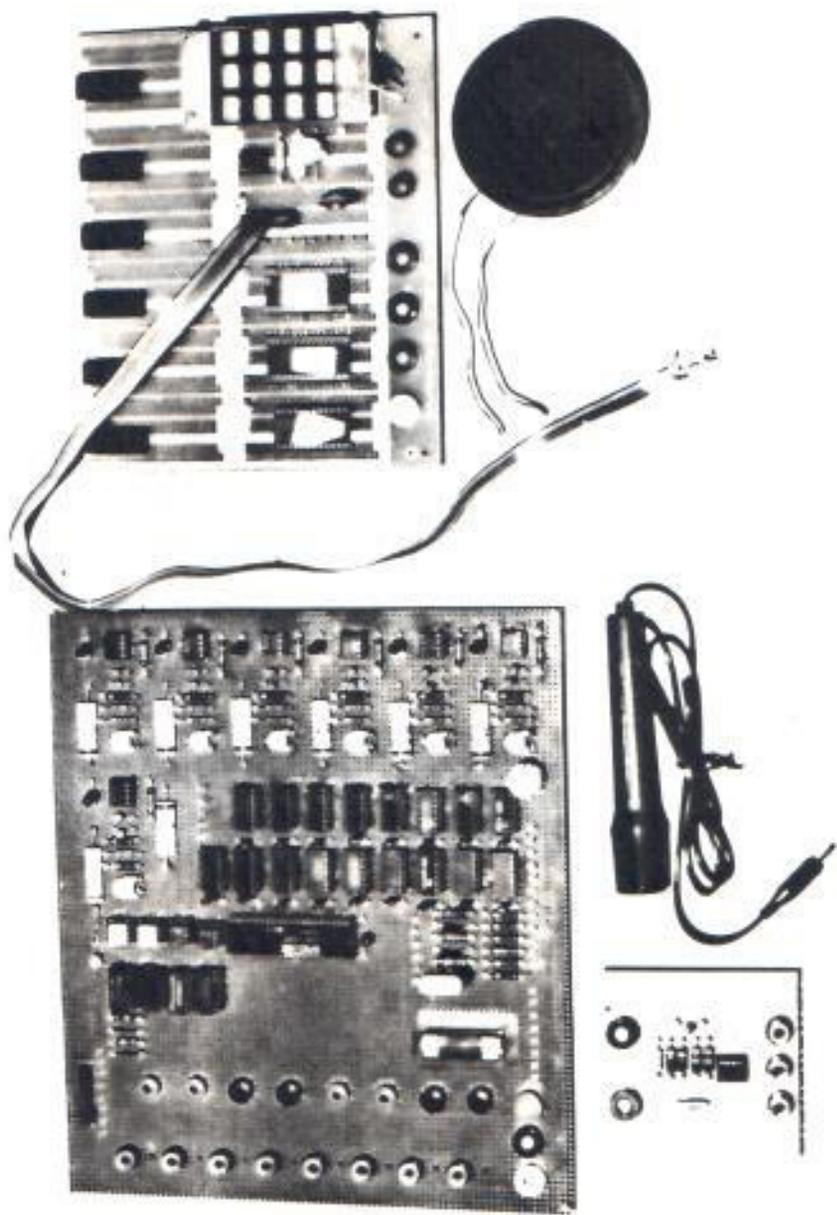


FOTO 3.9. DISPOSICION FINAL PARTE A Y PARTE B.

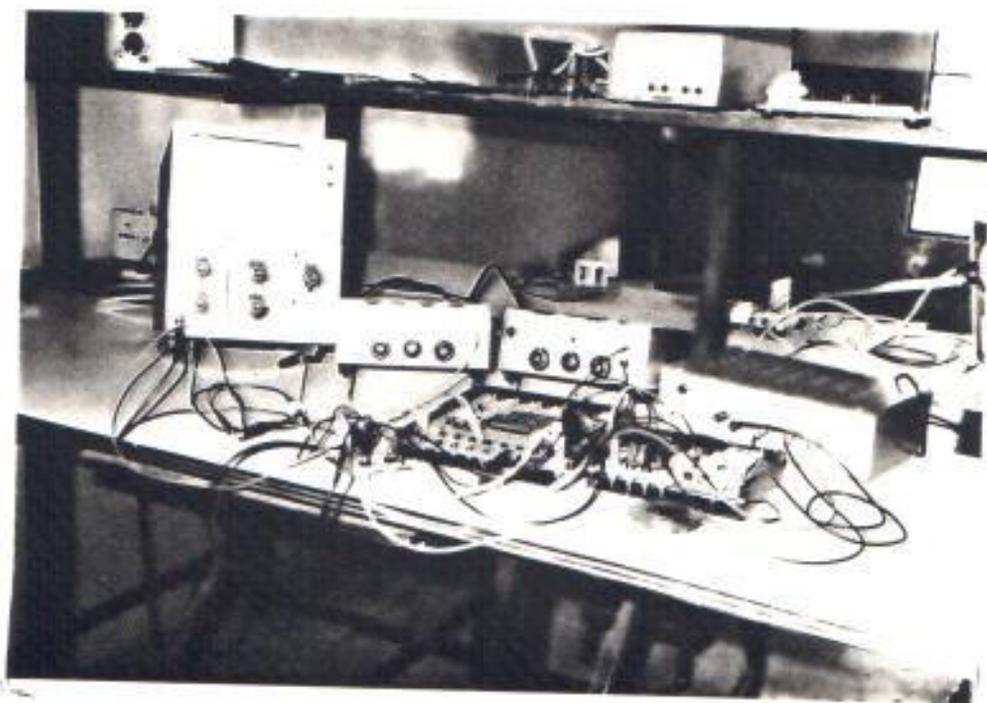


FOTO 3.10. DISPOSICION FINAL. CIRCUITOS OPERANDO

CAPITULO IV

VIAS DE TRANSMISION

4.1. GENERALIDADES

Continuando con el desarrollo de esta tesis, se entrará al estudio de las vías de comunicación; dichas vías constituyen el camino por donde la información tomada de los equipos de medida, y las órdenes de mando, viajarán completando así el sistema y cumpliendo con lo que el Capítulo I se ha mencionado al respecto de que los Sistemas de Telemetría y Telemando constituyen un Sistema de Comunicación.

Se ha escogido a la comunicación vía radio por su característica especial de transportar señales a grandes distancias en forma inalámbrica. Por esta circunstancia se hace notar que se necesitan dos equipos transmisores/receptores para que, acoplado con lo diseñado y construido aquí, se logre el objetivo de los sistemas ya antes mencionados.

Sin embargo el tipo de modulación que se considera

adecuado y que los equipos deben generarse y explicarse posteriormente y constituirán los fundamentos teóricos en cuanto a comunicación se refiere, en los Sistemas de Telemetría y Telemando.

Se debe dejar bien claro que el trabajo desarrollado en ésta tesis no encierra los equipos transmisores/receptores que se requieren.

Además, finalizando este capítulo se dará un resumen de características de equipos comerciales de radio con aplicaciones en Telemetría y Telemando.

4.2. FORMAS DE REDES Y METODOS DE TRANSMISION

Es importante indicar el tipo de tráfico adoptado en el sistema de Telemetría y Telemando que se ha desarrollado, por ello se mencionará que existe una distinción en el establecido entre 2 estaciones y el cursado en un conjunto más complejo de estaciones, o sea, el tráfico de red.

Los Sistemas de Telemetría y Telemando se encuadran comúnmente como los que realizan un tráfico entre dos localidades distinguiéndose tres modos distintos

que son: simplex, dúplex, semidúplex. Con esta idea se puede destacar que el trabajo realizado en esta tesis considera dos modos: el simplex y semidúplex.

Este último es un híbrido entre el simplex y el dúplex debido a que la comunicación es posible en ambos sentidos pero no simultáneamente; se explicará - ésto en forma breve pues en esta parte se emite la orden al medidor del cual se debe tomar la lectura y luego dicha información regresa al lugar en donde se la pidió, siendo mostrada en una unidad de despliegue visual.

Para el Sistema de Telemando tenemos el modo simplex, ya que la transmisión es posible en un sólo sentido. En este caso, se operarán dos motores encendiéndolos y apagándolos, operación que no tiene verificación de retorno.

En cuanto a los métodos de transmisión que se utilizan en los Sistemas de Telemetría y Telemando, se los puede dividir en dos grupos, los métodos analógicos y los digitales, utilizándose ambos.

Los métodos de transmisión analógicos se dividen tam

bién: modulación lineal, y exponencial, el último tipo de modulación se divide en angular y modulación en frecuencia, se estudió modulación en frecuencia - por que en el último tema de éste capítulo se hablará en forma escueta de equipos con esta forma de modulación y que empleamos para la transmisión de órdenes emanadas del generador de tonos.

Los métodos digitales se los emplea cuando la información pedida de los medidores regresa al lugar de emisión de las órdenes, esto es básicamente en el Sistema de Telemetría en su retorno, ya que las señales pedidas las tenemos moduladas por codificación de pulsos.

Los métodos digitales se clasifican en: modulación por desplazamiento de amplitud, de frecuencia, y de fase. Se estudió modulación por desplazamiento de frecuencia por ser la más usada en los sistemas de Telemetría y Telemando.

4.2.1. Modulación en frecuencia

La modulación en frecuencia constituye una de

las dos formas prácticas de modulación exponencial, la otra forma es la modulación de fase. La modulación exponencial es un proceso no lineal y por lo tanto el espectro modulado no está relacionado con el espectro del mensaje de una manera sencilla; el ancho de banda del mensaje, como compensación a éste hecho la modulación exponencial permite el incremento de las relaciones señal a ruido sin tener que incrementar la potencia transmitida.

Ahora se darán breves conceptos fundamentales al respecto de la modulación de frecuencia y ya que la señal de portadora no puede representarse mediante una expresión sinusoidal ordinaria, por tratarse de una variación continua de frecuencia se considerará:

$$X_C(t) = A_C \text{Cos } \theta_C(t)$$

que es la ecuación de una función sinusoidal generalizada donde $\theta_C(t)$ es una función lineal de:

$X_C(t)$ y A_C es una constante.

Sin embargo, expresemos

$$\theta_c(t) = 2\pi f_c t + \phi(t) \quad (1)$$

donde;

f_c es la frecuencia de portadora, y el segundo término es el ángulo de fase relativo de ahí podemos introducir la definición de frecuencia instantánea (en revoluciones o ciclos por segundo).

$$f(t) \triangleq \frac{1}{2\pi} \frac{d\phi(t)}{dt} \quad (2)$$

Donde \triangleq significa por definición.

Luego $\theta(t)$ se relaciona con $f(t)$.

$$\text{Si } \phi(t) = 2\pi \int_{-\infty}^t f(t) dt \quad (3)$$

reemplazando (3) en (1).

$$\theta_c(t) = 2\pi f_c t + 2\pi \int_{-\infty}^t f(t) dt \quad (4)$$

Luego con este preámbulo se define a la modulación en frecuencia como el proceso en que la desviación de frecuencia es proporcional al mensaje.

Por definición la desviación instantánea de una onda modulada en frecuencia es:

$$F(t) = F_c + F_\Delta x(t) \quad (5)$$

F_Δ es la constante de desviación de frecuencia así;

$$\theta_c(t) = 2\pi F_c t + 2\pi F_\Delta \int_{-\infty}^t x(h) dh \quad (6)$$

y en consecuencia:

$$X_c(t) = A_c \cos \left\{ \omega_c t + 2\pi F_\Delta \int_{-\infty}^t X(h) dh \right\} \quad (7)$$

que es la forma de onda de la portadora modulada en frecuencia.

Para continuar con el estudio de conceptos importantes se revisará también el llamado índice de modulación β .

Si $x(t) = A_m \cos \omega_m t$ (8) señal del mensaje.

Se tendrá que:

$$\theta_c(t) = 2\pi f_c t + 2\pi f \Delta \int^t A_m \cos \omega_m h d h \quad (9)$$

Reemplazando (9) en (7).

$$x_c(t) = A_c \cos \left\{ 2\pi f_c t + 2\pi f \Delta \int^t A_m \cos \omega_m h d h \right\} \quad (10)$$

De allí:

$$x_c(t) = A_c \cos \left\{ \omega_c t + \frac{2\pi f \Delta A_m}{m} \text{Sen } \omega_m t \right\} \quad (11)$$

Para simplificar:

$$\beta = \frac{\Delta}{F_m} \frac{2\pi f \Delta A_m}{\omega_m} = \frac{2\pi f \Delta A_m}{2\pi f_m} \quad (12)$$

$$\beta = \frac{A_m}{F_m} f \Delta \quad (13)$$

tal que:

$$x_c(t) = A_c \cos (\omega_c t + \beta \text{Sen } \omega_m t) \quad (14)$$

Ecuación que indica que la frecuencia instantánea de la onda modulada en frecuencia, varía - en forma senoidal en relación con la frecuencia de portadora.

El índice de modulación β presenta dos propiedades extraordinarias, está definido sólo para modulación de tono y depende tanto de la amplitud como de la frecuencia del tono modulante.

