

Universidad Politécnica de Canarias

Escuela Universitaria de Telecomunicaciones



Título: Multímetro Digital Controlado
por Microprocesador

Carrera: Ingeniería Técnica de
Telecomunicaciones

Especialidad: Equipos Electrónicos

Autor: Enrique Díaz Quintana

Tutor: Sebastián Suárez Gil

Febrero 1988

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CANARIAS

ESCUELA UNIVERSITARIA DE TELECOMUNICACIONES

PROYECTO FIN DE CARRERA

TITULO: MULTIMETRO DIGITAL CONTROLADO POR MICROPROCESADOR

CARRERA: INGENIERIA TECNICA DE TELECOMUNICACIONES

ESPECIALIDAD: EQUIPOS ELECTRONICOS

AUTOR:

ENRIQUE DIAZ QUINTANA

TUTOR:

SEBASTIAN SUAREZ GIL

FEBRERO 1988

INDICE

Página

I. MEMORIA

I PARTE

0. INTRODUCCION.....	12
1. MEDIDORES DIGITALES DE MAGNITUDES ELECTRICAS.	
1.1. Introducción.....	17
1.2. El Voltmetro Digital.....	18
1.3. Procedimientos de Medida.....	20
1.3.1. Método de Comparación Directa con un Voltaje conocido.....	21
1.3.2. Método de Rampa Escalonada.....	23
1.3.3. Método de Rampa con Integración.....	26
1.3.4. Método de Aproximación Sucesiva.....	27
1.3.5. Método de Conversión Tipo Paralelo.....	29
1.3.6. Método de Integración con Doble Pendiente.....	31
1.4. Multímetros	
1.4.1. Medida de Diferencia de Potencial.....	41
1.4.2. Medida de Valores Eficaces de tensiones	

Alternas.....	49
1.4.3. Medida de la Intensidad.....	59
1.4.4. Medida de Resistencia.....	60
1.4.5. Medida de Potencia Eléctrica.....	63
1.4.6. Medida de Capacidad Eléctrica.....	64
1.4.7. Medida de la Inductancia.....	67
1.4.8. Medida de la Temperatura.....	68

2. CONTADORES DE FRECUENCIA Y TIEMPO.

2.1. Frecuencia.....	72
2.2. Periodo.....	74
2.3. Contaje de Impulsos.....	75
2.4. Intervalos de Tiempo.....	76
2.5. Relación de Frecuencia.....	78
2.6. Medición de la Fase.....	79
2.7. Acondicionador de Entrada.....	80
2.8. Errores en los Frecuencímetros.....	86
2.9. Métodos de extensión de Frecuencias.....	93
a) División (Prescaling).....	93
b) Heterodinación.....	94
c) Oscilador de transferencia por cómputo manual....	97
d) Oscilador de transferencia por cómputo automático	98

3. CENTRALES DE MEDIDA.

3.1. Partes de una Central de Medida: los Interfaces de Entrada/Salida.....	100
3.2. El Control de la Central de Medida. Interfaz con el	

Ordenador.....	105
3.3.El Futuro de las Centrales de Medida.....	107
3.4.Problemática de la Medición de Señales a Distancia.....	108

II PARTE

0.INTRODUCCION: DESCRIPCION GENERAL DEL MULTIMETRO.....	115
---	-----

1.ORGANIZACION GENERAL DEL HARDWARE

1.1.Parte Analógica.....	118
1.1.1.Etapa de Entrada para las Medidas de Frecuencia u Periodo.....	118
1.1.1.1.Atenuador Recortador.....	119
1.1.1.2.Adaptador de impedancias.....	120
1.1.1.3.Amplificador de señal.....	122
1.1.1.4.Trigger conformador de ondas.....	122
1.1.1.5.Convertidor ECL/TTL.....	123
1.1.2.Etapa de Entrada para las Medidas de Tensión, Intensidad u Resistencia.....	124
1.1.2.1.Adaptador para la medida de tensión..	125
1.1.2.2.Adaptador para la medida de intensidad.....	127
1.1.2.3.Adaptador para la medida de resistencia.....	127
1.1.2.4.Preamplificador u escalas.....	126
1.1.2.5.Detector de signo.....	130
1.1.2.6.Convertidor a tensión eficaz.....	131
1.1.2.7.Amplificador u escalas.....	131
1.1.2.8.Limitador de tensión.....	133

1.1.2.9. Convertidor analógico/digital.....	134
1.2. El Sistema Microprocesador.....	135
1.2.1. Configuración básica del sistema microprocesador.....	135
1.2.2. Organización del hardware del sistema microprocesador.....	138
1.2.3. Gestión del teclado.....	139
1.2.4. Gestión del display.....	141
1.2.5. El reloj.....	142
1.2.6. Los indicadores.....	143
1.2.7. Definición de las interrupciones.....	143
1.2.8. Hardware de la parte digital para la medida de frecuencia y periodo.....	145
1.2.9. Hardware de la parte digital para la medida de tensión, intensidad y resistencia.....	149
1.3. Fuente de Alimentación.....	154

2. ORGANIZACION GENERAL DEL SOFTWARE.

2.1. Programa Principal.....	156
2.1.1. Función frecuencia.....	159
2.1.2. Función periodo.....	160
2.1.3. Función voltmetro.....	162
2.1.4. Función amperímetro.....	163
2.1.5. Función óhmetro.....	164
2.1.6. Función crono.....	165
2.1.7. Función memoria.....	168

2.1.8. Función calibrado.....	171
2.1.9. Las principales rutinas.....	172
-VOLT\$AMP.....	172
-INICIA.....	176
-CUENTA.....	178
-TECL.....	179
-DISPL.....	182
-DISP.....	183
-NEM.....	184
-FORMATEO.....	185
-Otras subrutinas.....	187
2.2. Las Rutinas de Atención a las Interrupciones.....	189
2.2.1. Interrucción "HOLD" (IR1).....	189
2.2.2. Interrucción IR2.....	191
2.2.3. Interrucción IR3.....	193
2.2.4. Interrucción IR4.....	194
2.2.5. Interrucción IR5.....	196
2.2.6. Interrucción IR7.....	197
3. CARACTERISTICAS DEL MULTIMETRO.....	198
4. INSTRUCCIONES DE MANEJO	
4.1. Introducción.....	202
4.2. Encendido.....	202
4.3. Localización de los controles y conectores.....	203
4.4. El display.....	207
4.5. Características de los controles.....	208

4.5.1.RESET.....	208
4.5.2.HOLD.....	208
4.5.3.Memoria.....	209
4.5.4.Filiación del limite.....	210
4.5.4.1.Filiación del limite para medidas de tensión.....	210
4.5.4.2.Filiación del limite para medidas de intensidad.....	212
4.5.5.Modo repetitivo y modo unico.....	213
4.6.Funciones de Control.....	214
4.6.1.Medidas de frecuencia.....	214
4.6.2.Medidas de periodo.....	215
4.6.3.Medidas de tensión continua.....	215
4.6.4.Medidas de tensión alterna (valor eficaz)...	216
4.6.5.Medidas de intensidad en c.c.....	217
4.6.6.Medidas de intensidad en c.a.....	218
4.6.7.Medidas de resistencia eléctrica.....	218
4.6.8.Cronómetro.....	219

II. PLANOS:ESQUEMAS ELECTRICOS

III. PRESUPUESTO

-Apéndice I: programa en PLM

-Apéndice II: Bibliografía

1. Memoria

1. Parte

0. INTRODUCCION.

Aunque los microprocesadores aparecieron en el mercado apenas hace catorce años, están abriendo nuevos caminos y posibilidades en un amplio espectro que abarca las telecomunicaciones, la industria, productos de consumo, el comercio, la instrumentación y los ordenadores.

Entre las muchas ventajas que proporcionan los microprocesadores está la reducción de costes en innumerables aplicaciones en las que docenas de CI pueden ser reemplazados por unos pocos chips. La reducción del cableado y minimización del circuito supone una mayor fiabilidad, menor consumo de potencia y por último una gran facilidad para el diagnóstico de averías, reparación y mantenimiento de los equipos.

Además, los sistemas basados en microprocesador ofrecen una gran flexibilidad para adaptar los sistemas de fabricación a la demanda del mercado continuamente cambiante y para optimizar estos sistemas cuando la producción aumenta.

En el diseño de instrumentos de medida se están

utilizando los micros como componente base para producir una familia de instrumentos "inteligentes" que pueden, no sólo medir datos, sino además reaccionar en función de estos datos.

La manipulación del complejo instrumental en el laboratorio o fábrica (generadores de impulsos, osciloscopios con memoria o con retraso en el barrido, sistemas de adquisición de datos, etc.) requieren un conocimiento detallado de su manejo y de ciertas técnicas avanzadas. Hoy día los microprocesadores han influido decisivamente en la aparición de "instrumentos inteligentes" que liberan al operador de muchas tareas rutinarias.

Entre muchos ejemplos típicos de aplicación se encuentran:

- Multímetros digitales.
- Osciloscopios.
- Test de circuitos integrados.
- Medidores de distancia.
- Puentes de capacidad y conductancia.
- Balanzas electrónicas.

En el test de circuitos integrados el microprocesador genera por programa o almacena en memoria las configuraciones de bits. Aplica al circuito bajo test una configuración de entrada y verifica que el circuito responde con la configuración de bits de salida correcta.

En los puentes de medida el microprocesador mide la capacidad y conductancia, calcula la resistencia equivalente serie o paralelo, el factor Q , el factor de disipación y el porcentaje de desviación sobre la medida.

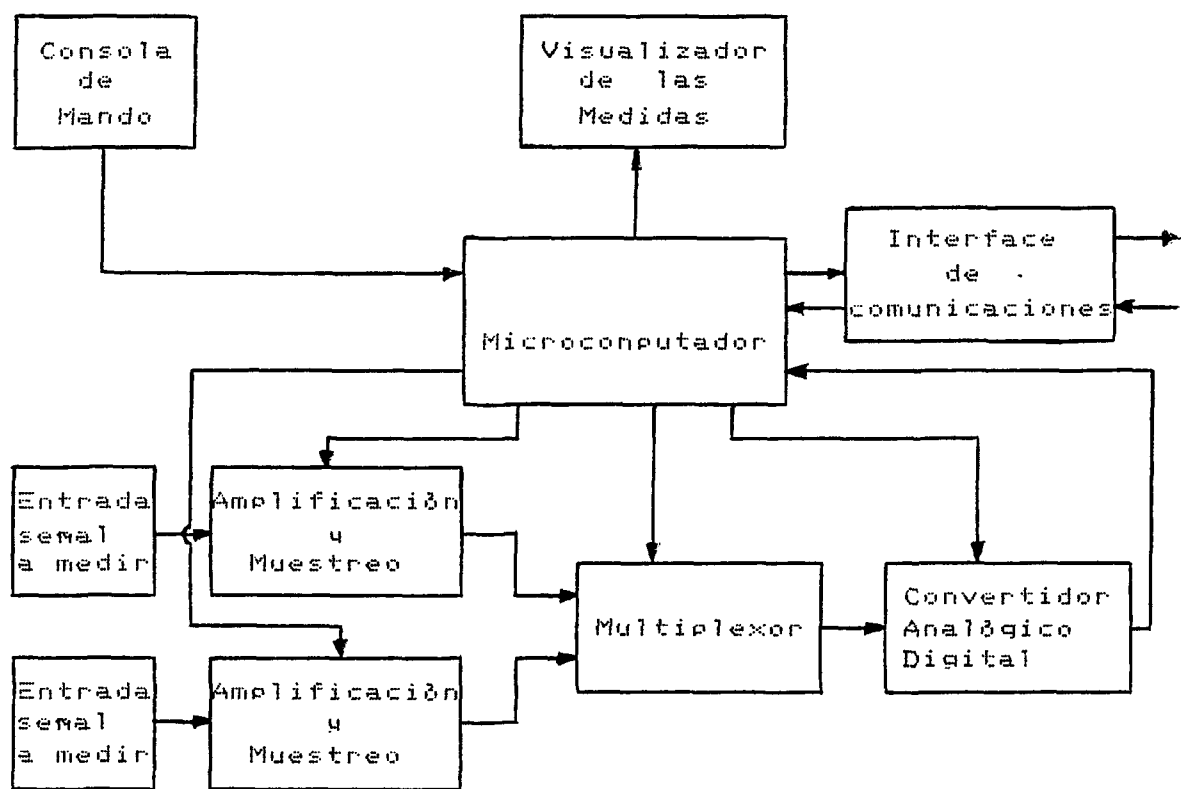
En los voltímetros digitales, el microprocesador realiza automáticamente un gran número de medidas y visualiza el valor medio y la desviación estándar.

En los medidores de distancias, el microprocesador realiza un número de medidas, calcula la desviación y si ésta cae dentro de límites aceptables visualiza el resultado; en caso contrario, realiza cuantas medidas sean necesarias para conseguir que la medida sea correcta. Si las condiciones exteriores no permiten una medida aceptable, se visualiza esa situación.

En los osciloscopios, mediante teclado pueden predeterminarse las velocidades de barrido, la sensibilidad vertical, los modos de disparo y otros parámetros; se pueden visualizar en la pantalla los mensajes de error o los parámetros de estado del instrumento, etc.

Los microprocesadores se utilizan para el control, el calibrado, cálculo con los datos medidos, toma de decisiones, test y mantenimiento de los instrumentos de medida.

En la siguiente figura se presenta un diagrama de bloques de un instrumento de medida controlado por microprocesador:



El objetivo de este proyecto es el diseño de un multímetro digital controlado por microprocesador. Para ello, en esta I Parte de la Memoria se va a tratar el multímetro de forma general; y en la II Parte se particularizará en el multímetro diseñado.

Seguidamente, se describen brevemente los aspectos que se van a tratar en cada uno de los apartados de los que consta la I Parte de la memoria.