En forma física β es la desviación de fase máxima (en radianes) producido por el tono en cuestión.

Por último se estudiará brevemente el ancho de banda de frecuencia modulada, un espectro de ésta tiene una extensión infinita; por ésta razón para la generación y transmisión de FM pura, se necesitan sistemas de ancho de banda infinito, sea el mensaje de banda limitada o no.

Pero si existen los sistemas prácticos de FM, con ancho de banda finito y trabajan bien, el éxito de esto radica en que suficiente lejos - de la frecuencia portadora, las componentes es

pectrales son muy pequeñas y se pueden descartar. Si se omite cualquier porción del espectro se dará lugar a distorsión de la señal de modulada, pero esta distorsión se puede reducir al mínimo conservando todas las componentes espectrales significativas.

El ancho de banda B_T de una señal de FM está dado por:

$$B_T \approx 2(f\Delta + 2w) = 2(\Delta + 2)w \quad \Delta > 2$$

donde Δ es la relación de desviación y es igual a $\Delta = \frac{fd}{w}$

4.2.2. Modulación por codificación de pulsos

La modulación por impulsos codificados (MIC) es una modulación digital en la que el mensaje se representa por medio de un grupo codificado de pulsos digitales (amplitudes discretas).

La modulación en delta (DM) y la modulación diferencial por pulsos codificados (MDPC) son va

riantes de la modulación por pulsos codificados.

Si se permite solo unos pocos valores discretos para el parámetro modulado y si la separación - entre estos valores es grande en comparación - con las perturbaciones de ruido, será fácil de - cidir en el receptor los valores específicos - que fueron enviados, eliminándose el efecto - aleatorio lo cual es el objetivo de la modula- ción por pulsos codificados.

Para sistemas en los que las estaciones de trans misión y recepción se encuentran separadas gran des distancias se pueden emplear las repetidoras regenerativas.

En la figura 4.1, se muestra la forma de generar una señal PCM.

En esta figura se observa además que la señal - se filtra para limitar el ancho de banda del mensaje, se muestrea y cuantifica por lo tanto es discreta en tiempo (por el muestreo) y en am plitud (por la cuantificación) luego la $X_T(t)$ es convertida en palabras de código digital.

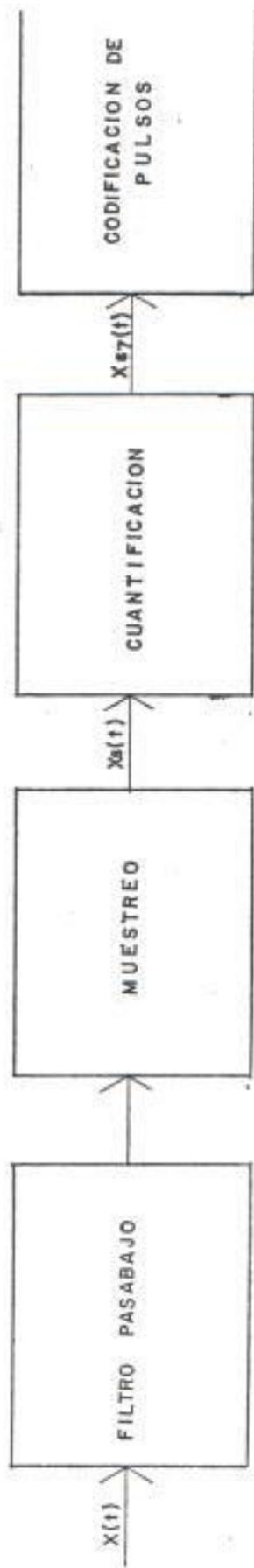


FIGURA 4.1
SISTEMA PARA LA GENERACION DE
MODULACION POR PULSOS CODIFICAD

La señal codificada depende de Q (número de niveles cuánticos) y éste viene determinado por la relación $u^v \geq Q$, donde v es el número de dígitos en la palabra de código. La forma más común de PCM es la binaria en donde $u = 2$. Luego $Q = 2^v$.

La ilustración de la operación para modulación por pulsos codificados binarios se la dará en la siguiente página.

Como se requieren varios dígitos para cada muestra de mensaje, resulta que el ancho de banda de la señal modulada por codificación de pulsos será mucho mayor que el ancho de banda del mensaje y viene dado por:

$$B_T \geq v w$$

donde v es el número de dígitos y w el ancho de banda del mensaje.

Esto se explica, ya que para Q niveles de cuantización se necesitara $\log_2 Q$ pulsos por muestras o sea v , además una señal de banda limita

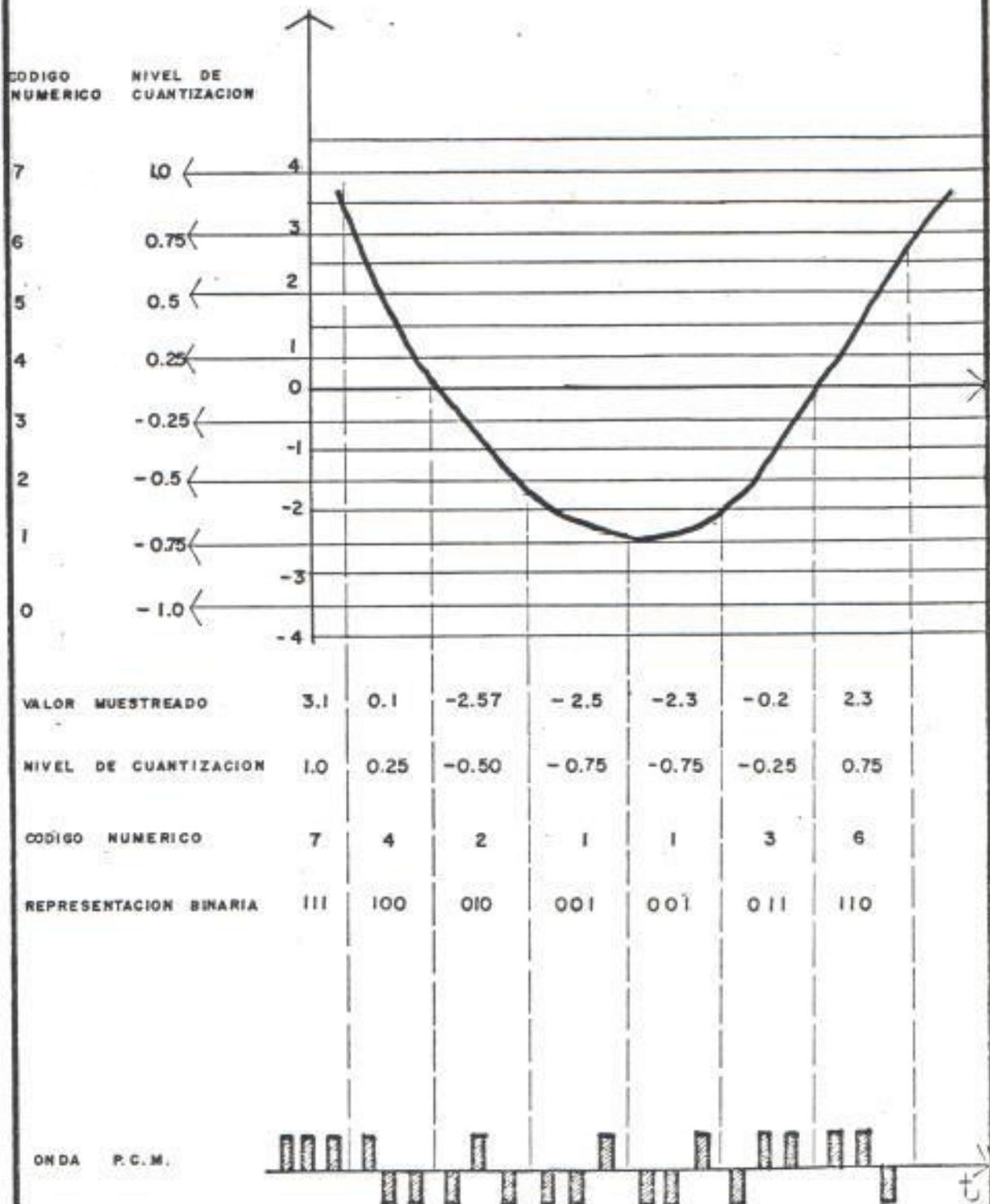


FIGURA 4.2
OPERACIONES PARA LA MODULACION POR PULSOS CODIFICADOS BINARIA

da a f_m Hz se necesita $2 f_m$ muestras por segundo, el sistema debe ser capaz de transmitir $- 2 f_m \log_2 Q$ pulsos por segundos, como un sistema con ancho de banda B es capaz de transmitir $2B$ pulsos independientes por segundos, en consecuencia para transmitir $2 f_m \log_2 Q$ pulsos por segundos, el ancho de banda necesario es:

$$B_T = f_m \log_2 Q = v_w$$

Como paso final de la generación de PCM la señal de banda base puede modular una portadora de radio frecuencia para la transmisión.

La modulación de la portadora puede ser de modulación por desplazamiento de amplitud, modulación por desplazamiento de fase, o de frecuencia, de lo cual trataremos enseguida.

4.2.3. Modulación por desplazamiento de frecuencia

La información digital puede imprimirse sobre una onda de portadora, así como la información

analógica.

Modulación por desplazamiento de frecuencia - puede considerarse, como una modulación por codificación de pulsos binarios modulados en frecuencia.

Se dará breves fundamentos teóricos sobre modulación por desplazamiento de frecuencia por ser una técnica muy usada en los Sistemas de Telemetría y Telemando.

La modulación digital tiene muchas opciones - tal es el caso de: Modulación por desplazamiento de frecuencia, amplitud y fase, no obstante ésto el análisis de comportamiento depende principalmente del tipo de demodulación o detección, de las cuales hay 2 clases principales: la detección coherente (sincrónica) y la detección no coherente (de envolvente).

La detección no coherente es la más sencilla de implementar y se emplea asociada con modulación por desplazamiento de amplitud y modulación por desplazamiento de fase. La detec-

ción coherente se emplea para modulación por desplazamiento de frecuencia.

Esta consiste en 2 señales de modulación por desplazamiento de amplitud, interpuestas en frecuencias portadoras diferentes sean estas f_1, f_0 .

$$S_1(t) = \begin{cases} A \text{ Sen } m\omega_0 t & 0 < t < T \\ 0 & \text{para cualquier otro punto} \end{cases} + f_1 = \frac{m\omega_0}{2\pi}$$

$$S_2(t) = \begin{cases} A \text{ Sen } n\omega_0 t & 0 < t < T \\ 0 & \text{para cualquier otro punto} \end{cases} + f_0 = \frac{n\omega_0}{2\pi}$$

Las dos formas de onda son diferentes y en consecuencia necesitamos dos filtros, se dará un ejemplo de las formas de onda. Ver figura 4.3.a.

Como se mencionó anteriormente, se necesitan 2 filtros acoplados, y un par de detectores de envolvente tal como se lo muestra en la Fig. 4.3.b.,

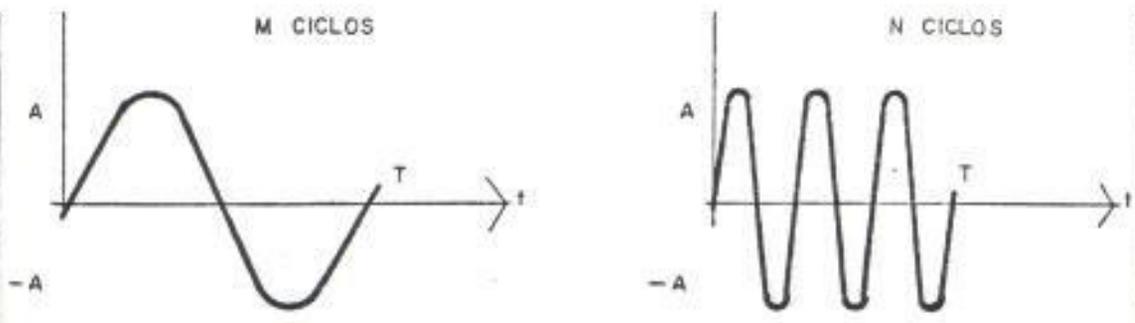


FIGURA 4.3a

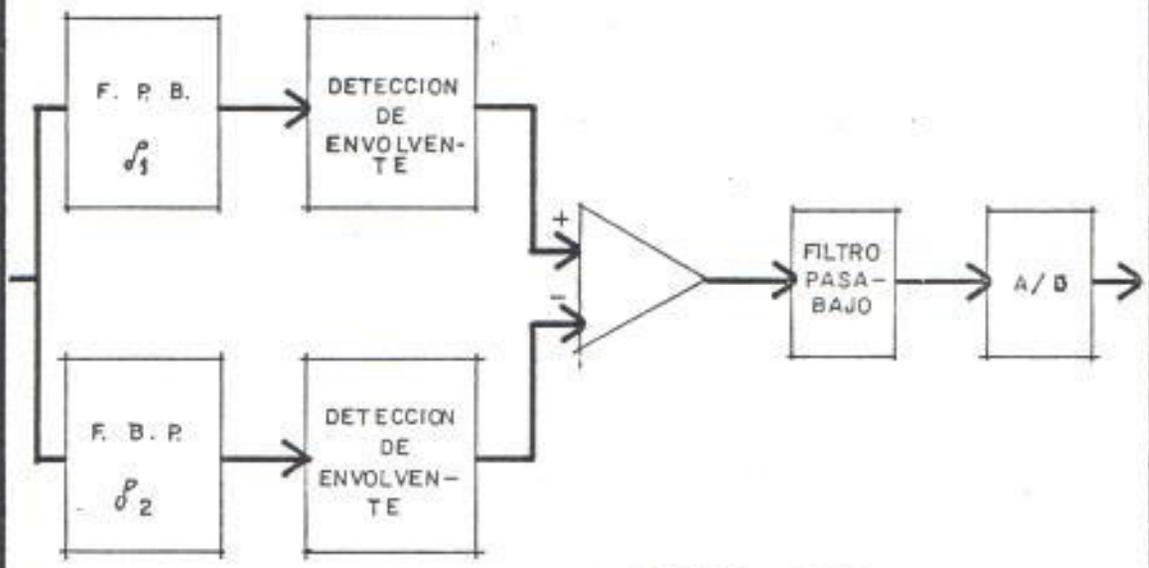


FIGURA 4.3 b
 DIAGRAMA EN BLOQUES DE LA
 MODULACION POR DESPLAZAMIENTO
 DE FRECUENCIAS.