El primer capítulo trata sobre los Medidores Digitales de Magnitudes eléctricas; especificaciones sobre los voltímetros digitales; los distintos tipos de procedimientos de medida; profundizando más en el método de integración con doble pendiente, ya que será este el método utilizado en este

proyecto. El capítulo termina con un apartado dedicado a la ampliación del voltímetro de tensión continua para que pueda hacer medidas de tensión alterna, corriente continua y alterna, resistencias, potencia eléctrica, capacidad, inductancia y temperatura.

El segundo capítulo se dedica a las medidas de frecuencia y periodo básicamente; aunque también se tratan las formas de medida de impulsos, intervalo de tiempo, relación de frecuencia y medición de fase.

Primeramente, se explica la forma de hacer las medidas anteriormente mencionadas. Seguidamente, se encuentra un apartado dedicado a la forma de adaptar la señal de entrada para que pueda ser aplicada a un circuito de conteo digital. A este le sigue otro apartado que trata los posibles errores que puede tener un frecuencímetro. Finalmente, se explican los distintos métodos para la extensión de frecuencias.

El último capítulo de la I Parte de la Memoria tratará sobre los equipos especializados para la adquisición y tratamiento de datos utilizados en la industria. El primer apartado trata sobre los interfaces de Entrada/Salida de dichos equipos. A este le sigue otro dedicado al tratamiento de los datos adquiridos. A continuación, hay un apartado dedicado al futuro de dichas centrales de medida. Este capítulo termina con la exposición de la problemática de la medición de señales a distancia.

1. MEDIDORES DIGITALES DE MAGNITUDES ELECTRICAS.

1.1. INTRODUCCION.

Un **voltímetro analógico** utiliza una aguja que se deslaza por encima de una escala para proporcionar una lectura directa en voltios amperios u ohmios. Combinaciones de resistencias en derivación o en serie les permiten a tales testers dar lecturas en terminos de tensión, intensidad o resistencia, pero fundamentalmente todos trabajan de la misma manera. En definitiva, una corriente fluye a través de una bobina suspendida en el interior de un campo magnético, y la intensidad de la corriente determina hasta donde girará la misma, y la escala se calibra en términos de las unidades que se estén midiendo.

Estos medidores analógicos presentan una serie de problemas tales como volumen, su poca linealidad, su fragilidad, los errores de visualización, etc.

El **medidor digital**, aparecido en la década de los 70 de forma masiva, viene a solucionar los grandes problemas de los analógicos, proporcionando una lectura cómoda sin posibles errores ópticos, una linealidad muy superior a los analógicos y una gran robustez.

1.2. EL VOLTÍMETRO DIGITAL.

Los voltímetros digitales DVM toman muestras de la magnitud que se desea medir, cada cierto tiempo y la transforman en impulsos que se aplican a un contador digital. La conversión tensión/impulsos se realiza mediante un convertidor analógico/digital.

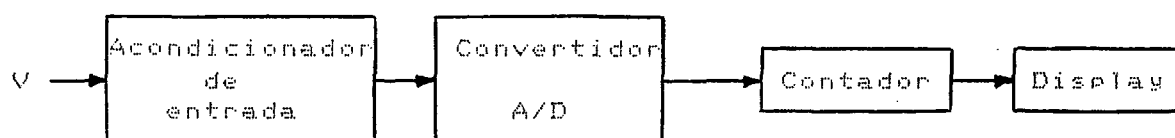


Diagrama de bloques del principio del medidor digital de magnitudes eléctricas.

Si entre dos muestras de la magnitud que se desea medir se produce un cambio, no queda registrada ninguna indicación a menos que se empleen unidades de memoria y se promedien los valores obtenidos. Naturalmente la velocidad de muestreo y representación de la información debe ser lo suficientemente rápida a fin de evitar este inconveniente.

Un voltímetro digital comprende las siguientes unidades básicas:

-**Acondicionador de entrada:** Amplificará la tensión si se trata de una tensión muy baja; ó la atenuará en caso de ser muy alta.

Este acondicionamiento se realiza automáticamente

por pasos múltiples de 10, y simultáneamente se modifica la situación de la coma en el display.

Cuando se quiera medir tensiones alternas, previamente se hace una conversión a continua, que puede ser mediante una determinación del voltaje de pico, medio, o eficaz.

-Dispositivo convertidor de la información analógica a digital: Esta es la unidad fundamental del DVM.

Tanto en un sistema de medidas como de control las variables son en una gran parte de los casos variables continuas, sin embargo estos datos van a ser manipulados y procesados digitalmente por el procesador. Nos encontramos, por tanto, en la necesidad de la digitalización de la señal.

El conversor A/D es el que realiza la operación de cuantificación y codificación de la señal analógica: se encarga de transformar el nivel de la tensión de entrada en un número de impulsos que se aplican a un contador digital.

Este dispositivo necesita un tiempo para la conversión, que dependerá del método utilizado y de la resolución. Este intervalo de tiempo se llama "tiempo de apertura", t_a .

Si aplicamos la señal directamente a la entrada del conversor, nos encontramos con el problema de que esta puede variar y en el tiempo t_i puede sufrir variaciones superiores a la resolución del conversor, por lo que en principio tenemos una limitación en la resolución del sistema que será tanto menor cuanto mayor sea t_a y la frecuencia de la señal.

Esta limitación se resuelve utilizando circuitos de "Sample and Hold". De este modo el "Sample" muestrea con un tiempo de apertura adecuado y el de "Hold" retiene la señal el tiempo requerido por el conversor. Existen conversores que no hacen uso de estas posibilidades, estos son los de integración.

Existe una amplia gama de conversores A/D que se usan en la práctica. Esto es así porque, excepto en aplicaciones en las que se considera velocidad en la conversión, se pueden utilizar métodos indirectos y serie.

-Indicador de lectura digital: El visualizador puede ser de LED ó LCD.

-Cambiador automático de escala: Se encarga de pasar a la escala inmediatamente superior, cuando el rango es superado (a la vez que hace variar la posición de la coma).

1.3. PROCEDIMIENTOS DE MEDIDA.

Existen varios tipos de procedimientos de medidas, entre los que se encuentran los siguientes:

-1.3.1. Método de comparación directa con un voltaje conocido;

-1.3.2. Método de rampa escalonada;

-1.3.3. Método de rampa con integración;

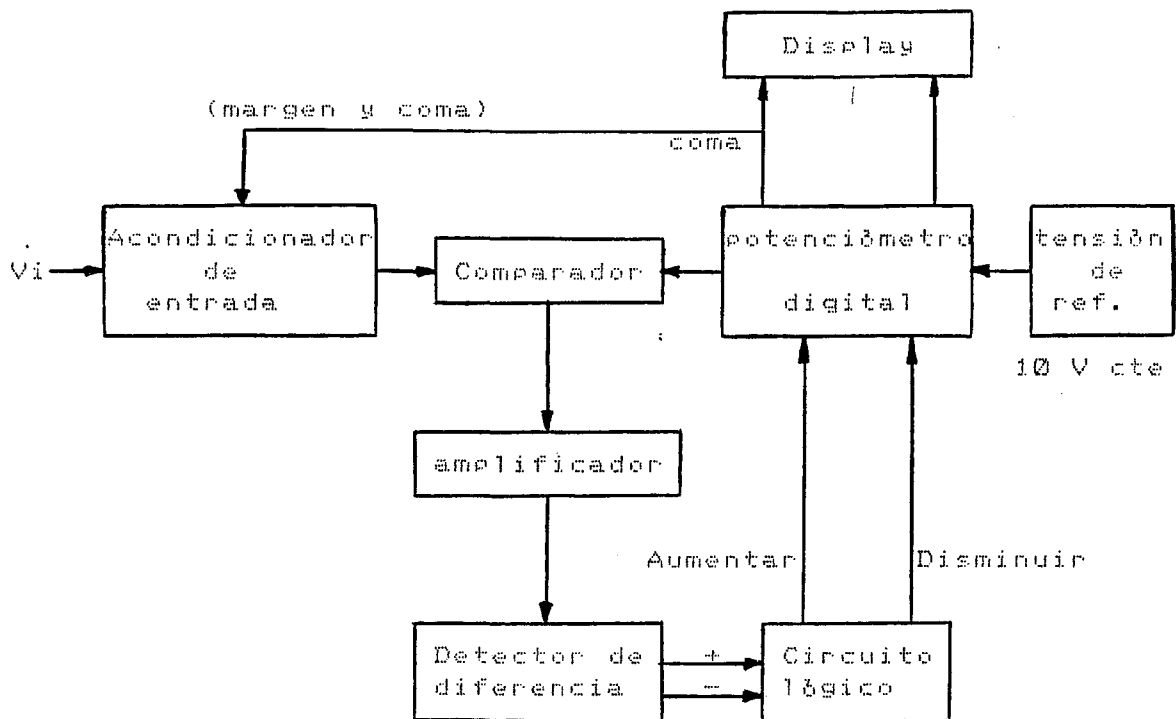
-1.3.4. Método de aproximación sucesiva;

-1.3.5. método de conversión tipo paralelo;

-1.3.6. Método de integración con doble pendiente;

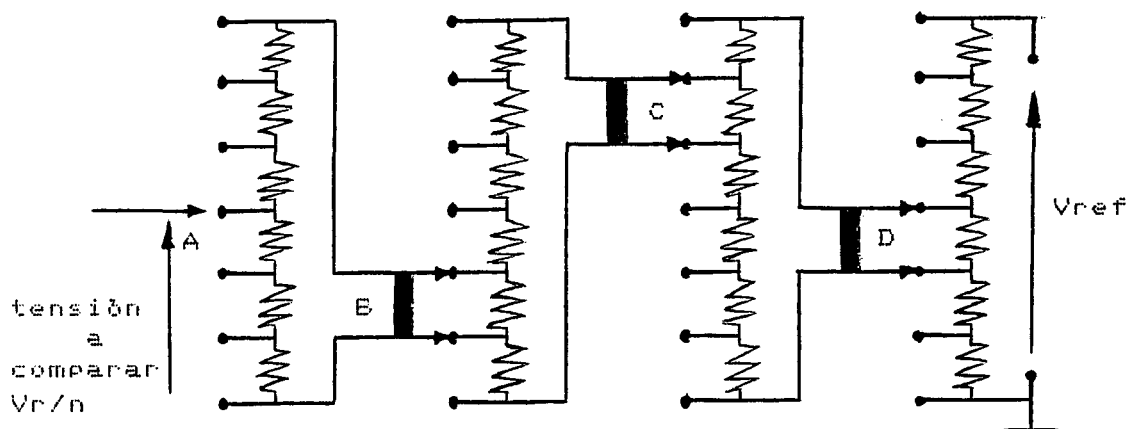
1.3.1. Método de comparación directa con un voltaje conocido

Este método se basa en la comparación de la tensión a medir con una tensión conocida que se puede variar automáticamente con un potenciómetro digital.



La tensión de referencia, que suele ser de 10 voltios muy estabilizados, puede ser dividida por un puente de precisión potenciométrico en pasos de 0,001 Voltio, lo cual permite una gran precisión en la medida.

El esquema correspondiente a este potenciómetro digital sería:



Donde n está determinado por la posición de los cuatro conmutadores, de modo que en este caso es d.c.b.a Voltios.

Modo de funcionamiento:

La tensión V_i pasa por el acondicionador de entrada para ser ampliada o atenuada según su valor; a su salida es comparada con la tensión de referencia proveniente del potenciómetro digital; después de dicha comparación se obtendrá un "1" ó un "0" lógico que ataca a un amplificador, ya que el comparador es de pequeña señal; luego pasa al detector de diferencia y dependiendo de si

$$V_i > V_{ref} \text{ saldrá por } +$$

$$V_i < V_{ref} \text{ saldrá por } -$$

La función del circuito lógico es controlar el potenciómetro, desplazando los cursores mediante impulsos, haciéndolos avanzar o retroceder según sea la señal del detector de diferencia

El ciclo se irá repitiendo sucesivamente hasta que se

iguale la tensión de entrada con la de referencia. Cuando se igualen dichas tensiones, el circuito lógico se para.

Si no es posible obtener el equilibrio, por haber llegado el potenciómetro a la posición máxima sin llegar a igualarse estas tensiones, automáticamente se envían los impulsos necesarios para variar la amplificación de entrada, corriendo al mismo tiempo la posición de la coma. Esta situación es detectada al hacer el potenciómetro dos medidas iguales, lo cual hace que mediante la señal de coma, el acondicionador de entrada amplifique V_i .

1.3.2. Método de rampa escalonada

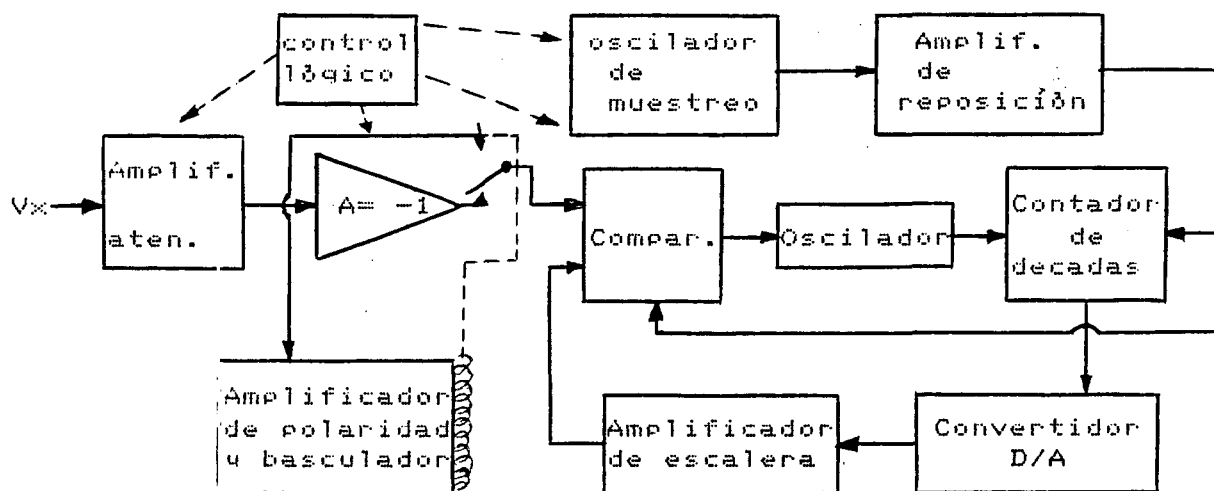
Este método pertenece a la segunda generación de medidores digitales de tensión.