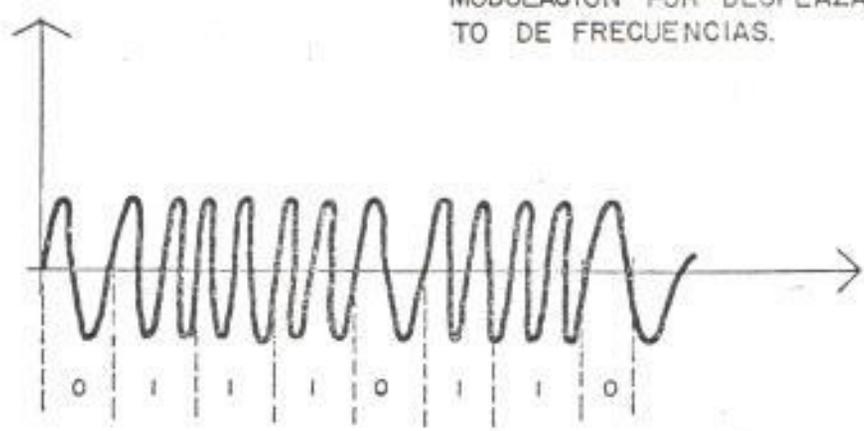


FIGURA 4.3c

con una derivación para f_1 y otra f_0 . Ver Fig.4.3.b.

Para evitar diafonía con los tiempos de muestreo es necesario que:

$$|f_1 - f_0| = M$$

donde M es un entero que por lo general se toma como unidad para reducir al mínimo el ancho de banda.

La forma de onda de modulación por desplazamiento de frecuencia para el mensaje binario es 01110110 . Ver figura 4.3.c.

4.3. SISTEMAS MULTIPLEX

Considerando que la multiplexación es uno de los puntos más importantes en Sistemas de Telemetría y Telemando - más complejos que el desarrollado en ésta tesis, y que puede éste trabajo servir de plataforma para trabajos - futuros, en los que se utilizan los Sistemas Multiplex, se ha decidido estudiar brevemente a los sistemas mencionados.

En general toda señal transmitida de un punto a otro por un canal, tiene un ancho de banda finito y si comparamos éste, con el ancho de banda del canal se dirá que es pequeño.

Por lo tanto si sólo se envía una señal por un canal determinado a éste no se le hace funcionar a plena capacidad de transmisión de información, o sea, eficientemente e incurriríamos en un desperdicio del canal.

Sin embargo por un método directo no es posible transmitir más de una señal a la vez, debido a que se originará interferencias entre señales y éstas no se las podría recuperar en el extremo receptor. Pero - empleando la multiplexación se puede transmitir varias señales simultáneamente en un mismo canal, utilizando para ello técnicas de modulación.

4.3.1. Multiplex por división en tiempo

El teorema de muestreo sirve de bastión en la teoría de la comunicación y especialmente a la técnica de multiplex por división en tiempo cuyo enunciado es el siguiente:

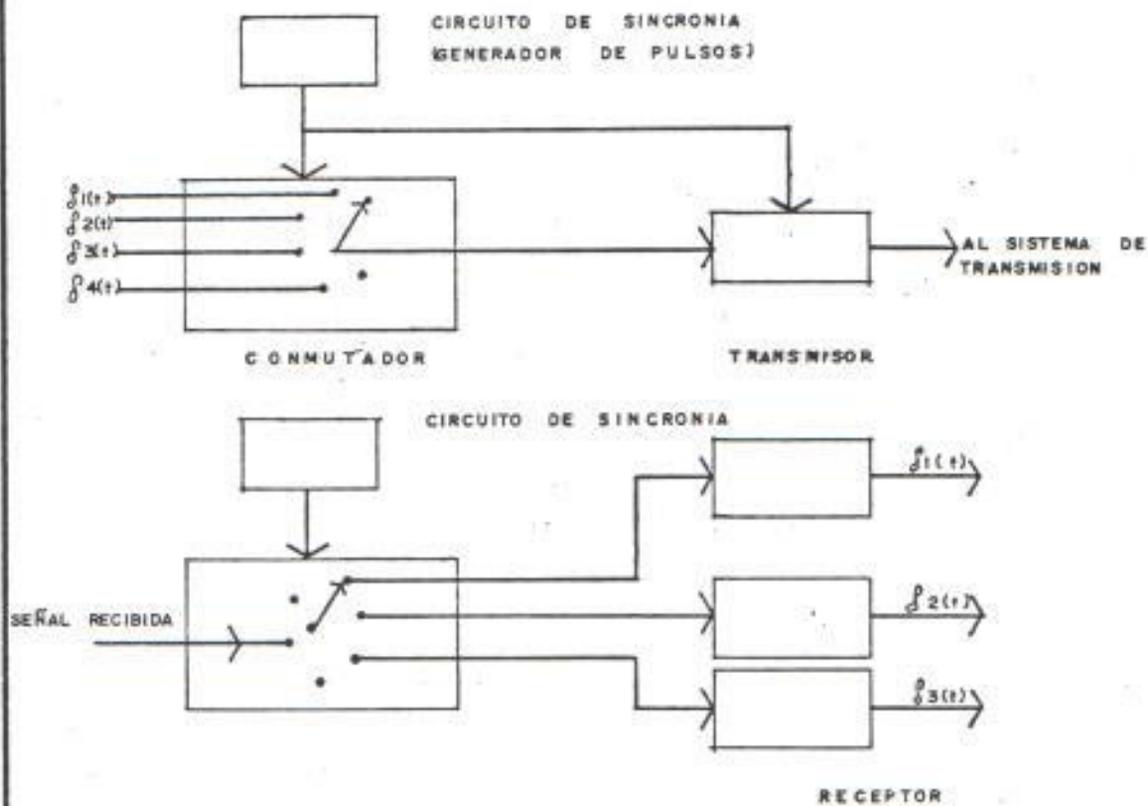


FIGURA 4.4a
MULTIPLEXACION POR DIVISION DE TIEMPO

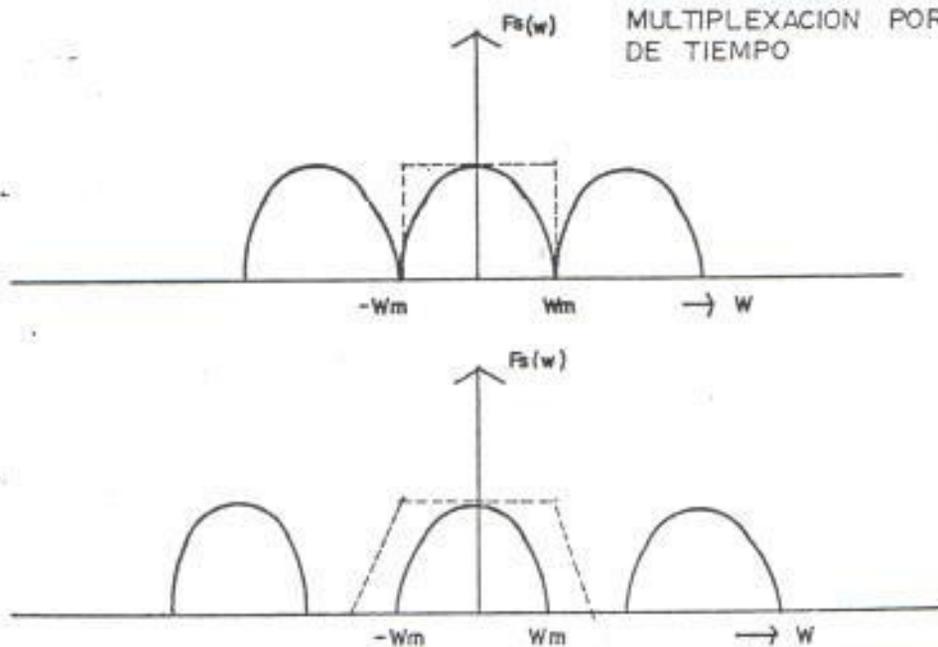


FIGURA 4.4b

Una señal limitada en banda que no contiene componentes espectrales mayores que la frecuencia f_m Hz está determinada en forma única por sus valores en intervalos uniformes menores de $1/2 f_m$ segundos.

A este teorema se le conoce como teorema de muestreo uniforme pues se refiere a la especificación de una señal dada mediante muestras suyas tomadas a intervalos uniformes - de $1/2 f_m$.

El teorema de muestreo permite la información completa de una señal continua limitada en banda, sin enviar más que muestras de $f(t)$ tomadas a intervalos regulares, ya que la transmisión de estas muestras ocupa el canal sólo durante una parte del tiempo.

Existe la posibilidad de transmitir varias señales bajo la base de tiempo compartido.

Al dominio tiempo se lo divide en ranuras - una para cada mensaje, al conjunto de pulsos formado de una muestra de cada entrada se le designa como cuadro.

Si se desea que las muestras de banda limitada lleven la información completa, entonces la rapidez de muestreo nunca debe ser menor que $2f_m$. Esta rapidez mínima de ($2 f_m$ muestras por /seg) es la llamada rapidez de Nyquist.

Como es evidente dicha rapidez de Nyquist resulta en una repetición del espectro de la señal sin superposiciones y sin intervalo alguno entre ciclos sucesivos, como los podemos notar en la figura 4.4.b.

Para recuperar la señal $f(t)$ muestreada es necesario usar un filtro ideal, pasa bajo - que permite transmitir sin atenuación las frecuencias $\omega < \omega_m$ y atenuar aquellas componentes de frecuencias superiores a ω_m . Sin embargo con una rapidez de muestreo mayor - que la de Nyquist se logra reducir la severidad de las condiciones que se le imponen al filtro ideal, haciendo lo mencionado anteriormente, lográndose que se repita el espectro de la señal pero con banda de resguardo.

Hasta aquí se ha dado los principios generales de los sistemas multiplex por división en tiempo, hablando específicamente de los Sistemas de Telemetría y Telemando, los sistemas multiplex por división en tiempo se clasifican en: multiplex cíclicos, estadísticos, arbitrarios.

Los multiplex cíclicos se consideran en donde las fuentes de señal del sistema son interrogados de forma constante, y en una secuencia prefijada que se repite.

En cuanto al multiplex estadístico se puede decir que éste emite información, sólo cuando alguna condición cambia en las estaciones para evitar que se produzcan pérdidas de información en el receptor se dispondrá de memorias para guardar dicha información.

Los multiplex arbitrarios; difieren del anterior en que no hay memorias para guardar los datos en el receptor.

4.3.2. Multiplex por división en frecuencia

Este sistema utiliza como herramienta fundamental la modulación, pues varios mensajes - de entrada modulan en forma individual a las subportadoras fc_1 , fc_2 , etc. Como se muestra en la figura 4.5., después de que pasan a través de filtros pasabajos para limitar los anchos de banda del mensaje, cada subportadora queda separada de la adyacente en por lo menos $2 w_m$, radianes por segundo, cada una - de las señales moduladas tiene un ancho de banda de $2 w_m$ y está sentada en las frecuencias fc_1 , fc_2 , etc.

Para modular a la subnortadora, se puede emplear cualquiera de las teclas de modulación de onda continua, o una combinación de ellas.

La señal de banda base puede ser transmitida en forma directa o empleada para modular una portadora que se transmite en frecuencia fc .

En el receptor la recuperación del mensaje - es realizado en tres etapas, el demodulador

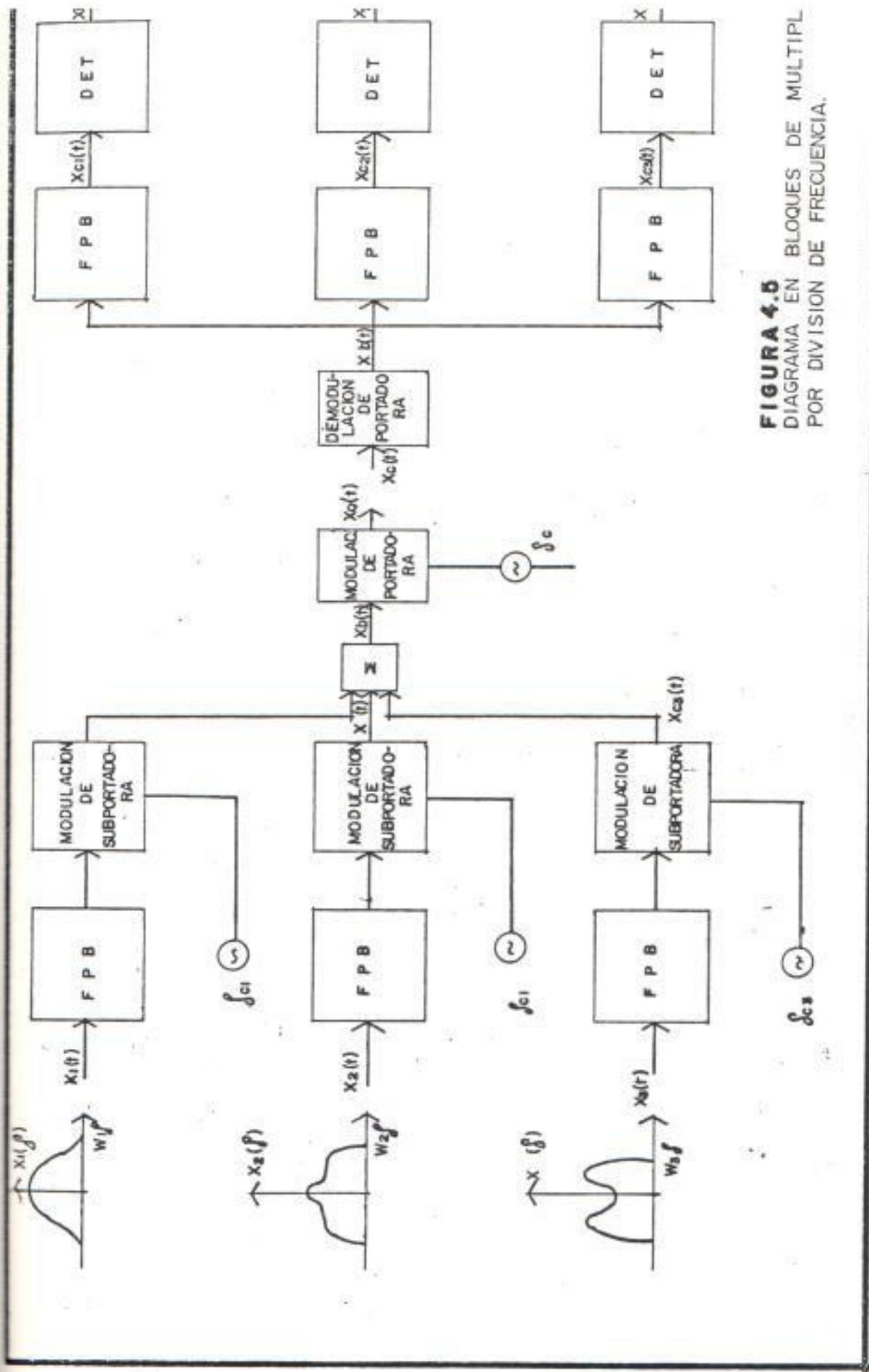


FIGURA 4.5
 DIAGRAMA EN BLOQUES DE MULTIPL
 POR DIVISION DE FRECUENCIA.

de portadora reproduce la señal de banda base luego se separan los subportadores modulados por medio de filtros pasabanda, después se demodulan las señales para finalmente obtener las originales.

4.4. RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS EN EQUIPOS COMERCIALES

Se darán las características técnicas de 3 diferentes equipos que realizan funciones de Control Remoto y Telemetría.

Luego se compararán las especificaciones técnicas - más importantes de los equipos comerciales con las obtenidas en el desarrollo de éste trabajo. El fabricante de los equipos es Marti Electronics Inc.

1. El RMC - 15 Control Remoto Digital

Descripción General:

El RMC - 15 es un sistema de Control Remoto que incorpora avances tecnológicos, diseñado con la

idea de orientar al operador para llenar las necesidades de la industria. Brinda exactitud y precisión del Control Remoto, el operador puede seleccionar cualquier medida/Control del Canal por la presión de un simple botón.

Los datos son leídos en una unidad de despliegue visual, la precisión del instrumento se puede variar de acuerdo a las necesidades.

El envío/recepción de los niveles de comunicación en la central y unidades remotas son ajustables en el frente del panel, el nivel correcto es fijado por la observación de un led indicador.

Características:

- Mandos totalmente digitales y Telemetría(FSK)
- Selección de canal por la presión de un simple botón.
- Exactitud de la telemedida en 0.1 %. Antena direccional. No requiere calibración de operación.
- Capacidad de canales 15.

- Reloj sincronizado de cuarzo.
- Enlace vía radio o línea física .
- La precisión del instrumento puede ser seleccionada para cada canal.

2. EL RMC - 20 Control Remoto Digital

Descripción General:

Posee una gran exactitud, simplicidad, y velocidad de operación. Los canales se seleccionan por la presión de un simple botón. Los datos son leídos en una unidad de despliegue visual. Se puede regular la potencia de salida y la sensibilidad de entrada.

El avance de los conceptos digitales son aplicados en todo el sistema para lograr exactitud y precisión. Se pueden seleccionar canales y mandos con alta corriente y 220 V_{ac}, a través de relés los cuales reducen el tiempo y los materiales necesarios en la instalación del control remoto.

Este sistema es el más técnicamente avanzado en

el mercado, se consigue facilidad y simplicidad en la instalación y el mantenimiento, ambos el Control Local y la Unidad Remota tienen construídos dentro medidores de pruebas para el chequeo de todas las fuentes de potencias y niveles de las señales de comunicaciones.

Un conector de prueba y un interruptor sirven para revisar la frecuencia del reloj digital.

Las unidades son diseñadas para el fácil acceso en el mantenimiento de todas las tarjetas.

La capacidad de canales del sistema puede ser 5, 10, 15 o 20 canales.

Características:

- Mando totalmente Digitales y Telemetría (FSK)
- Selección de Canal por la presión de un simple botón.
- Exactitud en la telemetría en 0.1 %. Antena direccional. No requiere calibración de operación.
- Capacidad de canales 20.

- 10 Amp./120 Vac 5 Amp./240 Vac.
- Incluye medidores de prueba para fijar niveles de trabajo y realizar todas las pruebas pertinentes.
- Reloj sincronizado de cuarzo.
- Enlace via radio o línea física.
- Despliegue visual grande en ambos extremos de la comunicación.
- La precisión del instrumento puede ser seleccionada para cada canal.

3. El RMC - 2AX Control por Radio Remoto y Telemetría.

Descripción General:

Diseñado para realizar telemidas de señales AM y FM subaudibles. El sistema RMC - 2AX no requiere interfaces para llenar las reglas y regulaciones establecidas para el mezclado de las telemidas subaudibles, filtraje y prevenciones de sobre modulación. Esos circuitos o componentes son una parte integral de la central de control y unidades transmisoras.

La telemedida subaudible se logra por el uso de un oscilador de voltaje controlado con un desplazamiento de frecuencia de 22 a 28 Hz.

El mismo sistema puede ser usado para realizar mediciones en un transmisor FM excepto cuando se usa el subcanal de medida de 67 KHz.

Filtro Pasa Alto:

Un filtro pasa alto de 50 Hz debe ser insertado en la línea de audio antes del limitador para remover las componentes de audio que podrían interferir con la portadora de telemedida.

Características:

- Se consigue confiabilidad probada en muchas instalaciones.
- Constitución modular; usa tecnología de estado sólido.
- Capacidad para telemedir señales de AM y FM.
- Posee un potenciómetro de 10 pasos para ajustar la precisión de las medidas.

- 1 % de error en la escala
- Posee un led indicador para cada canal.
- Unidad de transmisión de control auxiliar.

TABLA 4.1.
COMPARACION DE LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS

EQUIPOS	CAP.DE CANAL	SELECCION DE CANAL	RELOJ	ENLACE	EXACTITUD
RMC - 15	15	Presión de un simple botón.	Sincroniza do de cuar zo.	Via radio o línea física.	0.001
RMC - 20	20	Presión de un simple botón.	Sincroniza do de cuar zo.	Vía radio o línea física.	0.001
RMC - 2 AX	5	Presión de un simple botón.	Sincroniza do de cuar zo.	Vía radio o línea física.	0.001
EL CONSTRUIDO EN ESTA TESIS.	8	Presión de un simple botón.	Sincroniza do de cuar zo.	Vía radio o línea física.	1/255.

CAPITULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1. CIRCUITO BASICO CODIFICADOR DE TONO

Un tono se lo obtiene por la presencia de una frecuencia.

Los tonos que se investigan en éste trabajo son - frecuencias audibles y son: 647 Hz, 770 Hz, 852 Hz, 941 Hz, 1.209 Hz, 1.336 Hz, 1.477 Hz.

Las primeras pruebas referentes a su identificación se las realizaron así:

Con la ayuda del circuito mostrado en la figura 5.1 y un generador de señales se introdujo una señal sinusoidal de aproximadamente 200 milivoltios de pico, fijándose la frecuencia deseada en el generador de señales; posteriormente se comenzó a variar el reóstato del circuito hasta lograr captar la frecuencia que entraba al circuito integrado 567.

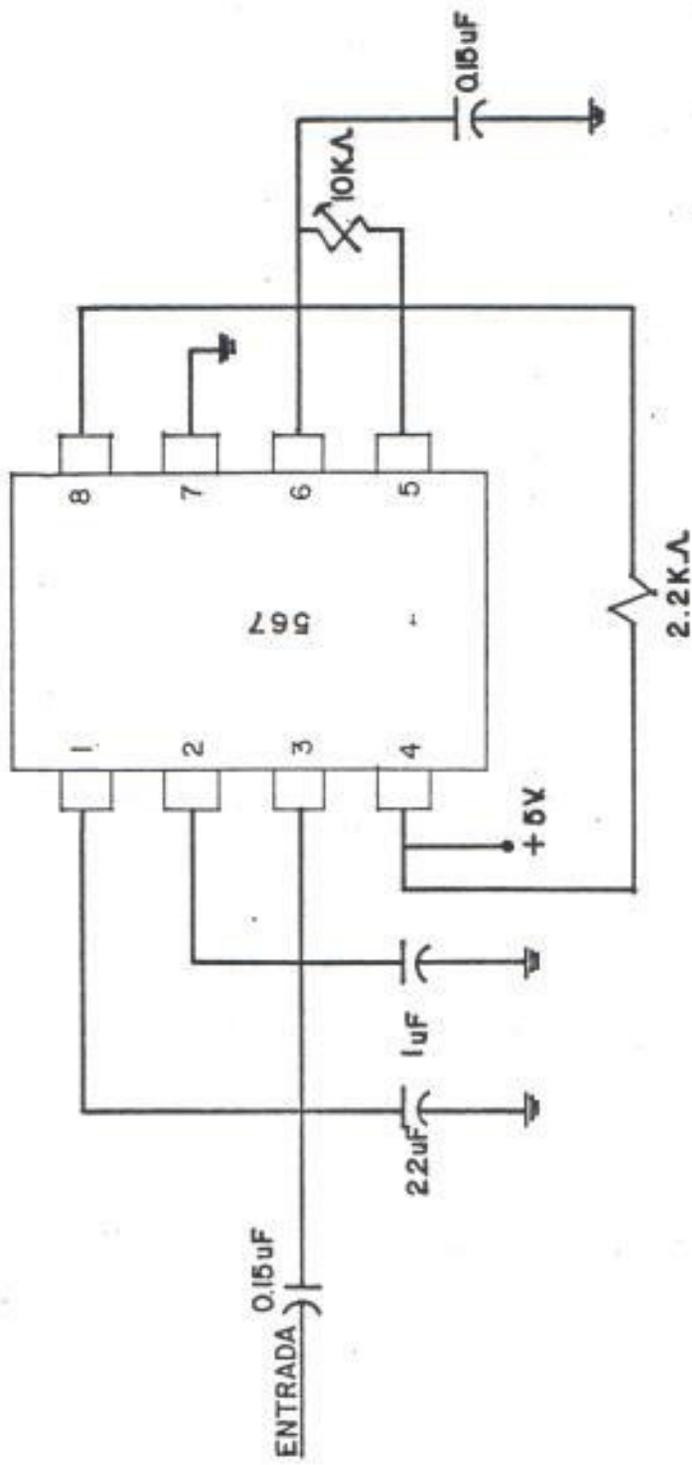


FIGURA 6.1
CIRCUITO DE PRUEBA DE TONO.