El método se conoce también como conversor tipo servo o contador.

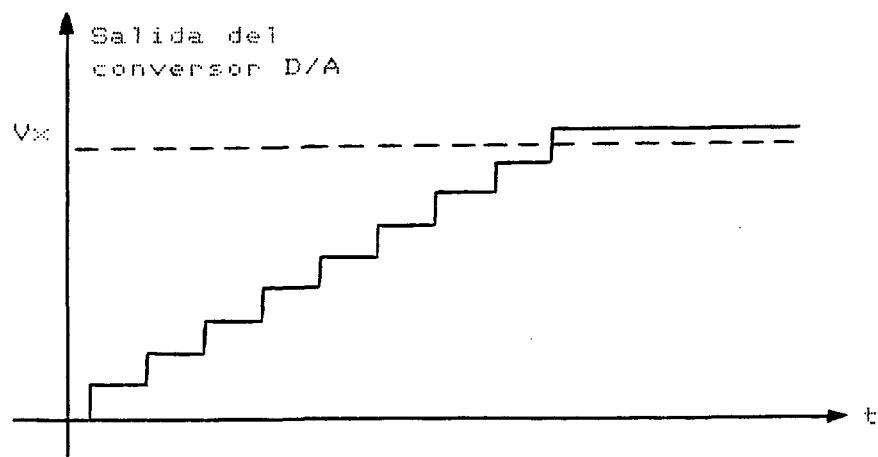
La implementación de este conversor se basa en el uso de un conversor D/A.

En este tipo de voltímetros la aplicación de una tensión de entrada inicia el ciclo de medida generando una señal en rampa escalonada que se va comparando con la tensión a medir. La medida la va realizando un contador al que se le aplica unos impulsos de reloj. Cada impulso se corresponde con un escalón de la rampa. Cuando se igualan la tensión de la señal en rampa con la señal de entrada, un comparador genera una señal que detiene la rampa escalonada, sacando la medida

en el display.



Al llegar una señal de entrada, el comparador queda desequilibrado ya que no hay tensión en rampa. Esto pone en funcionamiento el oscilador contador; el cual genera unos impulsos que son enviados al contador de décadas. El contador de unidades se pone en marcha y cada 10 unidades envía un impulso al contador de decenas; y este hace lo propio con el contador de centenas. Si la unidad de cuenta se ve rebasada, actuará el circuito de control lógico enviando un impulso que varía la ganancia del amplificador de entrada, de forma que el número de impulsos a contar esté dentro del margen de medida; simultáneamente se envía un impulso a la unidad de lectura a fin de variar la posición de la coma, y nuevamente se inicia el ciclo de comparación de tensiones. La cuenta de impulsos cesará cuando se igualen las tensiones de la rampa y de la señal a medir, pues entonces el comparador da salida nula bloqueando el oscilador contador.



El contador de décadas se conecta a un convertidor D/A, con lo cual se constituye la tensión de referencia escalonada; de forma que cada vez que se cuenta un impulso se genera un nuevo escalón; y así sucesivamente hasta que las tensiones de entrada y de referencia se igualen; produciéndose un impulso que para al oscilador de cuenta y saca el valor de la tensión en el display.

El amplificador automático de polaridad nos permite medir indistintamente señales positivas o negativas, ya que el contacto S siempre estará en la posición adecuada para que la tensión que llegue al comparador sea positiva.

Este sistema posee buena resolución, la del convertor, a un costo relativamente bajo. Tiene el inconveniente de su baja velocidad de conversión, el tiempo que tarda en hacer una conversión es:

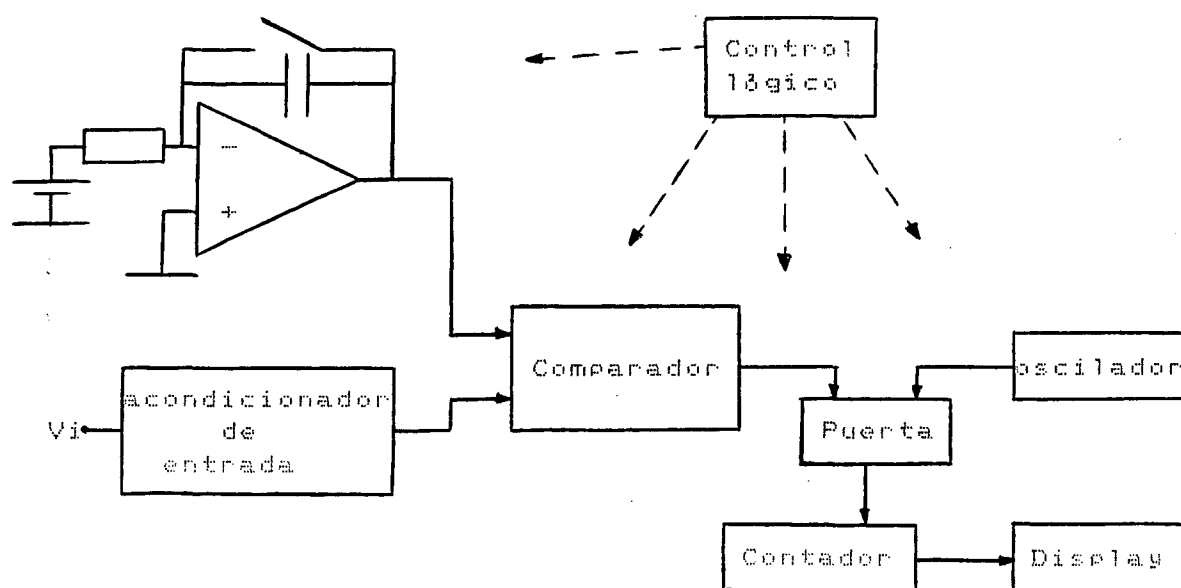
$$t = \frac{V_x \cdot 2}{f \cdot V_{fs}}$$

donde n es el número de bits del convertor, f la frecuencia del reloj y V_{fs} la tensión de fondo de escala. Una

forma de aumentar la velocidad es dotar al sistema de un contador "UP/DOWN" con lo que no haría falta poner a cero el contador inicialmente, no haciéndose un conteo completo sino que lo que se hace es un seguimiento de la señal.

1.3.3. Método de rampa con integración

Con el mismo principio que el anterior (contar un número de impulsos procedentes del reloj, proporcional a la tensión de entrada) el método de rampa con integración se basa de acuerdo con el siguiente principio:



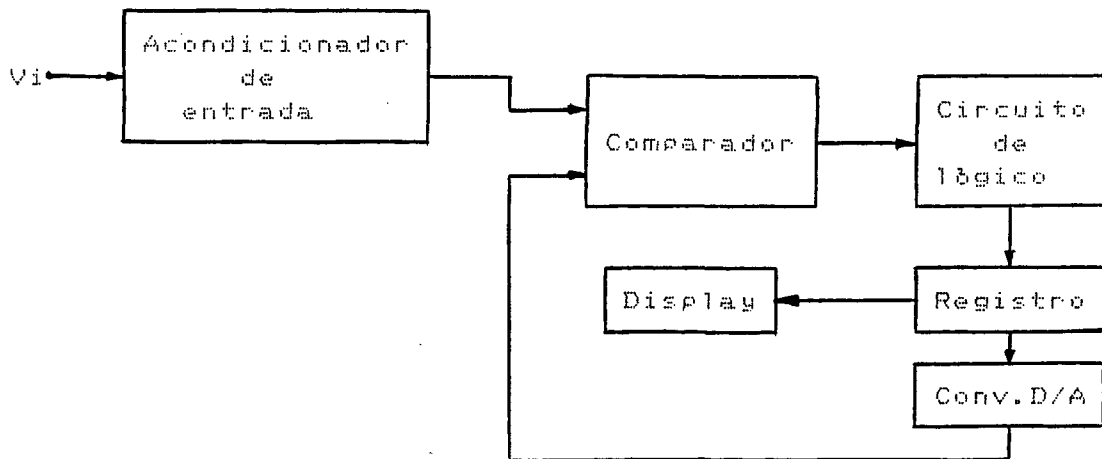
En el inicio del funcionamiento el contador y el integrador se pone a cero. Desde ese instante el integrador comienza a generar una rampa y el contador a contar los impulsos del oscilador. Cuando la rampa del integrador es igual al nivel de la tensión analógica de entrada, la puerta

para el paso de impulsos interrumpiéndose el cómputo.

Tanto este método de rampa con integración como el de rampa escalonada tienen el inconveniente de que su exactitud depende del oscilador.

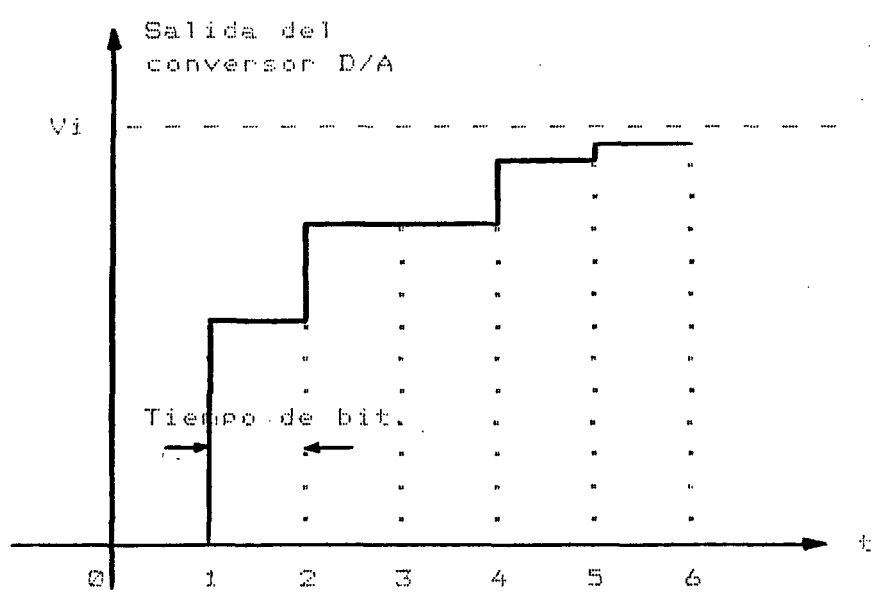
1.3.4. Método de aproximación sucesiva

Este método se basa en un convertidor D/A utilizado en un bucle de realimentación junto con un comparador.



La salida del convertidor D/A se produce de a un bit por vez, comenzando por el bit más significativo MSB y avanzando hacia el bit menos significativo LSB. Todos los bits de la palabra del convertidor D/A se fijan inicialmente en uno. A medida que se van efectuando las comparaciones, el bit que se esté considerando se deja en uno si la salida del convertidor D/A es menor que la tensión de entrada, y se establece en cero si la salida D/A es mayor que la entrada. Tras cada comparación, se compara el siguiente bit menos significativo. Tras comparar todos los bits disponibles (por

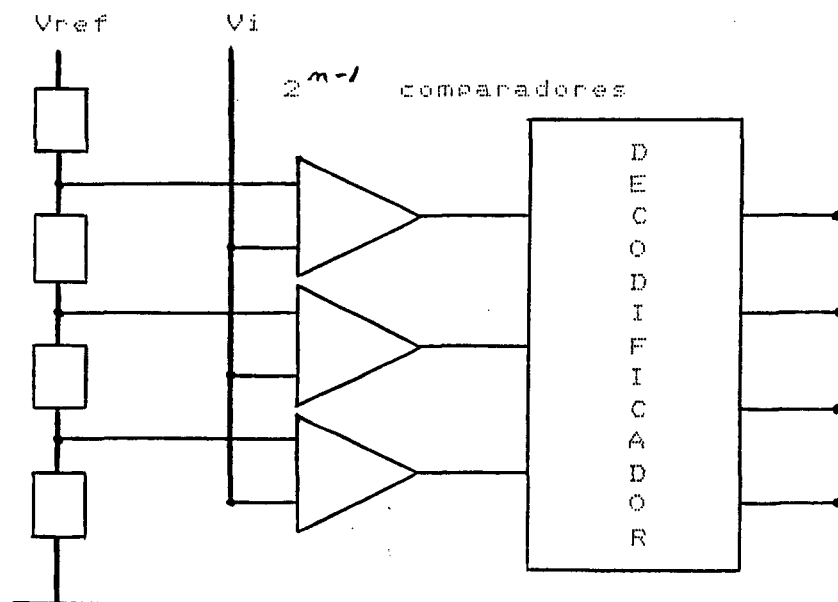
lo general 8, 12 ó 16), los bits que quedaron en estado "uno" permiten que circule una corriente desde el convertidor D/A, que corresponde a la entrada analógica.