Logicamente antes de todo se hicieron los cálculos pertinentes para implementar al circuito con los valores de resistencia y condensadores apropiados utilizándose las fórmulas descritas ya en el Capítulo II.

5.2. CIRCUITO DESCODIFICADOR DE MULTITONO

Empleando el mismo procedimiento anteriormente ex puesto en el tema 5.1 con el generador se fue de terminando cada una de las demás frecuencias en la que se estaba interesado, las cuales serán generadas por el Sistema de Señalización de Multifrecuencia.

Para interpretar las 7 frecuencias que emite el te clado, son necesarios 7 circuitos descodificadores de tono.

Este conjunto de circuitos descodificadores, más las puertas OR, de las que más adelante se hablará, forman al descodificador de multitono.

En la figura 5.2., se muestra el circuito empleado.

El consumo de corriente y los voltajes que el cir

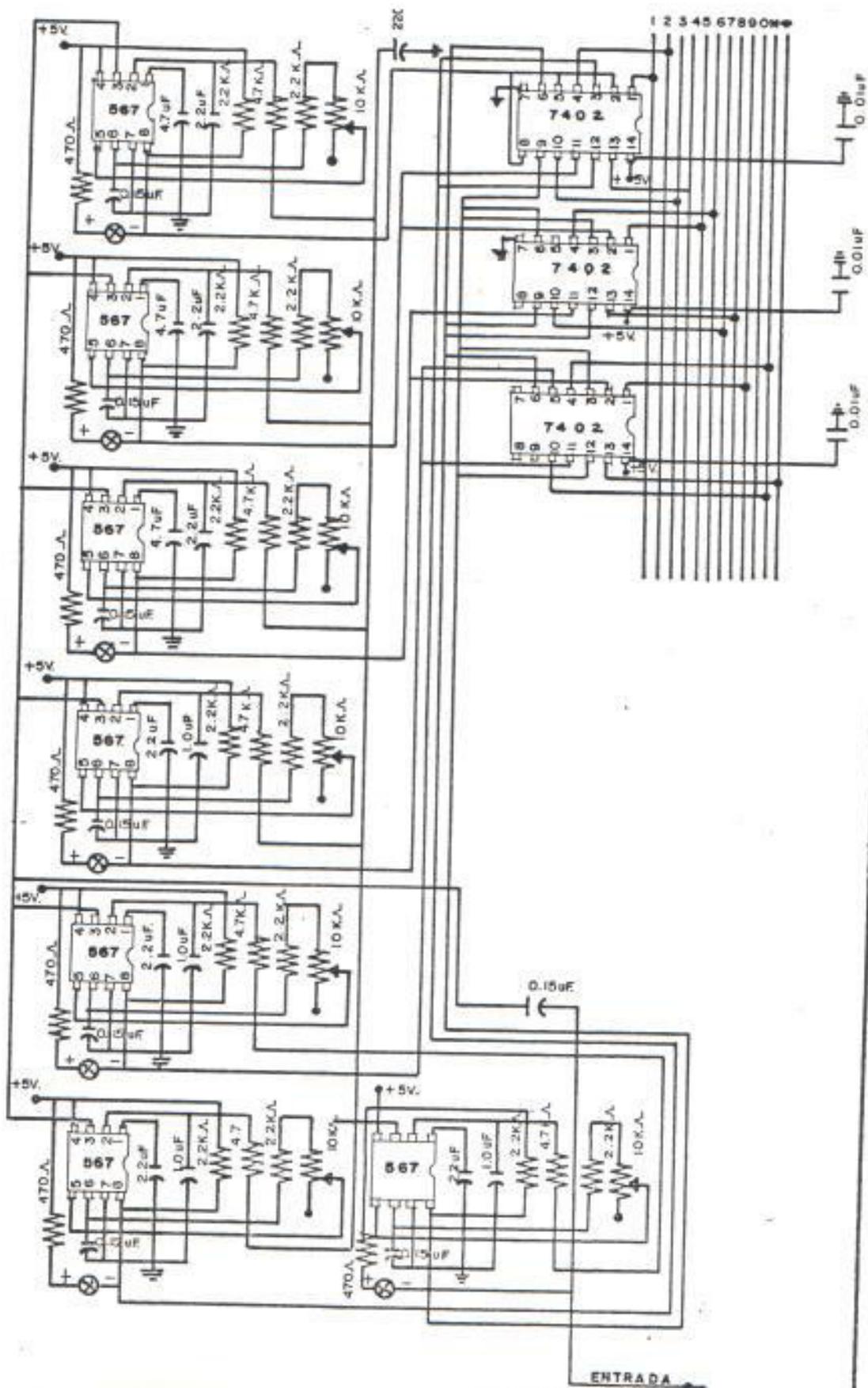


FIGURA 5.2
CIRCUITO DE PRUEBA DE
MULTITONO.

cuito descodificador de multitono emplea es el siguiente:

1. Consumo de corriente 46 ma. (cuando el descodificador no detecta señal alguna).

2. Consumo de corriente 70 ma. (cuando el descodificador detecta señal).

3. $V_{\text{capacitor 1}} = 3.92 \text{ V}$

$V_{\text{capacitor 2}} = 3.70 \text{ V}$

$V_{\text{capacitor 3}} = 2.34 \text{ V}$

$V_{\text{entrada}} = 2.04 \text{ V}$ (terminal 3)

$V_{\text{salida}} = 4.8 \text{ V}$ (terminal 8)

$V_{\text{capacitor de acoplamiento}} = 3.05 \text{ V}$ (cuando el descodificador no detecta señal alguna)

$V_{\text{capacitor de acoplamiento}} = 3.20 \text{ V}$ (cuando el descodificador detecta señal).

El consumo de corriente es una lectura tomada para

el descodificador de multifono. Las lecturas de voltajes son obtenidas en un descodificador, pero estas son iguales para todos los descodificadores.

Una vez encontrado el circuito apropiado descodificador de multitono se unieron las entradas para que sean manejadas por el Sistema de Señalización de multifrecuencia. Ver figura 5.3.

El primer problema al que se le dió solución fue el acoplamiento entre el circuito descodificador de tono y el teclado estandar, pues, así se comprobaría que los tonos de frecuencias emitidos por el sistema de señalización de multifrecuencias eran captados correctamente por el descodificador de multitono.

Las pruebas que se hicieron fueron:

- a. Se acopló directamente el teclado al circuito - no lográndose la operación del mismo.
- b. Amplificando la señal de salida del teclado, al igual que en el caso anterior, no se pudo operar al circuito.

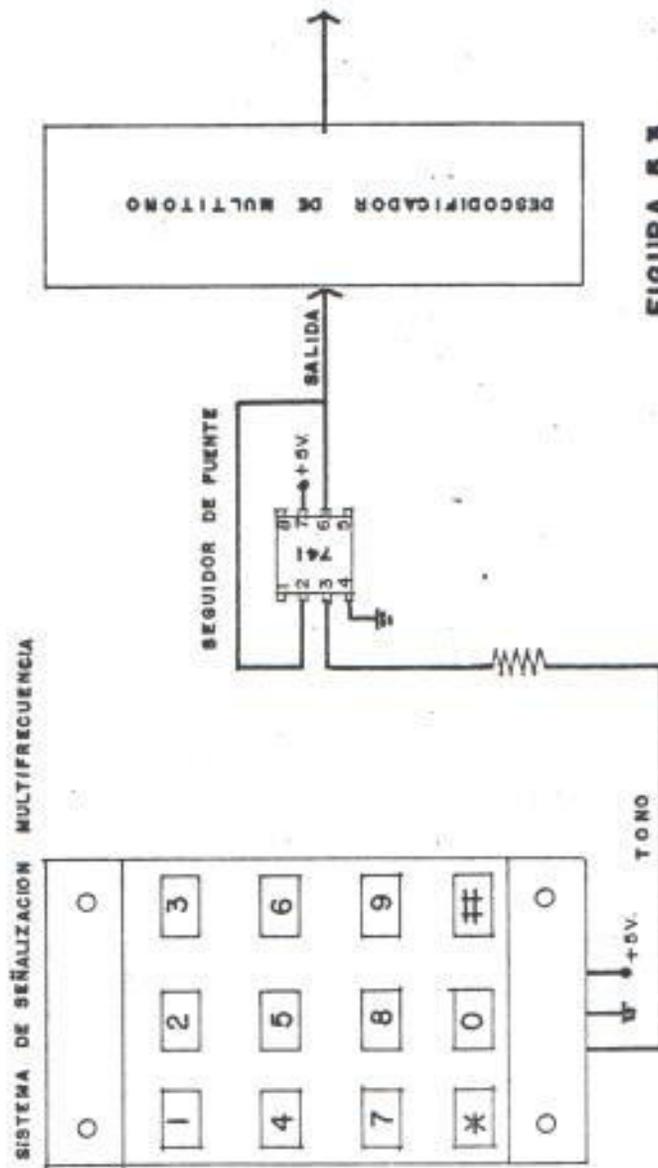


FIGURA 5.3
 ACOPLAMIENTO DEL SISTEMA DE SEÑAL
 ON MULTIFRECUENCIA CON EL CIRCUITO
 DIFICADOR DE MULTITONO.

- c. Eliminándose el nivel dc del sistema de Señalización de Multifrecuencia tampoco se pudo hacer trabajar al circuito descodificador de multitonos.
- d. Se colocó un seguidor de fuente con un circuito integrado 741, el cual es un amplificador operacional, encontrándose la solución apropiada.

La última prueba lleva a la conclusión de que el acoplamiento a hacerse era el de impedancias.

El sistema de señalización de multifrecuencia posee una impedancia de salida baja (28 ohmios); esto se midió colocándose un reóstato de 50 ohmios entre la salida del teclado y tierra, variando el reóstato hasta conseguir que la señal de salida - que se observe entre el terminal variable del reóstato y tierra sea exactamente la mitad de la señal que está en la salida del teclado y tierra. El seguidor de fuente presenta una impedancia de entrada mayor a los $100\text{ K}\Omega$, lo cual permite una transferencia de potencia óptima de la botonera al seguidor.

La impedancia de salida del seguidor tiene un valor mucho menor a los 28 ohmios presentados por la botonera, siendo esta la razón por la cual la señal no se ve atenuada a la salida.

Como conclusión, el amplificador operacional aisla totalmente el sistema de teclado y el descodificador de multitono, cuyas salidas se agruparán en puertas OR que son las que determinarán al número.

5.3. SISTEMA DE SEÑALIZACION DE MULTIFRECUENCIA

El sistema de señalización de multifrecuencia es el teclado estandar 4 x 3, el mismo que emite dos frecuencias diferentes cuando se presiona uno de sus botones. El primer grupo lo constituyen las frecuencias bajas, el segundo grupo son las frecuencias altas las cuales se muestra en la tabla 5.1.

Además, a continuación se observan dos fotografías de dicho teclado estandar 4 x 3; la una representa la vista superior del mencionado dispositivo y la otra la vista inferior.

TABLA 5.1.

FRECUENCIAS BAJAS Y FRECUENCIAS ALTAS (Hz)

	FRECUENCIAS	GRUPO	ALTO
	1.209	1.336	1.477
	697	1	2
	770	4	5
	852	7	8
	941	*	0
			#
F			
R			
E			
G			
C			
R			
U			
U			
E			
P			
N			
O			
C			
I			
B			
A			
A			
J			
S			
O			



FOTO 5.1. VISTA SUPERIOR DEL SISTEMA DE
SEÑALIZACION MULTIFRECUENCIA.