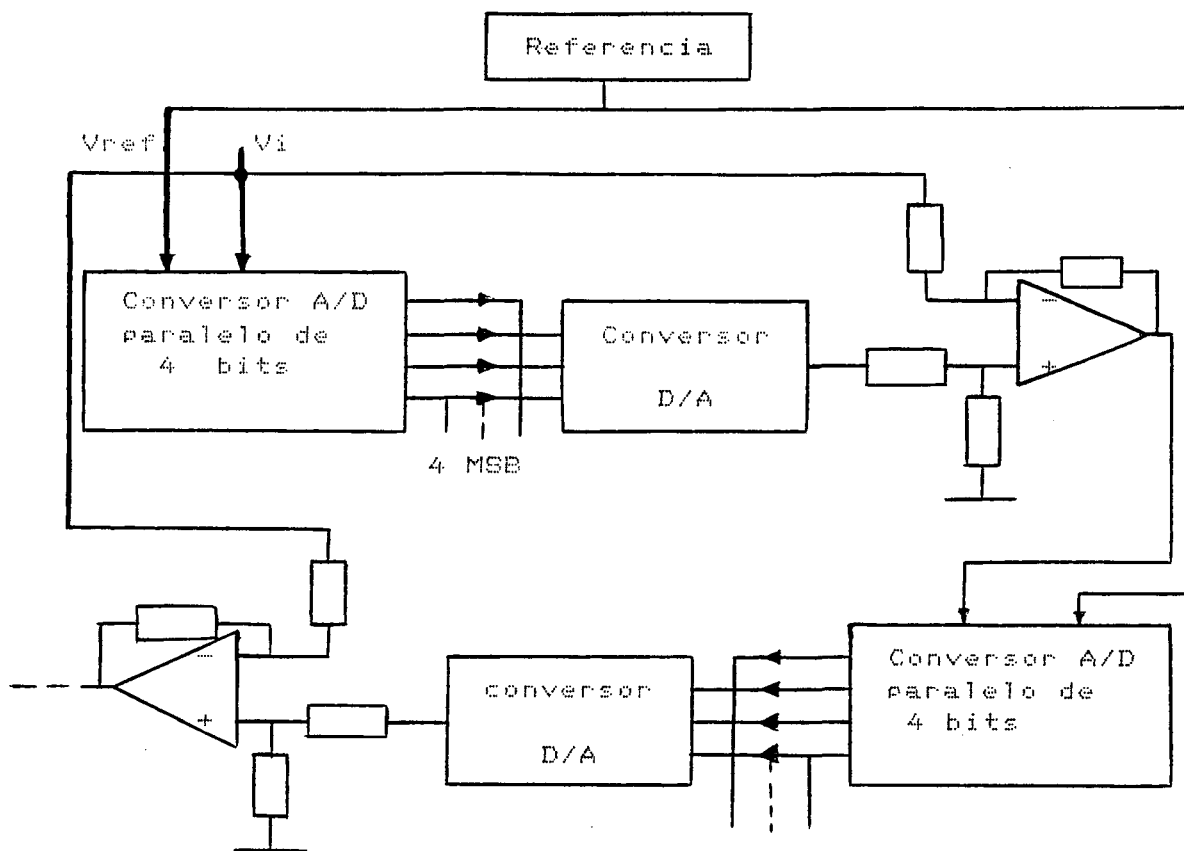
Una conversión de ocho bits sólo lleva ocho comparaciones, la conversión de 16 bits sólo lleva 16, y así sucesivamente. Esto hace que la técnica de aproximación sucesiva sea sumamente rápida (100.000 conversiones por segundo o más) y, por lo tanto, ideal para conversiones de audio, video, radar, etc., en las que en un lapso muy breve se han de convertir a forma digital muchísimos datos analógicos. Esta técnica, no obstante, plantea numerosos inconvenientes, dos de los cuales son que los convertidores de aproximación sucesiva son caros y requieren un complicado sistema de circuitos.

1.3.5. Método de conversión tipo paralelo

Este sistema es el más rápido al hacer la conversión en un solo tiempo, con la contrapartida de un circuito más complejo de integrar debido al número de comparadores que hay que utilizar, 2^{n-1} , siendo n el número de bits, por lo que estos se presentan comercialmente para 4 bits.



Para una mayor resolución hay que utilizar técnicas combinadas como la que se representa en la siguiente figura.



Técnica combinada de convertidor A/D paralelo para la obtención de mayor resolución.

En esta técnica se ve como un primer convertidor A/D divide el rango en 16 partes, obteniéndose así los 4 bits más significativos. La señal de salida de un convertidor D/A conectado a su salida se resta a V_i atacando su salida a una nueva etapa de conversión, así hasta conseguir la resolución deseada.

Este método es un compromiso entre la resolución y la velocidad del sistema.

1.3.6. Método de integración con doble pendiente

Quando no son esenciales las conversiones a gran velocidad, como en el caso de los voltímetros digitales, el diseño elegido por lo general es el convertidor integrador. Cuando no se pretende digitalizar formas de onda CA de elevada frecuencia, son muy adecuadas velocidades de muestreo de unas pocas conversiones por segundo.

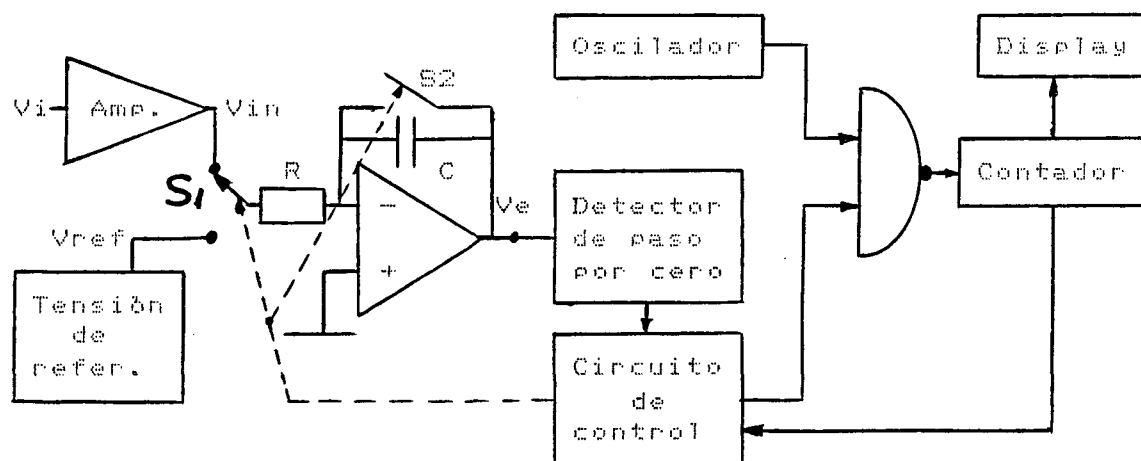
Este método elimina el inconveniente de los anteriores y mejora notablemente la linealidad y la fidelidad de la medida.

La salida de un convertidor A/D de doble pendiente representa el valor promedio de una tensión de entrada analógica a través de un periodo de tiempo fijo. A diferencia de los convertidores A/D de aproximación sucesiva, que deben muestrear y retener la señal de entrada antes de que tenga lugar la comparación y conversión, los de tipo doble pendiente digitalizan la entrada utilizando el tiempo.

En un circuito convertidor A/D del tipo doble rampa, la conversión se produce en tres fases. Estas se conocen como la fase de auto-cero, la fase de integración de la señal y la fase de integración de la referencia. Estas son, por consiguiente, relativamente inmunes a los efectos de fluctuaciones de elevada frecuencia en el "ruido" de entrada (al contrario que los convertidores de aproximación sucesiva para "muestrear y retener").

Todo cuanto se requiere para un convertidor A/D de doble rampa, aparte de una señal de reloj estable, es una

tensión de referencia de precisión.



Circuito convertidor A/D de doble rama.

fase 1: Auto-cero: Se anulan los errores de los componentes analógicos derivando la entrada a tierra y almacenando la información de error en un condensador de auto-cero.

fase 2: Integración de la señal: La señal a medir la suministra un amplificador operacional, el cual proporciona una impedancia de entrada extremadamente alta y una ganancia suficiente en los valores inferiores de la señal. En esta fase el circuito de control conecta el conmutador S1 al amplificador (V_{in}) y al conmutador S2 lo pone en circuito abierto con lo cual el condensador C puede cargarse. A medida que se carga el condensador C la tensión V_e se separa de 0 voltios, y el detector de ceros envía una señal al circuito de control indicando esta situación: el circuito de control abre entonces la puerta que permite el paso de los impulsos

procedentes del oscilador.

Como el condensador integrador estaba cortocircuitado, la tensión de arranque es de cero voltios. La tensión V_e es una rampa cuya pendiente es proporcional a la amplitud y polaridad de la tensión de entrada.

La señal de entrada es integrada durante cierta cantidad de impulsos del oscilador; para un convertidor de 4,5 dígitos, lo típico son 10.000 impulsos. (con una frecuencia de 600 KHz esto ocurre a 1/60 segundos). Una vez terminado el periodo de integración, la tensión obtenida es directamente proporcional a la señal de entrada.

fase 3: Integración de la referencia: Al contar el impulso número 10.000 el circuito de control conmuta S1 al generador de referencia (V_{ref} continua) cuya polaridad será de signo contrario a la tensión de entrada V_{in} . El contador se pone a cero y nuevamente comienza la cuenta, mientras la tensión de referencia lleva a V_e al potencial de cero voltios. La pendiente será ahora proporcional a la tensión de referencia y el tiempo requerido para volver V_e a cero voltios es proporcional a la tensión de entrada desconocida.

Cuando el integrador llega a cero, la puerta es cerrada y el contador para su cuenta. Esta cuenta es ahora numéricamente igual a la tensión de referencia conocida y se transfiere a la unidad de memoria para su presentación en pantalla como valor de la tensión incógnita.

Ha de ser $V_{ref} > V_{in}$ para que la cuenta "N" sea inferior a 10.000 unidades si se emplea un contador de cuatro

digitos: para un contador de mayor capacidad, no es precisa esta condición.

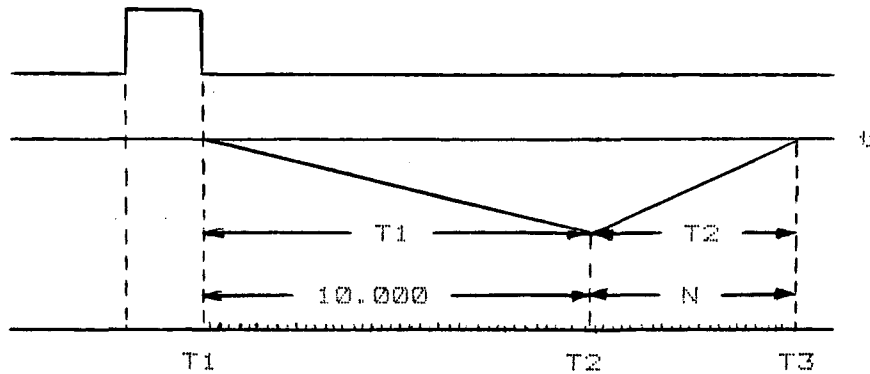


Diagrama de tiempos de la rampa.

En el periodo de carga, T_1 , la salida del integrador es, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$V_e = \frac{-1}{RC} \int_0^{T_1} V_{in} dt = - \frac{V_{in} T_1}{RC}$$

En el periodo de descarga tiene un valor:

$$V_e = - \frac{V_{in} T_1}{RC} - \frac{1}{RC} \int_{T_1}^{T_2} V_{ref} dt = - \frac{V_{in} T_1}{RC} + V_{ref} \frac{T_2 - T_1}{RC}$$

Después de un periodo $T = T_1 + T_2$, el nivel de V_e es de cero voltios:

$$V_{in} T_1 = V_{ref} (T_2 - T_1)$$

$$V_{in} = V_{ref} \frac{(T_2 - T_1)}{T_1}$$

Si el reloj genera n impulsos/segundo en un tiempo T_1

el número aplicado al contador es:

$$N1 = n \cdot T1$$

y en T2 el número de impulsos es:

$$N2 = n \cdot (T2 - T1)$$

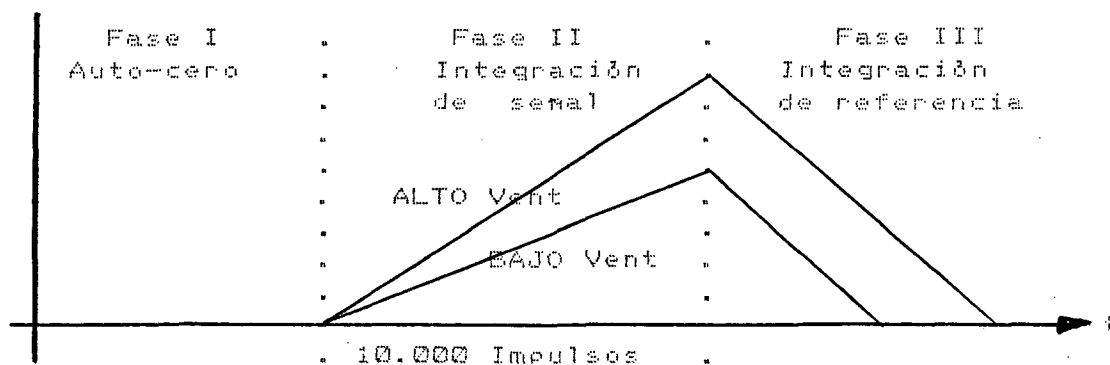
por lo tanto:

$$\frac{N2}{N1} = \frac{T2 - T1}{T1}$$

$$V_{in} = V_{ref} \frac{N2}{N1}$$

Si el número de impulsos durante la carga del condensador es de 10.000 y N durante la descarga:

$$V_{in} = V_{ref} \frac{N}{10.000}$$



Características de este método:

- Se emplea el mismo integrador en ambos ciclos de medida, con lo cual se consigue mantener las mismas

características durante el proceso.

- La integración proporciona unas superiores características de rechazo al ruido sin necesidad de filtrado.

- Los convertidores A/D de atenuación doble son intrínsecamente exactos, ya que todo el proceso depende exclusivamente de la absoluta precisión de la tensión de referencia y la calidad de los impulsos de reloj. No es necesario que el oscilador tenga una frecuencia determinada, ni que cada impulso tenga exactamente la misma duración que los otros.

- La estabilidad de los otros componentes, como el condensador de integración, no tiene especial relevancia a condición de que su valor no cambie durante ninguno de los ciclos de conversión.

- No es necesario utilizar un difícil sistema de circuitos de "muestreo y referencia". Los componentes que utiliza un convertidor A/D de doble pendiente tienen un costo comparativamente reducido.

- Este conversor tiene el inconveniente de que es lento.

Existen en el mercado una serie de convertidores A/D de doble pendiente integrado en un chip. Dos ejemplos de estos convertidores son el LD 122 y el MC 1505.

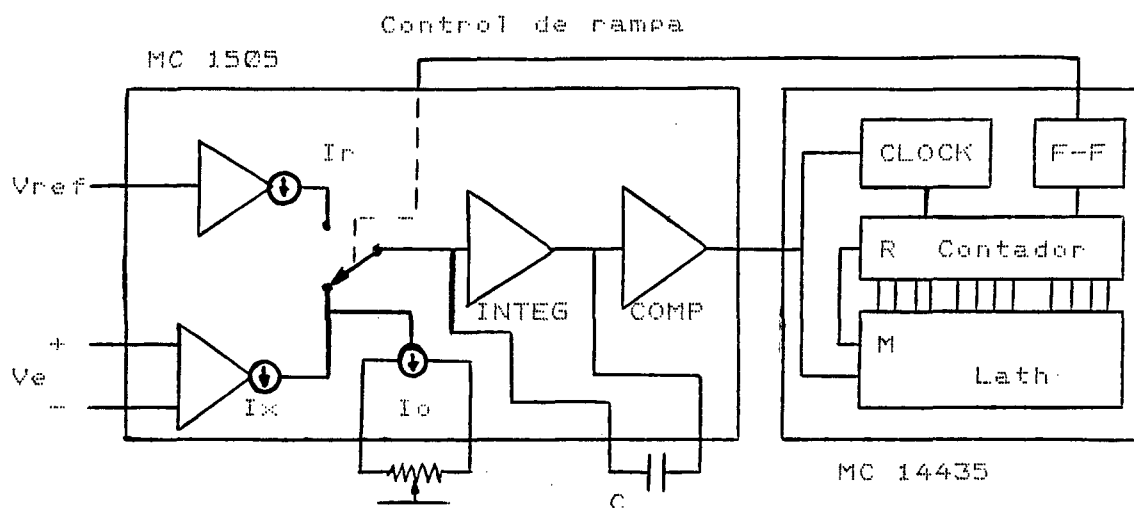
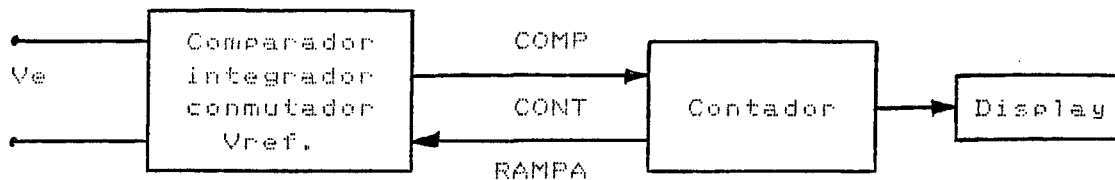


Diagrama de bloques de un medidor digital con dos CI en tecnología C-MOS.

La entrada analógica se aplica al amplificador operacional, que transforma el nivel de entrada en una corriente I_x . Asimismo, la tensión de referencia V_r se transforma en una corriente I_r .

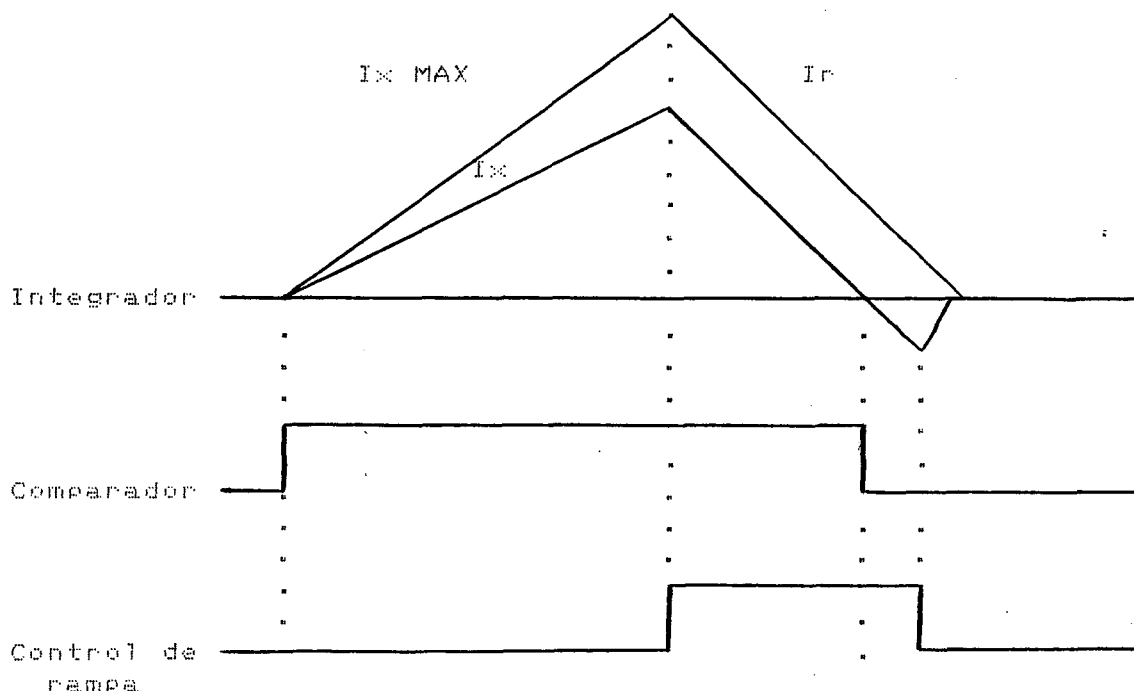
El conmutador electrónico, al ritmo del flie-floe y conforme al principio indicado anteriormente, transfiere al

integrador una u otra intensidad.

El principio y final de la escala de medida se corrigen variando el nivel de la corriente de referencia I_r .

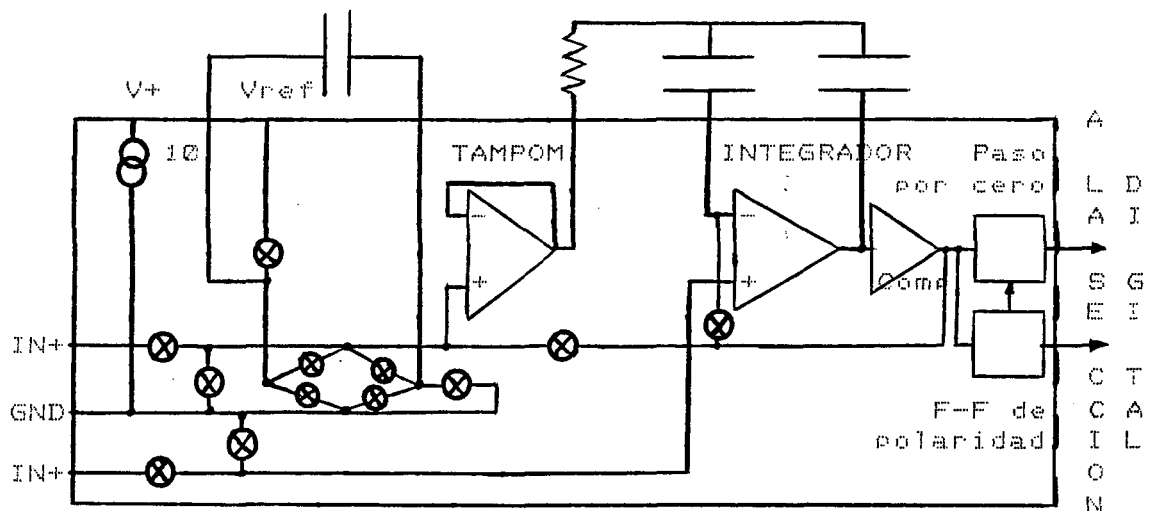
La salida del A/D se aplica al circuito digital compuesto por el contador digital de 3 1/2 décadas, el reloj y la puerta de transferencia.

El gráfico de tiempos de carga y descarga del condensador del integrador y la señal de transferencia de los impulsos de reloj es el siguiente:



Existen en el mercado una serie de circuitos integrados a gran escala especializados, que combinan muchas etapas analógicas y digitales del voltmetro en un único chip. Este es el caso del CI 7135. Este chip proporciona salidas decimales codificadas en binario que por medio de un

decodificador excitador BCD-7 segmentos para activar el display. El chip presenta una impedancia de entrada muy elevada y una entrada diferencial que permite medir tanto tensiones positivas como negativas. También permite una lectura de cero verdadero con una entrada de cero voltios, las indicaciones de fuera de margen mínimo y margen máximo, y de polaridad. Tiene una sensibilidad básica de dos voltios. Las tensiones más altas que se vayan a medir tendrán que ser atenuadas mediante un atenuador de entrada, de modo que el chip no reciba una tensión de entrada superior a dos voltios. El método de medida que utiliza el CI 7135 es el de integración con doble pendiente.



Sección analógica del chip convertidor A/D 7135

Durante las tres fases de la acción del convertidor (auto-cero, integración de la señal e integración de la

referencia), la cantidad de impulsos de reloj en el tiempo es fija para las dos primeras, y variable para la última. El auto-cero emplea 10.001 impulsos de reloj, la integración de la señal, 10.000 impulsos, y la integración de la referencia, tantos impulsos como sean necesarios para que la salida del integrador pase de cero.

1.4. MULTIMETROS .

El sistema descrito, que corresponde a un convertidor A/D, codificación, descodificación y visualización numérica, constituye por sí solo un medidor digital de tensión uniforme.

En la práctica, el medidor digital se presenta como multímetro, permitiendo la medida de las magnitudes fundamentales tensión, intensidad y resistencia; y otras auxiliares como son las medidas de inductancia, capacidad y temperatura.

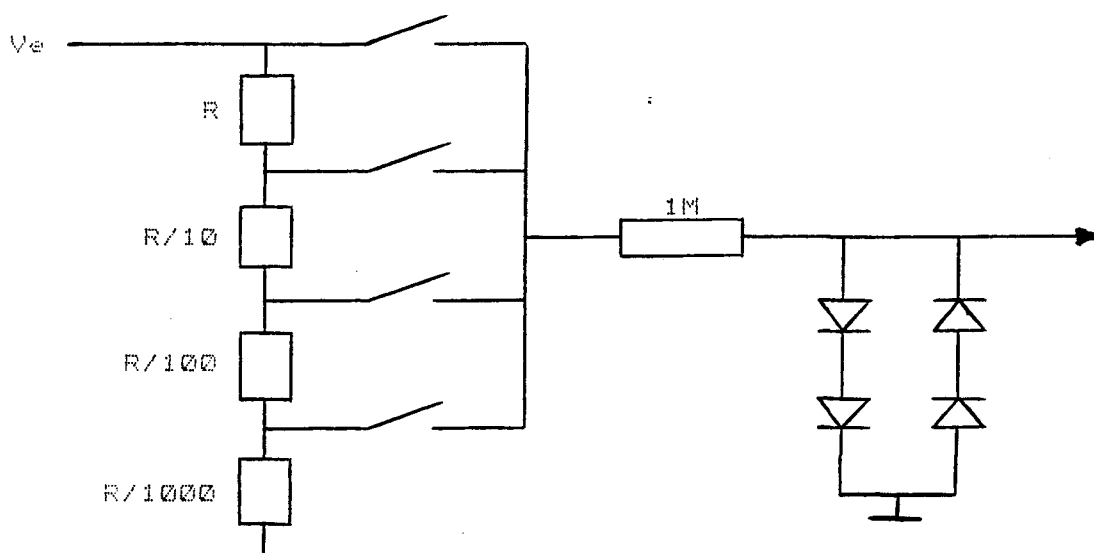
1.4.1. Medida de diferencia de potencial.

Conforme se ha indicado en la introducción, el circuito base de un multímetro digital es un medidor de nivel c.c..

Este nivel tiene un máximo en el punto de coincidencia de la tensión de entrada con la tensión de referencia. En ese punto el comparador suministra una información a un circuito auxiliar, para que aparezca en el visualizador el exceso de nivel aplicado a la entrada. Esta indicación suele ser las siglas de ALTO, OFF, OVER-FLOW, dígitos intermitentes u otra indicación gráfica de la que se deduzca que el instrumento no está en servicio.

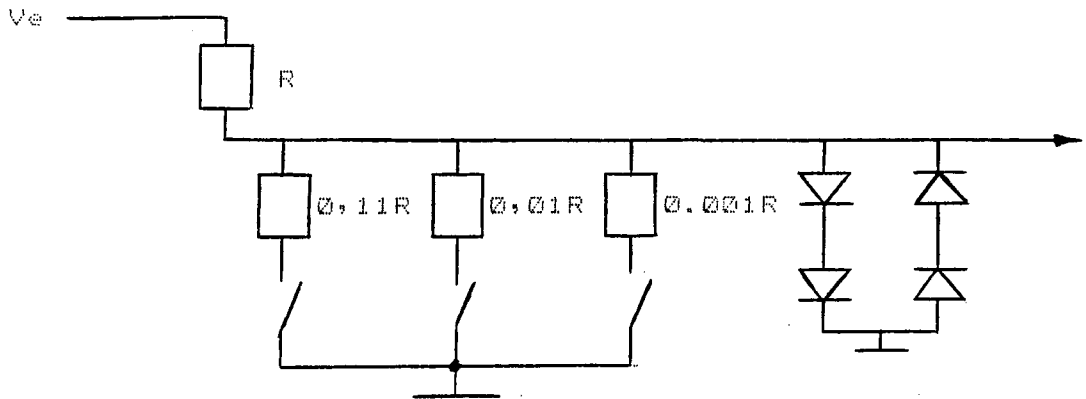
El nivel máximo que se puede aplicar de forma directa depende del tipo de microcircuito, siendo generalmente inferior a un voltio, coincidiendo con el número de dígitos del sistema. Así, en un multímetro de 3 1/2 dígitos suele ser de 0,1999 V.