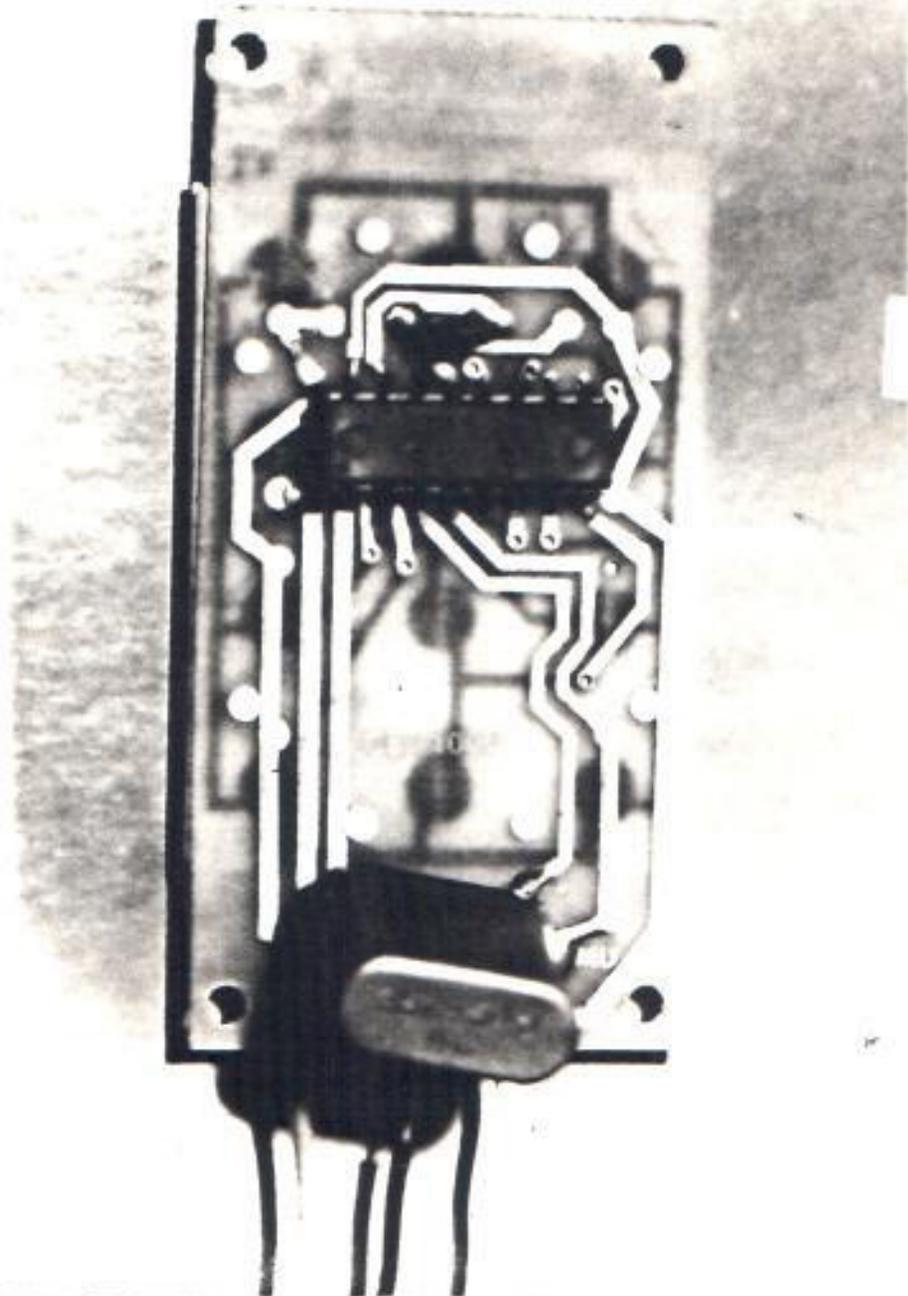


FOTO 5.2. VISTA INFERIOR DEL SISTEMA DE SEÑALIZACION
MULTIFRECUENCIA.

Se realizaron las siguientes pruebas para conocer el funcionamiento del sistema:

Se polarizó el circuito integrado generador de - frecuencias observándose su salida en el osciloscopio; cuando no se oprime ningún botón se tiene un nivel dc. de 2.9 voltios. Al oprimir cualquiera de los botones sobre los 2.9 voltios aparece una señal alterna de 100 milivoltios de pico. El resultado de esta observación se muestra en la foto 5.3.

La señal ilustrada en la foto 5.3., es la que va a ser interpretada en el descodificador detectando éste las dos frecuencias que intervienen.

De igual manera, para el resto de botones del sistema de señalización de multifrecuencia, las señales que se emiten son parecidas pero no iguales, razón por la cual se muestran en las siguientes - fotos dichas señales.

En la foto 5.4., se muestran las señales que se originan al oprimir los números 1, 2, 3, 4. La primera señal corresponde al número 1, la segunda

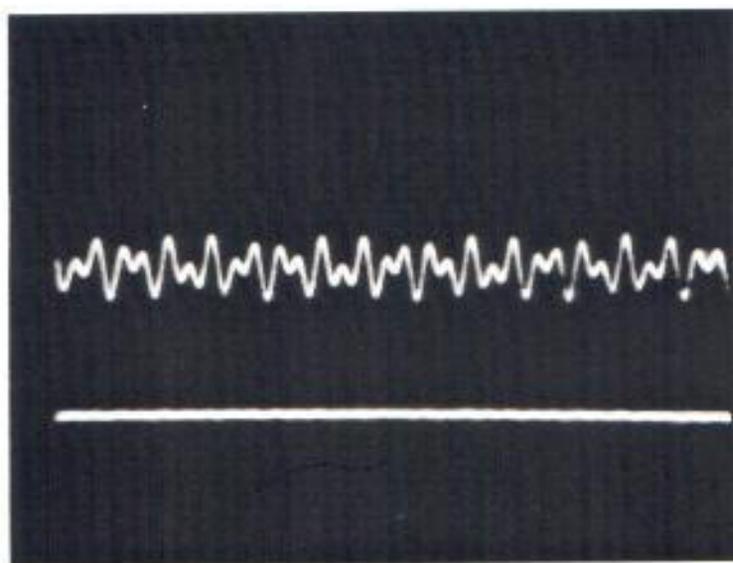


FOTO 5.3. SEÑAL DE SALIDA AL OPRIMIR UN BOTÓN
DETERMINADO.

Escala vertical 1V/Div

Escala horizontal 2 mseg/Div.

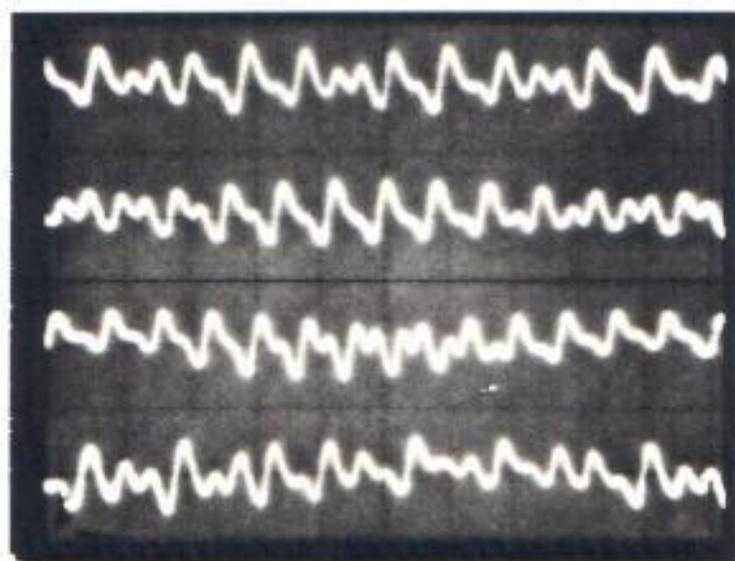


FOTO 5.4. SEÑALES DE SALIDAS

Escala vertical 1V/Div.

Escala Horizontal 2 mseg/Div.

Numeros 1, 2, 3, 4

señal al número 2, y así sucesivamente.

Se ha obviado el nivel dc para observar simultáneamente los cuatro números diferentes.

En la foto 5.5., se muestra las señales que se originan al oprimir los números 5, 6, 7, 8. La primera señal corresponde al número 5, la segunda al número 6, y así sucesivamente. Se ha obviado el nivel dc para observar simultáneamente los cuatro números diferentes.

En la foto 5.6, se muestran las señales que se originan al oprimir los números 9, *, 0, #. La primera señal corresponde al número 9, la segunda señal al * y así sucesivamente.

Se ha obviado el nivel dc para observar simultáneamente los cuatro números diferentes.

5.4. SEÑALES DE CONTROL PARA EL SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS

Las señales que hacen que el DAS - 952 R opere son

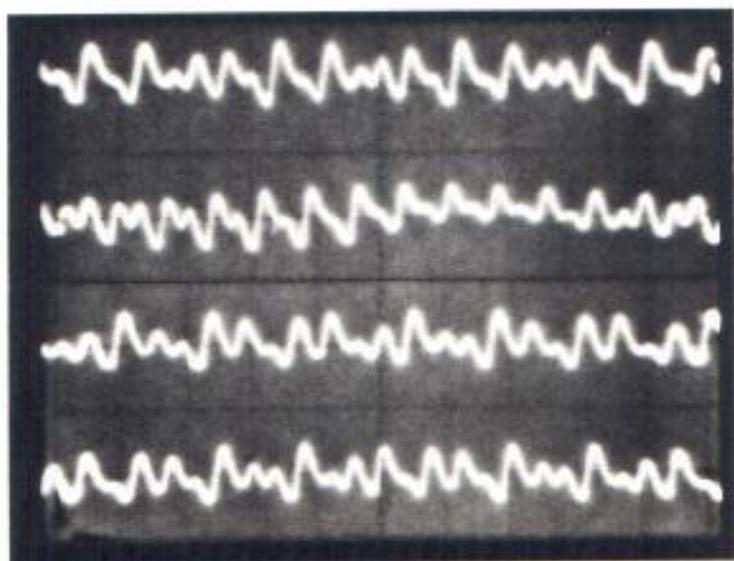


FOTO 5.5. SEÑAL DE SALIDA
Escala vertical 1V/Div
Escala Horizontal 2m Seg/Div.
Números 5, 6, 7, 8

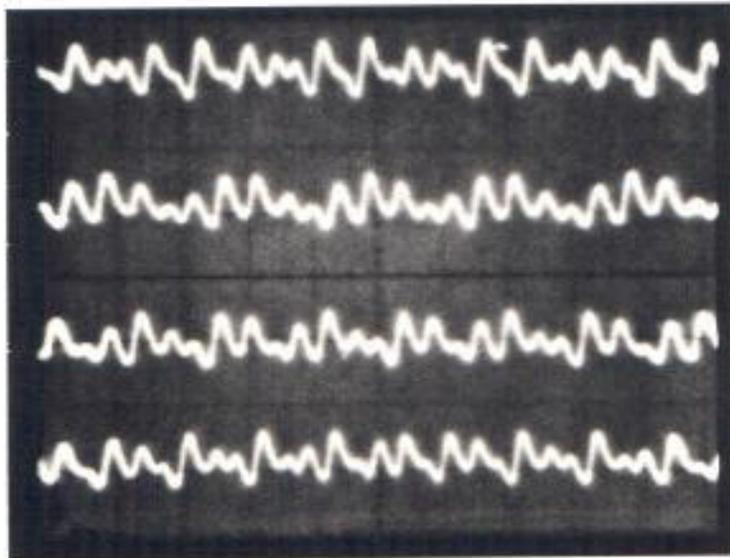


FOTO 5.6. SEÑALES DE SALIDA

Escala vertical 1V/Div

Escala horizontal 2mSeg/Div

Numeros 9, *, 0, 0 .

cuatro. Primeramente se explicará la que habilita al Control de Direcciones, la cual selecciona el canal que debe pasar con su información al convertidor digital/analógico. En base a la tabla 2.3., se presenta las fotos 5.7 y 5.8. que demuestran la ocurrencia de estos niveles; el bit más significativo es el de la parte inferior y el menos significativo el de la parte superior de la foto. La palabra digital que estaría representando al canal que va a adquirir la información se ve separada una de la otra por un espacio en la que no existe información.

Para interpretar las fotos se debe leer la información de izquierda a derecha y de abajo hacia arriba. Se notará que primero existe la ausencia de información, luego se observa los niveles 0000, que para este caso coincide con la ausencia de información. Estos datos corresponden al número 1, luego se observa otra vez la ausencia de información, de allí los niveles lógicos que son 000 1 que corresponde al número 2, y posteriormente se tiene ausencia de información y el 0010 que corresponde al número 3, se prosigue con ausencia de información para observar después al 0011 que representa al 4

según la tabla 2.3.

Estos niveles lógicos observados en la foto 5.7., no siguen una secuencia prefijada ni la duración de los pulsos es un tiempo igual en todos los casos en que se oprima el botón, ya que esta duración depende del tiempo que se tenga oprimido el número en el teclado. La foto 5.8., muestra en binario la secuencia de los números 5, 6, 7, 8.

5.5. SEÑALES DIGITALES

Las señales que se agrupan en este tema son tres , y que conjuntamente con lo mencionado en la sección 5.4., habilitan completamente al DAS-952 R.

La primera señal es la del reloj; se dará un resultado experimental al respecto.(ver foto 5.9.)

Para las demás señales las pruebas de su existencia fueron las siguientes:

Debido a que dichas señales no se las podía sincronizar se utilizó un generador de señales en que en

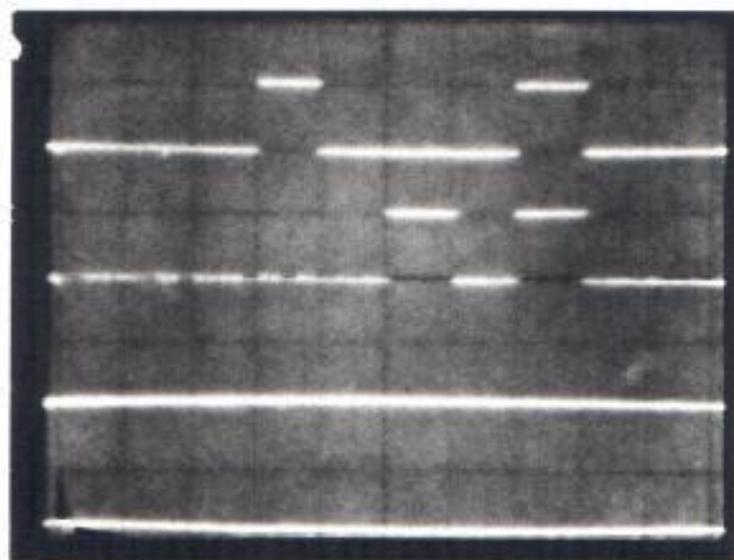


FOTO 5.7. SEÑALES DE CONTROL PARA EL SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS SE MUESTRA EN BINARIO LA OCURRENCIA DE LOS CANALES 1, 2,3,4.