Un sistema multiescala se compone de un atenuador de entrada. Básicamente hay dos formas de hacer este atenuador. Ambas implican el empleo de un circuito divisor de potencial que distribuye la tensión de entrada en varias resistencias, derivando una fracción de la tensión de entrada para la medición.



Este divisor resistivo produce una división por 10 en cada escala, obteniendo un nivel $U=R \cdot I$, donde I es aproximadamente constante. La impedancia de entrada está fijada por el valor total del atenuador, con poca influencia de una escala a otra, ya que la impedancia del amplificador operacional de entrada es muy alta.

Este atenuador ofrece la ventaja de la simplicidad, además de ser fácilmente adaptable a la medición de corriente y resistencia. Esto no es así en el caso del siguiente atenuador:



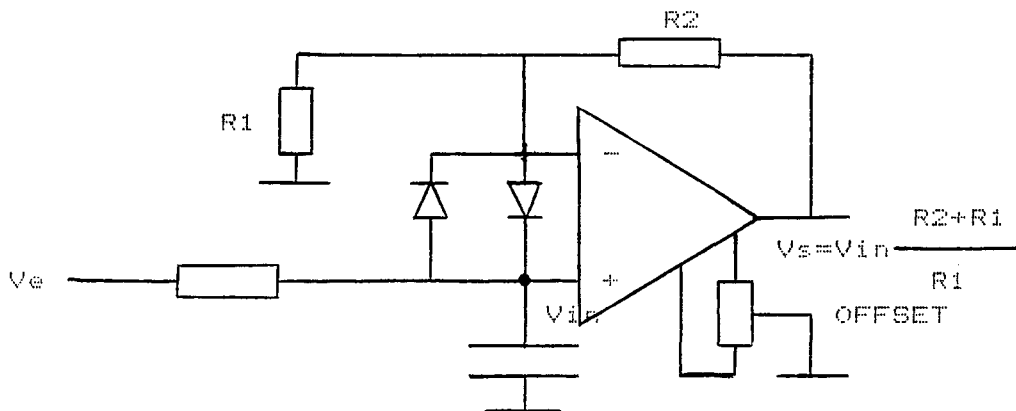
En el circuito de escala automática (en el cual la atenuación de entrada se conmuta automáticamente), el segundo tipo ofrece la ventaja de poder utilizar conmutadores analógicos de estado, mientras que el primero sólo puede utilizar conmutadores mecánicos.

Dado que el atenuador del medidor digital está constituido por resistencias elevadas y, como consecuencia, maneja muy bajas intensidades permite incorporar un circuito de protección contra sobrecargas de entrada muy sencillo. Así, dos pares de diodos con tensión de unión V_F ligeramente superior al punto de coincidencia de U_r con U_r permite recortar o limitar el nivel aplicado a la entrada del medidor, evitando la destrucción del circuito ante conexiones accidentales en V_e .

Ante una conexión accidental, por ejemplo de 1.000

V. en el primer atenuador, en la escala más pequeña, el voltaje quedará limitado a $2.V_F$ y la corriente por los diodos será aproximadamente de $10/10 = 1$ mA.

La medida de magnitudes inferiores para representación con todos los dígitos exige el empleo de amplificadores. Un ejemplo puede ser:

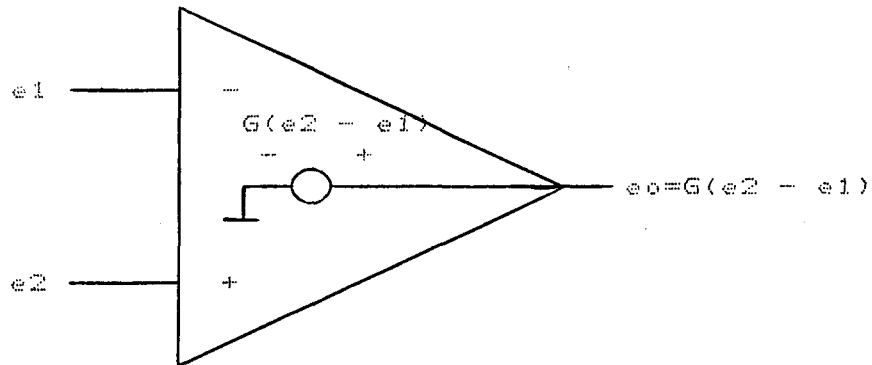


A continuación se encuentra la descripción de lo que es un amplificador de instrumentación y de sus características.

El amplificador de instrumentación

Un amplificador de instrumentación es un bloque de circuitos constituido por varios amplificadores operacionales que tiene una entrada con ganancia diferencial y con lazo cerrado de realimentación. Se trata de un circuito con la función primera de amplificar con precisión la tensión

aplicada a sus entradas. La tensión de salida se desarrolla con respecto a masa y es igual al producto de la diferencia entre las tensiones de entrada y la ganancia del amplificador.



Modelo idealizado de un amplificador de instrumentación

Las propiedades idealizadas de un amplificador de instrumentación se resumen en una infinita impedancia de entrada, nula impedancia de salida, una tensión de salida proporcional sólo a la tensión diferencial ($e_2 - e_1$) con una constante de ganancia muy precisa (no hay alinealidad) y una banda pasante ilimitada. Además rechaza las componentes de señal comunes a ambas entradas (rechazo de modo común CMRR) y no presenta tensión de offset ni derivas.

Todas estas características constituyen lo que se llama un amplificador ideal. En realidad esto no es cierto y siempre existen errores que en muchos casos se pueden despreciar, pero que en otros se deben tener en cuenta.

Seguidamente se analizan los errores más usuales que hacen que los amplificadores de instrumentación se aparten del amplificador ideal.

La característica de **linealidad** de la ganancia es en la mayoría de los casos más importante que la precisión de la

ganancia, ya que el valor de la ganancia puede ser compensado cuando existen simples errores de la misma. La alinealidad, en contraste, no. La alinealidad se especifica como la desviación máxima con respecto a una línea recta, expresada como tanto por ciento del valor de pico a pico de la salida del amplificador a plena escala.

La CMRR (relación de rechazo de modo común) es la relación entre la ganancia de modo diferencial y la ganancia de común. Por lo tanto, la CMRR es proporcional a la ganancia diferencial y, por consiguiente, aumenta con la ganancia diferencial G .

En un amplificador de instrumentación ideal, la componente de tensión de salida debida a la tensión de modo común es cero. En un amplificador de instrumentación real la CMRR aunque muy elevada, no es infinita y ocasiona una tensión de error en la salida.

Si las impedancias de la fuente de señal están desbalanceadas las tensiones de esta fuente están divididas desigualmente sobre las impedancias de modo común y se desarrolla una señal diferencial en las entradas del amplificador de instrumentación. Esta señal de error no puede ser separada de la señal deseada.

Muchos amplificadores de instrumentación son elementos de dos pasos; es decir, tienen un paso de entrada de ganancia variable y un paso de salida con ganancia fija. Si V_i y V_o son respectivamente las tensiones de offset de los pasos

de entrada y salida, entonces las tensiones de offset de los amplificadores referidos a la entrada es:

$$(RTI) = (V_i + V_o) / G$$

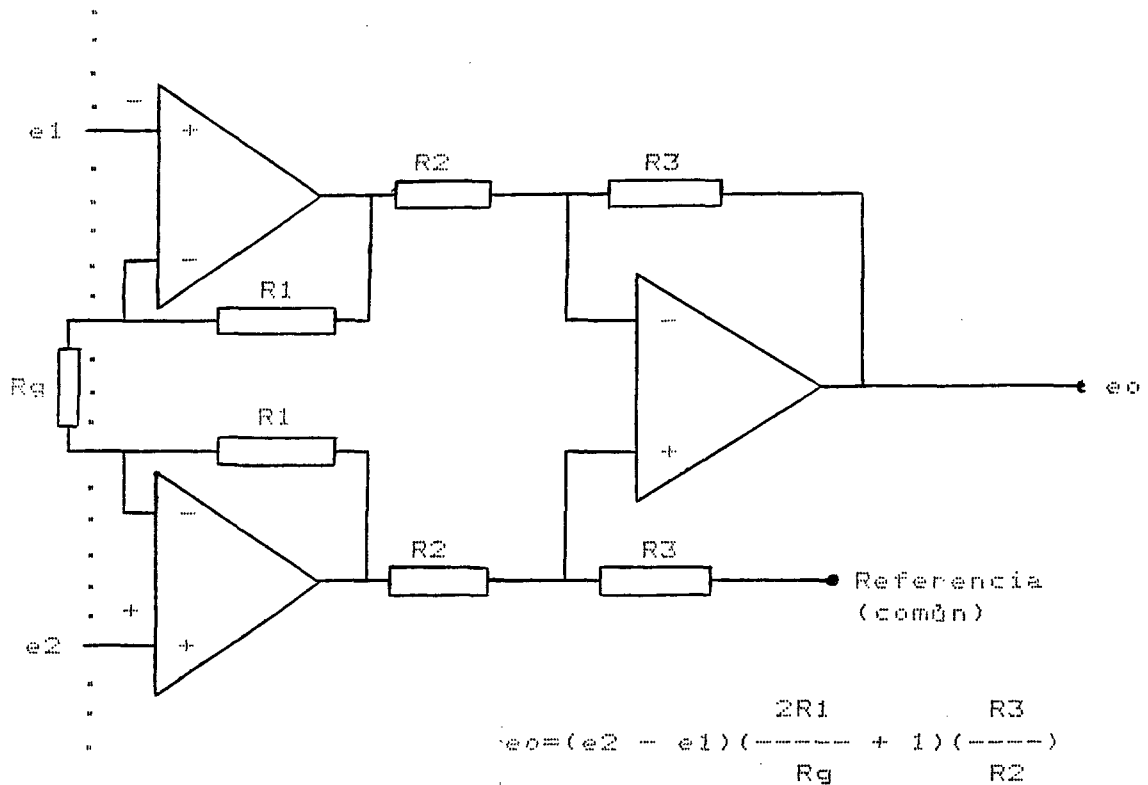
donde G es la ganancia del amplificador y RTI las tensiones referidas a la entrada.

La tensión de offset inicial es usualmente ajustable a cero y, por lo tanto, la deriva de tensión es el término más significativo, ya que no puede ser anulado. La deriva de la tensión de offset también tiene dos componentes, debidas una al paso de entrada del amplificador y la otra al paso de salida. Cuando el amplificador está trabajando en alta impedancia, la deriva del primer paso es la predominante. Con bajos valores de ganancia, la deriva del paso de salida es la mayor componente. Cuando la deriva total de salida está referida a la entrada, la tensión efectiva de deriva de entrada es mayor para bajos valores de ganancia. La tensión de deriva de salida siempre es menor a bajas ganancias.

Las corrientes de polarización de entrada son las corrientes que circulan fuera o dentro de las dos entradas de un amplificador de instrumentación. Estas corrientes son las de base de los transistores bipolares de entrada o bien las corrientes de fuga de los transistores FET de entrada, cuando los amplificadores de instrumentación incorporan este tipo de transistores para obtener una mayor impedancia de entrada. Las corrientes de offset son la diferencia de las corrientes de polarización de las dos entradas positiva y negativa del

amplificador.

En la siguiente figura se muestra una configuración tipo de un amplificador de instrumentación:



En la figura se ve que las dos entradas, tanto la no-inversora como la inversora pertenecen a las entradas no-inversoras de dos operacionales sin tener ninguna conexión adicional de realimentación, con lo que se obtiene una mayor impedancia de entrada. El tercer operacional está montado en forma diferencial y la ganancia global del conjunto se ajusta mediante la resistencia externa R_g .

1.4.2. Medida de valores eficaces de tensiones alternas .

La medida de magnitudes electricas alternas se efectúan a menudo, tanto para calcular una potencia, la amplificación de una etapa o la comprobación de una banda pasante. Cuando estas medidas se realizan en régimen sinusoidal no existe problema alguno, ya que la mayoría de los aparatos de medida indican el valor eficaz de las senales sinusoidales.

Si, por el contrario, se trata de realizar medidas en formas de ondas distintas de la senoidal, sólo un buen conocimiento del aparato de medida puede evitar la aparición de errores que modificarán en mayor o menor grado el valor correcto.