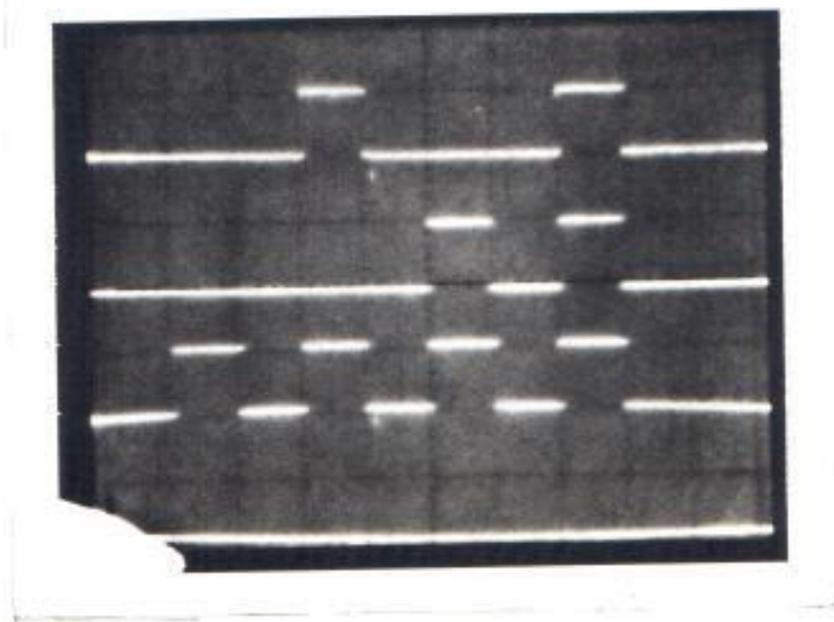


FOTO 5.8. SEÑALES DE CONTROL PARA EL SISTEMA DE
ADQUISICION DE DATOS SE MUESTRAN EN
BINARIO LA OCURRENCIA DE LOS NUMEROS
5,6,7,8.

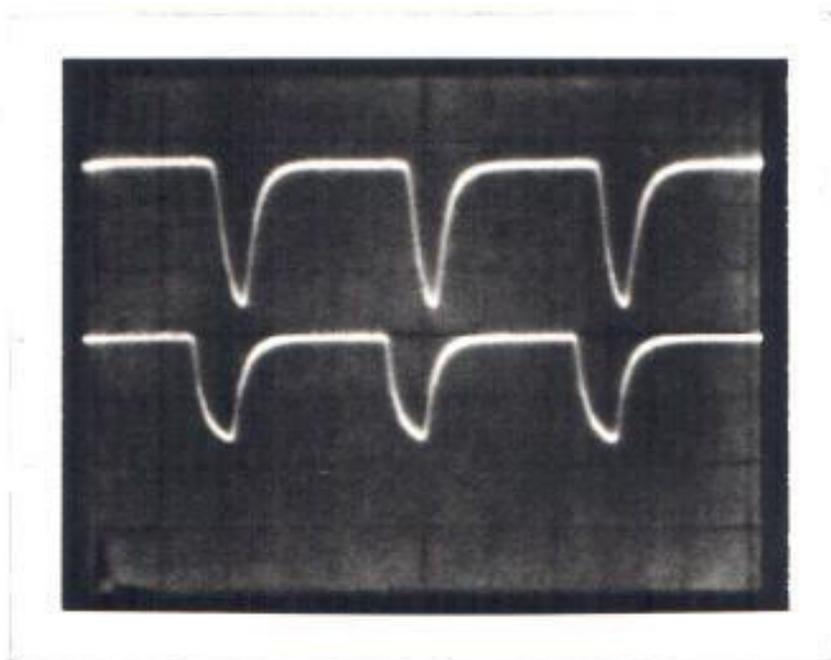


FOTO 5.9. SEÑAL DEL RELOJ: a. Señal del reloj después de la interfaz TTL-CMOS.- b. Señal de reloj antes de la interfaz TTL - CMOS.

Escala vertical 1V/DIV

Escala horizontal 0.5 useg/Div

viando una señal cuadrada de 0 a 5 voltios disparaba continuamente al circuito monoestable 74121, el cual se encontraba ya con su respectiva resistencia y condensador apropiados para originar una señal - de aproximadamente 283.5nanoseg, pues, $R=15K\Omega$, $C = 27pF$. Se puede así observar con el osciloscopio la señal en referencia. Esta prueba se hizo para comprobar la presencia de las dos señales que son:

El habilitador de dirección y principio de conversión.

5.6. LA UNIDAD DE DESPLIEGUE VISUAL

Como se estudio en el capítulo II, para operar a las seis unidades de despliegue visual se utilizó 3 EPROM.

La prueba realizada consistió de la utilización de un contador de 8 bits; para ésto, dos 74161 se colocaron uno a continuación de otro, teniendo como señal de reloj a un generador de señales.

Las salidas del contador fueron a las entradas de

DIAGRAMA DE TIEMPO

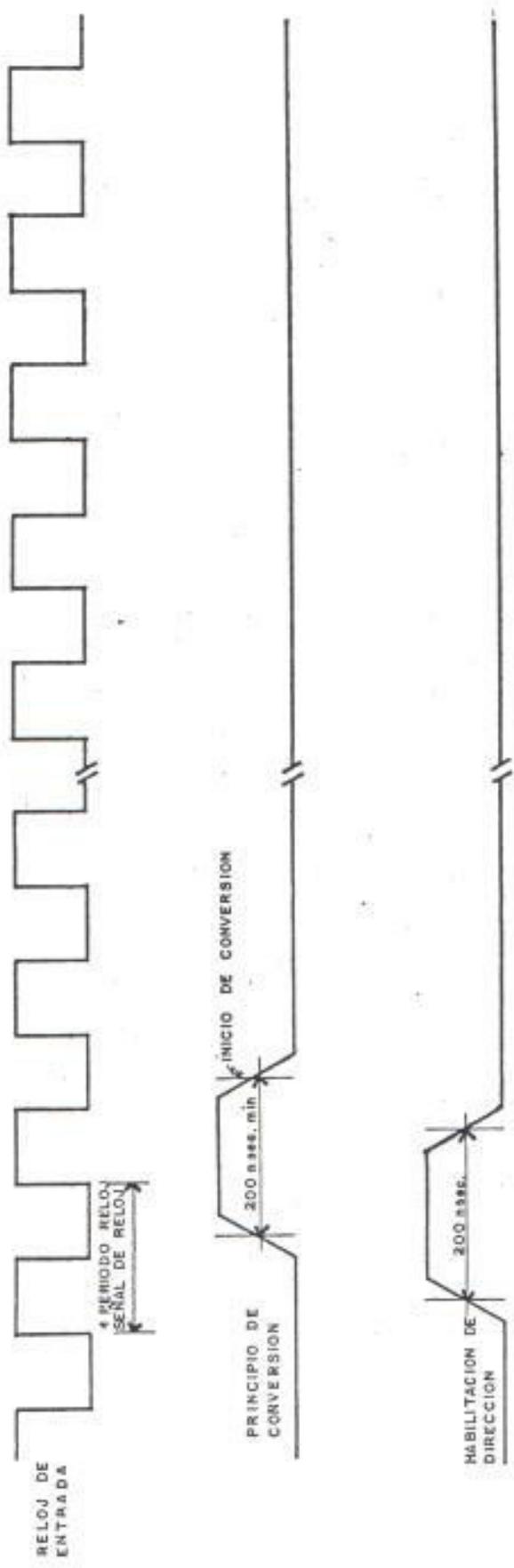


FIGURA 5.4
SEÑALES DIGITALES

las memorias programables EPROMS y de esa manera variando la frecuencia del generador de señales que enviaba una onda cuadrada de 0 a 5 voltios - se logró la verificación de la información almacenada en las memorias programables y que se mostraba en las unidades de despliegue visual.

5.7. TRANSDUCTORES E INTERFACES

Tanto en el capítulo I como en el capítulo II, se mencionan tipos de transductores eléctricos, siendo los más comunes los de voltaje. Por tal motivo el sistema de Telemetría desarrollado en esta tesis admite señales de voltajes continuos.

Las señales de salida de los transductores deberían entrar primero a los medidores y de éstos - al sistema diseñado y construido en esta tesis. Un medidor de voltaje podría ser considerado como una fuente de voltaje para el caso planteado en este trabajo.

Por supuesto el sistema de adquisición de datos con que cuenta el equipo construido para esta tesis puede adquirir datos de voltaje cuyo rango varía de 0 a 5 voltios continuos, el cual habría que acondicionar a los medidores.

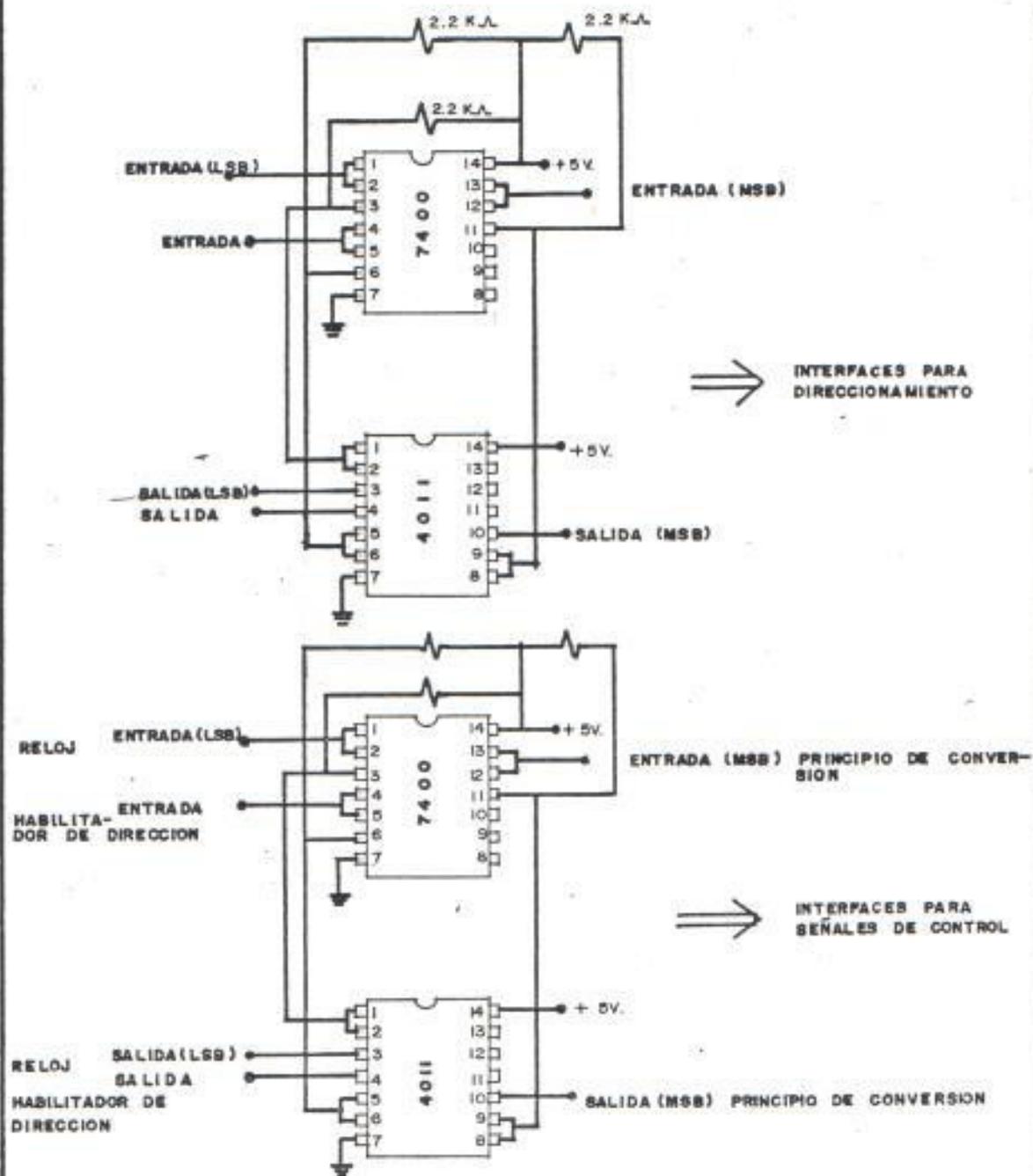


FIGURA 5.6

INTERFACES EMPLEADAS PARA HACER FUNCIONAR EL DAS - 952 R

Para comprobar que el DAS-952 R admite voltajes continuos en un rango 0 a 5 voltios se utilizó una fuente variable de voltaje, verificándose el funcionamiento del sistema de adquisición de datos.