La corriente eficaz de una señal es igual a la corriente continua que produciría el mismo calentamiento que la alterna circulando por una resistencia dada. Para efectuar su medida se utilizan dos procedimientos:

- Medida por el valor medio
- Medida eficaz "real"

-Medida por el valor medio

El valor eficaz de una señal sinusoidal de amplitud máxima V_m es igual a

$$\frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

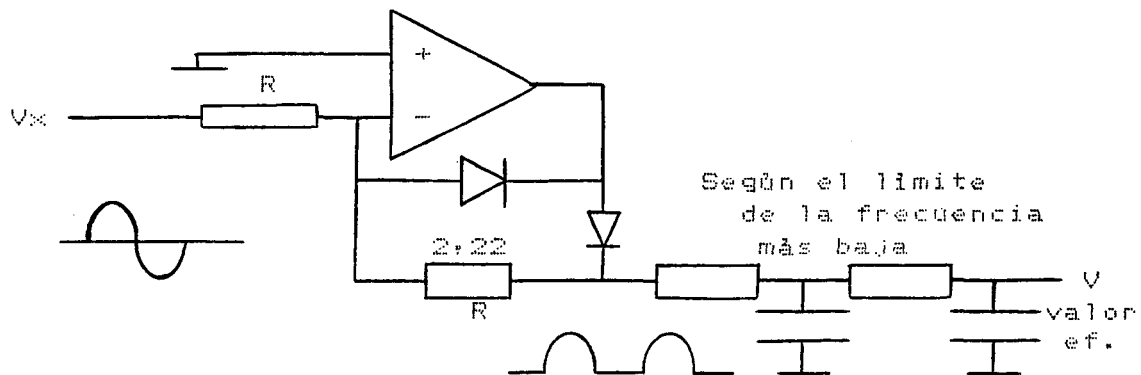
Si esta misma señal se rectifica mediante un rectificador de doble onda, el valor medio de la señal obtenida será igual a

$$\frac{2 \cdot V_m}{\pi}$$

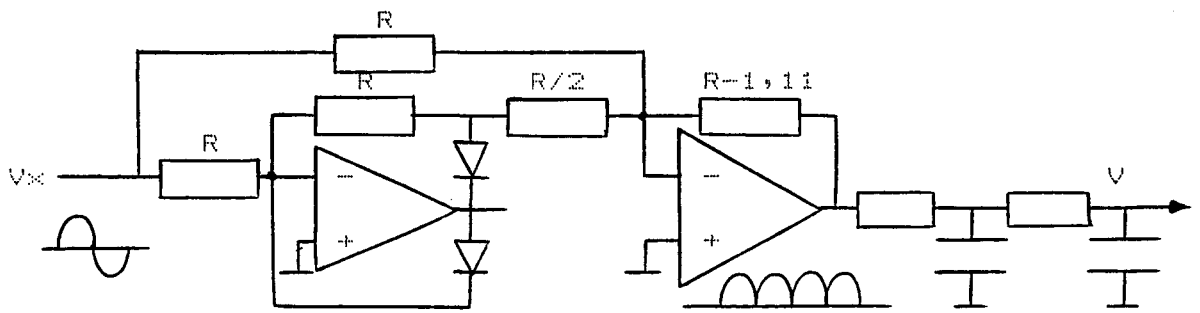
Entre el valor eficaz de la señal sinusoidal y el valor medio de la señal rectificada existe, por tanto, la relación

$$\frac{V_{ef}}{V_{med}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1,11$$

La medida consiste en rectificar la señal amplificándola un coeficiente multiplicador de 1,11, midiendo el resultado después de un filtrado.



Circuito que proporciona el valor medio de la señal rectificada. El circuito no rectifica más que un semiperiodo y el coeficiente multiplicador es en este caso de 2,22



Con la rectificación en doble alternancia la ondulación de la salida es menor que en el caso anterior, permitiendo medir frecuencias más bajas.

La precisión en el valor eficaz, así determinado, puede ser elevada (menos del 0,1 % de error) pero no es válida más que para una señal sinusoidal perfecta. Como es lógico, cualquier señal sinusoidal presenta un cierto factor de distorsión. El cálculo muestra que si los armónicos pares afectan muy poco a la medida, los impares traducen un error positivo o negativo dependiendo de la fase. El valor máximo del error es equivalente a:

$$\frac{V_H}{N \times V_{eff}}$$

siendo V_H la amplitud del armónico de orden N y V_{eff} el valor eficaz de la señal total.

Así, por ejemplo, una señal con una distorsión del 1% originada por la presencia del armónico 3 puede ser medida con un error suplementario de 0,33%.

Si se desea corregirse el error introducido debería conocerse no sólo la amplitud de cada armónico sino también su

fase, lo que es prácticamente irrealizable.

Cuando las señales no son sinusoidales, la medida directa deja de ser posible y debe aplicarse un coeficiente de corrección ligado a la forma de la onda.

Si se toma, por ejemplo, una señal triangular, la relación entre valor eficaz y valor medio después de la rectificación tiene un valor de:

$$\frac{V_{\text{eff}}}{V_{\text{max}}} = \frac{2}{\sqrt{3}}$$

El aparato de medida está pensado para indicar el valor eficaz de señales sinusoidales, por lo que el valor indicado ha sido multiplicado por el coeficiente

$$\frac{\pi}{2\sqrt{2}}$$

Para conocer el valor eficaz de una señal triangular, debe, por lo tanto, multiplicarse la lectura por un coeficiente igual a

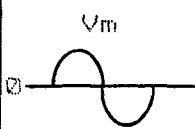
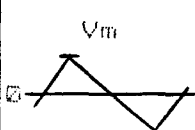
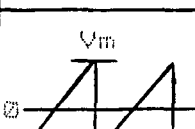
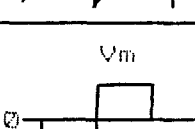
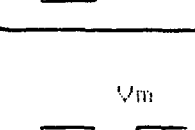
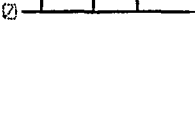
$$\frac{2}{\pi} \times \frac{2}{\sqrt{3}}$$

es decir:

$$V_{\text{eff}} = V_{\text{leido}} \times \frac{4}{\pi} \sqrt{\frac{2}{3}} \quad (\sim 1,034 \cdot V_{\text{leido}})$$

La siguiente tabla indica la relación entre la tensión máxima y la tensión eficaz total, así como el

coeficiente por el cual se debe multiplicar el valor leído en un aparato del tipo indicador de valor medio para obtener el valor eficaz.

Señal	Valor eficaz total = +	Valor eficaz alterno	Coefficiente de correcc.	Factor de Amplitud
	$\frac{V_m}{\sqrt{2}}$ = 0,707 · V _m	$\frac{V_m}{\sqrt{2}}$ = 0,707 · V _m	1	$\sqrt{2}$ = 1,414
	$\frac{V_m}{\sqrt{3}}$ = 0,577 · V _m	$\frac{V_m}{\sqrt{3}}$ = 0,577 · V _m	$\frac{4}{\pi} \sqrt{\frac{2}{3}}$ = 1,039	$\sqrt{3}$ = 1,732
	$\frac{V_m}{\sqrt{3}}$ = 0,577 · V _m	$\frac{V_m}{\sqrt{3}}$ = 0,577 · V _m	$\frac{4}{\pi} \sqrt{\frac{2}{3}}$ = 1,039	$\sqrt{3}$ = 1,732
	V _m	V _m	$\frac{2\sqrt{2}}{\pi}$ = 0,900	1
	$\frac{V_m}{\sqrt{2}}$ = 0,707 · V _m	$\frac{V_m}{\sqrt{2}}$ = 0,5 · V _m	$\frac{4}{\pi} = 1,27$	= 1,414
			$\frac{2\sqrt{2}}{\pi} = 0,900$	~ 1
	$V_m \sqrt{R}$	$V_m \sqrt{R-R^2}$	$\frac{\sqrt{2R}}{\pi(R-R^2)}$	$\frac{1}{\sqrt{R}}$
			$\frac{\sqrt{2}}{\pi \sqrt{R-R^2}}$	$\sqrt{\frac{1}{R}} = 1$

Sin embargo esta tabla debe utilizarse con una cierta precaución, por las siguientes razones.

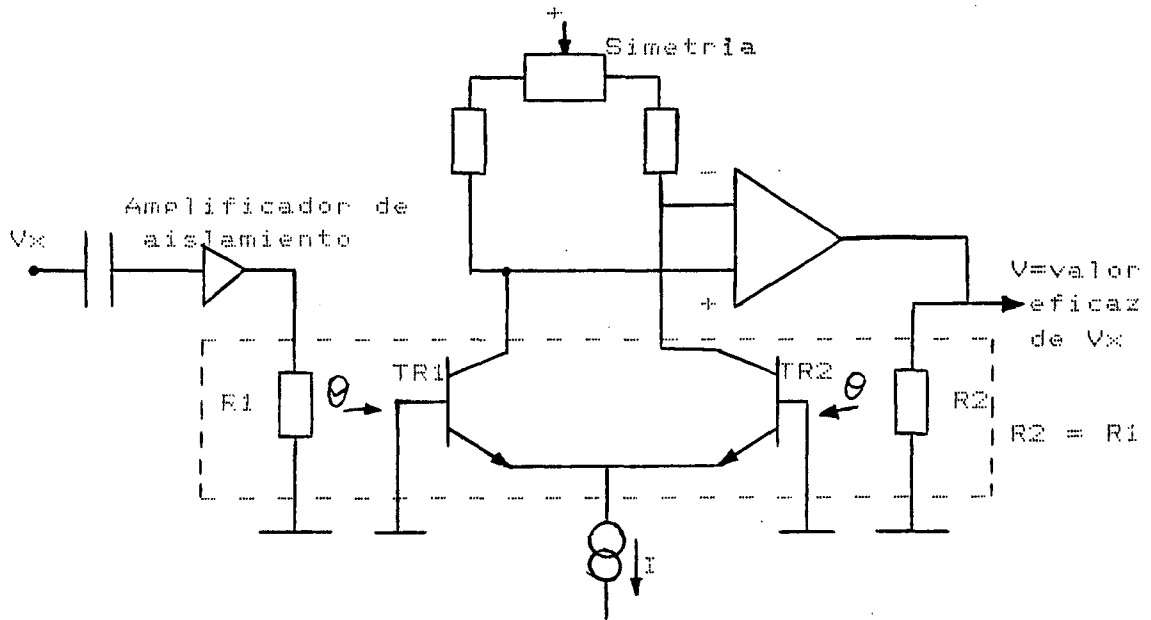
Las señales utilizadas no son nunca perfectas (no linealidad de los triángulos, pendiente de la parte superior de las señales cuadradas, tiempo de subida finito). Todas estas imperfecciones pueden falsear la medida.

Algunas de las señales mostradas presentan un porcentaje de armónicos relativamente alto. Estos pueden ser atenuados por una banda pasante excesivamente limitada del aparato de medida o pueden simplemente desfasarse, con lo que la medida del valor medio quedaría afectada. Es necesario, por lo tanto, limitarse a señales con una frecuencia mucho menor que la de corte dada por el aparato.

-Medida eficaz "real"

Los voltímetros eficaces se distinguen de los otros en el sentido de que el valor eficaz se obtiene directamente a través de la medida y no por la conversión valor medio/valor eficaz. No afectando la forma de la señal a la exactitud de la medida. Se utilizan dos procedimientos para llevarla a cabo: **medida térmica o cálculo.**

La **medida térmica** utiliza la definición del valor eficaz, ya que compara el calentamiento de una resistencia atravesada por una corriente continua. La corriente continua se ajusta automáticamente de forma que las dos resistencias estén a la misma temperatura. El valor eficaz de la corriente de la señal es entonces igual a la corriente continua.



Las temperaturas de las resistencias R1 y R2 se miden mediante los transistores TR1 y TR2, rigurosamente idénticos. Cualquier variación es amplificada por los dos transistores que excitan al amplificador que restablece el equilibrio. Se tiene entonces V = valor eficaz de Vx.

Este procedimiento es el utilizado por los voltímetros de alta frecuencia y por algunos de baja frecuencia.

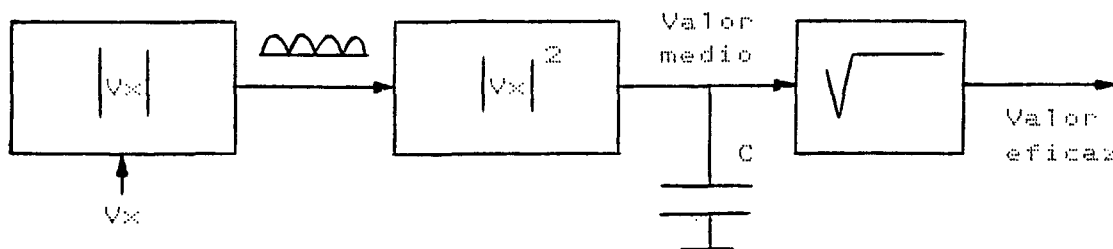
La medida por cálculo es realizada por un circuito analógico especializado.

La expresión matemática del valor eficaz de una tensión es:

$$V_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T_0} \int_0^T [V(t)]^2 dt} = \sqrt{\text{Valor medio } [V(t)]^2}$$

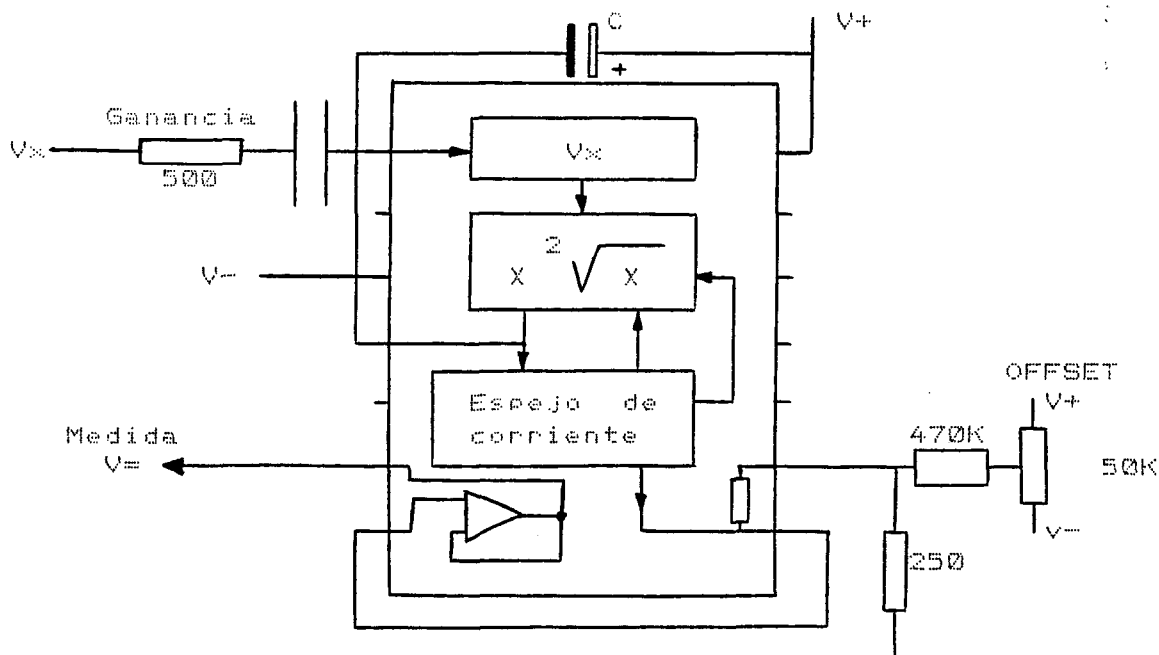
La transformación se efectúa mediante una serie de

etapas, tal como se indica en el siguiente esquema:



La primera etapa proporciona el valor absoluto de la señal (rectificación) y la segunda etapa eleva este valor al cuadrado (multiplicador). El condensador C efectúa la media y finalmente el valor final se obtiene por extracción de la raíz cuadrada del valor medio.