Las interfaces constituyen circuitos importantes en la construcción del equipo; la razón para emplearlos es que el DAS-952 R pertenece a la familia de los C M O S .

Luego hay que acoplar circuitos lógicos de la familia TTL con los de la CMOS. Por ello se usan seis interfaces mostradas en la figura 5.6, obteniendo los resultados esperados al hacer funcionar correctamente al sistema de adquisición de datos.

5.8. TRANSMISION Y RECEPCION

Al iniciar este trabajo se enfatizó que no era parte de ésta tesis el construir ni el diseñar el transmisor ni el receptor, en ninguno de los dos casos, esto es, en la transmisión analógica o en la digital.

Sin embargo, se demostró que las señales emitidas por el sistema de señalización de multifrecuencia podían ser transmitidas fácilmente, ya que son audibles; en vista de esto se procedió de la siguiente manera:

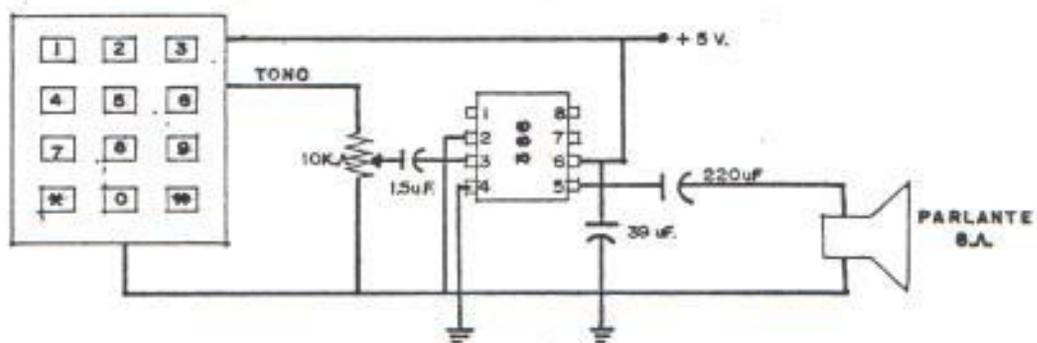
Los tonos emitidos por el sistema de señalización de multifrecuencia producen señales eléctricas a frecuencias audibles, las mismas que se las hace pasar por un amplificador de audio y de éste a un parlante. De esta manera se simula la transmisión de todas las órdenes que se desean a través de sonidos.

Para la parte de recepción se tendrá un micrófono que captará los sonidos enviados por el parlante. La salida del micrófono se conectará a un preamplificador y de éste al descodificador de multitono.

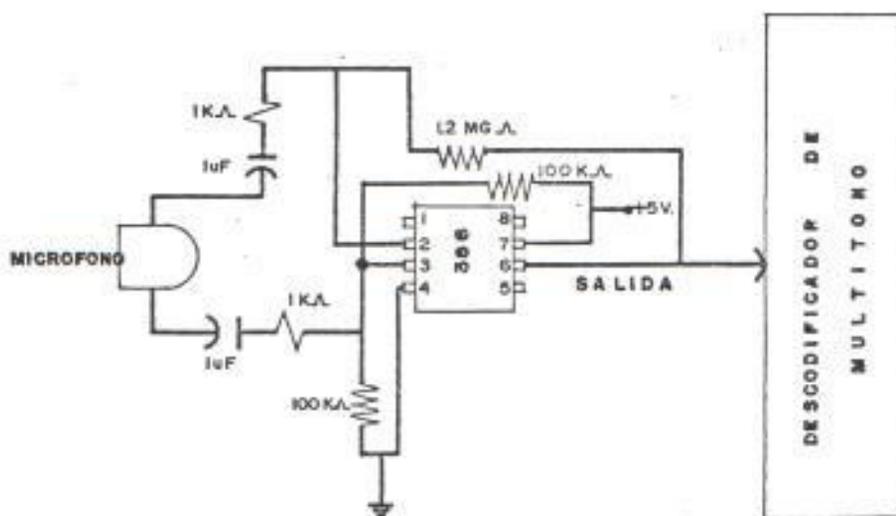
De ésta forma se estarán receptando todas las órdenes enviadas. La información digital es transmitida a través de una línea física.

En la figura 5.7.a, se muestra el circuito que maneja al parlante y la figura 5.7.b., muestra al

pre-amplificador.



5.7a CIRCUITO QUE MANEJA AL PARLANTE



5.7b CIRCUITO PREAMPLIFICADOR

FIGURA 5.7
TRANSMISION Y RECEPCION

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. El uso de técnicas digitales provee al Sistema de rapidez en su respuesta, exactitud y confiabilidad.
2. Todos los circuitos integrados y el resto de elementos se ubicaron sobre bases de tal manera que sea fácil de reemplazarlos, para brindar un agil mantenimiento.
3. Para que una orden sea aceptada como valida en el sistema deben ocurrir simultaneamente sus frecuencias una alta y otra baja, por lo tanto es imposible que el sistema opere por falsas señales de frecuencias.
4. No se genera señal importante, si se oprimen dos botones simultáneamente, luego no es posible que dos ordenes se cumplan al mismo tiempo.

5. Aunque la transmisión de órdenes y datos es vía Radio puede establecerse un enlace con línea física.
6. El diseño elaborado es posible mejorarlo, tanto la cantidad de señales a tomar como el número de motores a operar.
7. Se puede accionar cualquier otro dispositivo o artefacto que se desee.
8. El equipo disipa poca potencia y su consumo de corriente es bajo. Para la polarización se utilizan simples fuentes de voltaje de máximo 1 amperio.

RECOMENDACIONES

1. La incorporación necesaria de las áreas rurales a los beneficios del fluido eléctrico obliga a construir en todo el país Centros de Distribución de Energía Eléctrica.

Más aún el ingreso de la Central Hidroeléctrica Paute como fuente principal de electricidad a causado que todas las empresas eléctricas amplien sus

instalaciones con la creación de un sinnúmero de subestaciones.

Por este motivo se requiere ya en el Ecuador, la implementación de un sistema que permita supervisar y controlar todas y cada una de estas instalaciones a distancia desde una oficina central, luego es importante que a la par con el desarrollo de los sistemas de potencia se comience la implementación de un sistema de telemetría y telemando que logre los objetivos de supervisión y control a lugares distantes.

2. Este trabajo constituye un prototipo experimental de lo que es un sistema de telemetría y telemando, por este motivo estará sujeto a mejoras que se darán a continuación.
 - a) Utilizar antes del descodificador de multitono un filtro pasa banda para cada descodificador.
 - b) En caso que se desee mayor capacidad de canales lo que habría que hacer sería cambiar el teclado estandar 4 x 3 a uno 4 x 4, por supuesto se debería cambiar al circuito de control de direcciones que actualmente trabaja con 3 bits, ya que

el bit más significativo se lo colocó a tierra, con 16 canales se trabajaría con 4 bits.

c) En caso de querer tomar lecturas a varias escalas se podría crear una lógica apropiada de acuerdo al canal seleccionado que habilitaría a un grupo determinado de Eproms que llevaría las respectivas informaciones según la escala; y las salidas de los mismos entrarían a sus respectivas U.D.V.

3) Por razones económicas no se llevó a cabo la construcción de las fuentes de poder para polarizar el equipo, al igual que el equipo transmisor/receptor. Pero esto podría constituirse en materia para otra tesis.

BIBLIOGRAFIA

1. PERRY A. BORDEN AND W.J. MAYO-WELLS. TELEMETERING SYSTEMS. REINHOLD PUBLISHING. NEW YORK. 1959.
2. GAY M. MILLER. HANBOOK OF ELECTRONIC COMMUNICATION. PRENTICE - HALL, INC. ENGLEWOOD CLIFFS. NEW JERSEY 1.979.
3. B.P. LATHI. INTRODUCCION A LA TEORIA Y SISTEMAS DE COMUNICACION. TRADUCCION ENRIQUE HERRERA PEREZ. EDITORIAL LIMUSA S.A. MEXICO D.F. 1.980.
4. THE TTL DATA BOOK FOR DESIGN ENGINEERS TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED U.S.A. 1.981.
5. TAUB AND SCHILLING. PRINCIPLES OF COMMUNICATION - SYSTEMS. MCGRAW - HILL KOGAKUSHALTD. TOKIO. 1971.
6. JOHN E. CUNNINGHAM. CONTROL REMOTO Y AUTOMATIZACION TRADUCCION ALEJANDRO VAQUE HERRADOR. PARANINFO S.A. ESPAÑA 1.981.

7. RONALD TOCCI SISTEMAS DIGITALES PRINCIPIOS Y APLICACIONES. TRADUCCION JAIME GRU U. EDITORIAL DOSSAT S.A. ESPAÑA 1.981.

8. VICTOR POLLAK A. MULTICHANNEL TELEMETRY SYSTEM - UPON "REQUEST" FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS. TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS AND CONTROL INSTRUMENTATION. IEEE VOL. IELL - 22 MAY 1.975.

9. J. GALVAN RUIZ. TELEMANDO Y TELEMETRIA. APLICACIONES INDUSTRIALES. ELECTRONICA Y AUTOMATICA INDUSTRIALES. II MUNDO ELECTRONICO. ESPAÑA. 1.979.

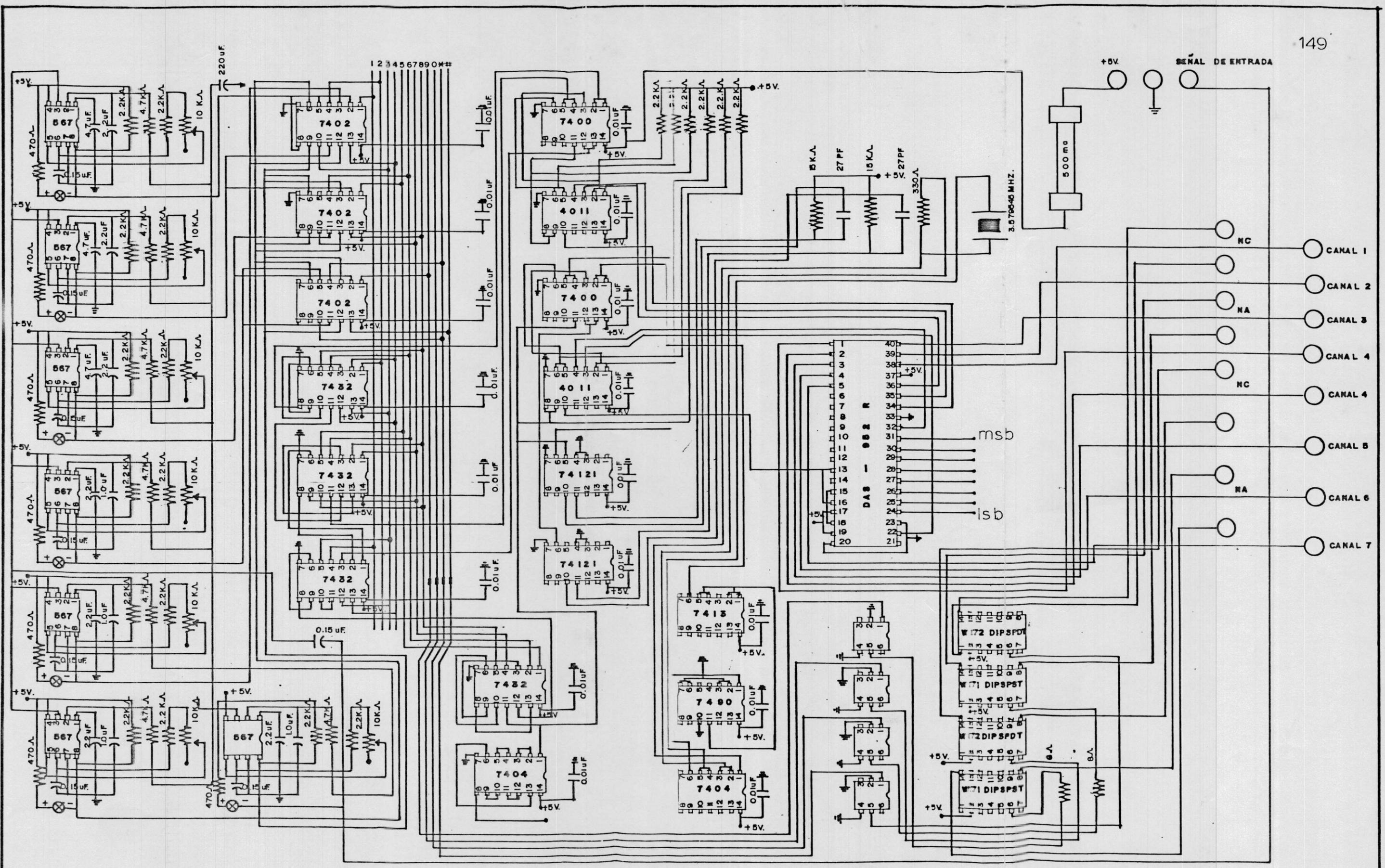


FIGURA 3.6
 DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL CIRCUITO DE EJECUCION Y MEDICIONES