Un ejemplo de medida del valor eficaz por cálculo, la proporciona el C.I. AD 536. Su esquema es el siguiente:



El único componente indispensable (los otros permiten únicamente mejorar la precisión) es el condensador C. Su valor procede de un compromiso: debería ser grande a fin de reducir la tensión alterna residual a la salida, pero también suficientemente pequeño para que el tiempo de respuesta (cuando se le aplica una tensión) sea aceptable (1 a 2 segundos).

El límite en alta frecuencia de este tipo de convertidor es debido a los amplificadores internos que pueden tratar señales hasta un centenar de kilohertzios.

Factor de amplitud.

Se asocia siempre a la medida eficaz el factor de amplitud. Esta magnitud corresponde a la relación entre el valor máximo y el valor eficaz de una señal (cuando ésta tiene máximos positivos y negativos se toma el mayor de los dos).

$$FA = \frac{V_{max}}{V_{eff}}$$

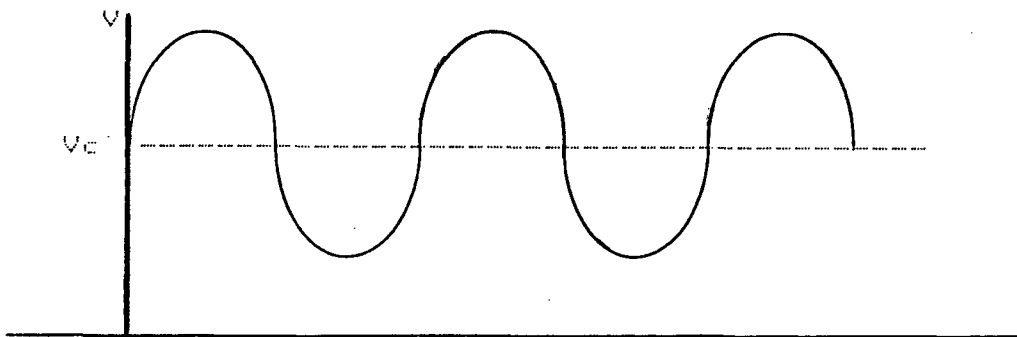
Los amplificadores internos del circuito de medida, que tienen una dinámica de funcionamiento limitada (especialmente debido a las tensiones de umbral y las tensiones de alimentación), no es necesario que sean saturados durante los máximos de la señal. Determinadas señales, como por ejemplo los impulsos, pueden tener un factor de amplitud importante, es decir, una tensión máxima elevada frente a su valor eficaz. Su medida con un instrumento que tuviera un

nivel de saturación excesivamente bajo daría lugar a un notable error; aunque el aparato no indicara ninguna sobrecarga.

El factor de amplitud se indica en general para plena escala. Así un polímetro que tenga un factor de amplitud de 5 podrá, en su margen de dos voltios, medir señales de amplitud máxima igual a $5 \times 2 = 10 \text{ Vmax}$.

Valor eficaz total

Los polímetros de alterna tienen, en general, un acoplamiento de entrada capacitivo; es decir, no pueden medir más que la componente alterna. Es muy necesario a menudo determinar el valor eficaz total de la señal.



Tensión alterna superpuesta a una continua.

El valor eficaz total puede calcularse de la forma siguiente:

a) Se mide el valor medio de la señal en un margen de medida de tensión continua (V_c);

b) Se mide el valor alterno eficaz (V_A);

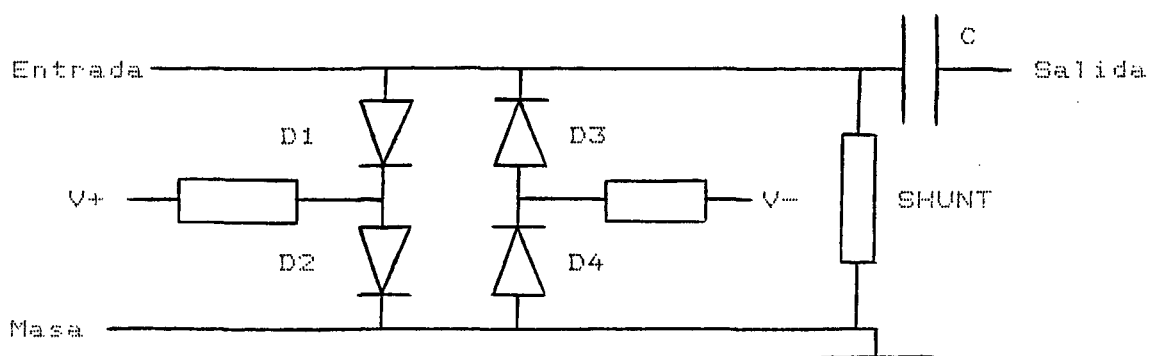
c) se aplica la relación:

$$V_{\text{eff total}} = \sqrt{V_c^2 + V_{\text{eff}}^2}$$

1.4.3. Medida de la intensidad.

La medida de las corrientes no es sino una medida de tensión efectuada en bornes de una resistencia de bajo valor comparada con la resistencia del circuito a medir.

Todo lo que se ha dicho para las tensiones es también válido para las corrientes. Es preciso, sin embargo, cuidar que la medida no sea afectada por el circuito de entrada del amperímetro. Este se halla protegido habitualmente por un fusible y por diodos montados en paralelo con la resistencia de medida.



Los diodos D1 y D3 se hallan normalmente bloqueados. Sin embargo, pueden pasar a conducción derivando una parte de

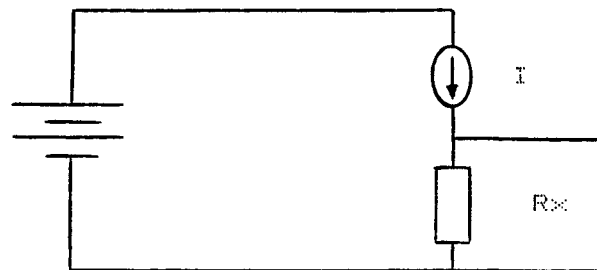
la corriente medida en los casos en que el valor máximo de la señal sobrepase los 600mV y cuando una corriente continua se superponga a una corriente alterna. Esta corriente no se tiene en cuenta durante la medida, ya que el acoplo capacitivo se efectúa después de la resistencia en derivación.

Por estas razones es preferible medir corrientes que tengan un bajo factor de amplitud y carezcan de componente continua. Una buena precaución consiste también en medir en los márgenes de medida más elevados, aunque ello redunde en detrimento de la precisión.

1.4.4. Medida de resistencia.

Medir ohmios en un voltímetro analógico convencional es fácil, dado que la caída de tensión en una resistencia que se está midiendo es proporcional al valor de esta última. Sin embargo, eso no es tan fácil con un voltímetro digital y, en consecuencia, se requiere un circuito convertidor a ohmios.

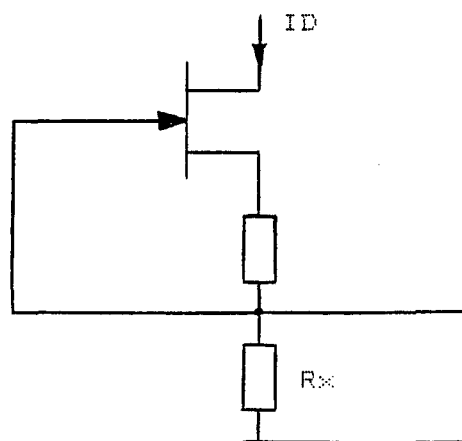
El principio de medida de resistencia en forma digital consiste en hacer circular por el resistor una corriente constante y medir la d.d.p. entre extremos.



El generador de corriente constante permite que la función $V=R.I$ tenga sólo una variable, la R . Por lo tanto, el nivel de tensión medido es función lineal del valor de la resistencia. Este valor de tensión se hace coincidir numéricamente con el óhmico para la medida y representación digital.

La exactitud y la linealidad del medidor están determinadas por el generador de corriente constante.

Este tipo de generadores, en su formación básica, están constituidos por semiconductores con un sistema de realimentación para la autorregulación de su corriente. En versión FET un generador de corriente constante es como se indica en la siguiente figura.



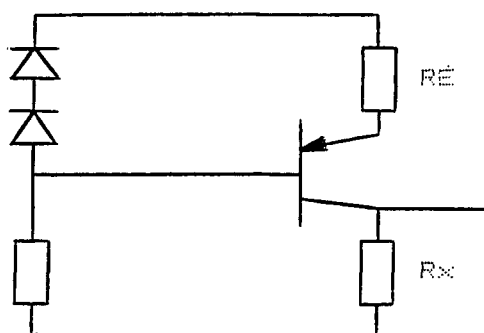
Medida de resistencia a corriente constante de un transistor unipolar.

Siendo R de valor:

$$R = V_p \frac{(1 - \sqrt{I_D / I_{DSS}})}{I_D}$$

por lo que se produce la autorregulación de la corriente de canal y, como consecuencia, la aparición de una corriente constante sin influencias de carga.

En versión bipolar, el generador de corriente constante es como en la siguiente figura.



Medida de resistencia a corriente constante de un transistor bipolar.

La corriente que circula por la unión base-emisor depende de $I = V_z / R$. Como V_z es constante, I sólo depende del valor de la resistencia R_E , obteniendo una corriente de suministro en el colector de valor aproximado I_{eb} y prácticamente constante para una amplia gama de valores de carga.

El valor de carga (resistencia a medir, R_x) máximo viene determinado por la tensión de emisor. En la figura anterior si $R_E = 1.000$ ohmios su corriente aproximada es de 1,4 mA y la tensión de emisor de 13,6V. Cuando la tensión existente en los extremos de R_x alcance el nivel de $13,6V - U_{bc}$ se ha llegado al máximo de medida y hay que variar la corriente del generador como forma de que una intensidad inferior permita la medida de resistencia de mayor valor.

1.4.5. Medida de potencia eléctrica.

La medida de potencia eléctrica ha sido para el proceso analógico, y sigue siéndolo para el proceso digital la más compleja de las medidas por ser una función de dos variables. Esta debe cumplir

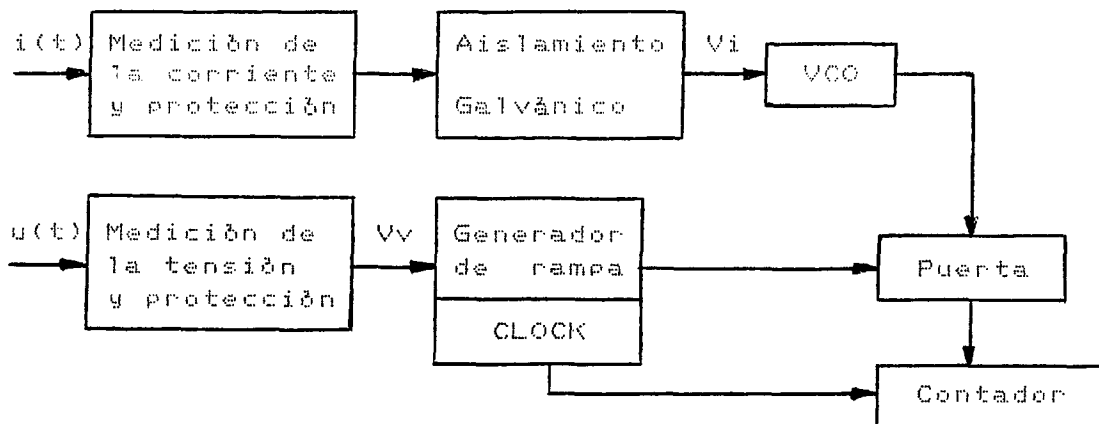
$$V_1 = X(V)$$

$$V_2 = X(I) \quad \text{luego} \quad V_0 = X.V$$

Para la medida de la potencia instantánea con representación digital se aplica la información correspondiente a las dos variables a un multiplicador para que cumpla la condición.

$$P(t) = V(t) \cdot I(t)$$

La siguiente figura muestra el diagrama de bloques de uno de los sistemas para hacer la medida de potencia eléctrica:



El principio básico de este medidor consiste en aplicar el valor de las variables a dos osciladores dependientes. La magnitud V pilota un generador de rampa y la magnitud I un VCO. Ambas informaciones de salida se aplican a una puerta para obtener

$$Vx = t$$

$$Vy = n$$

o lo que es lo mismo

$$t \cdot n = N$$

donde N es un número de impulsos proporcional al producto de ambas magnitudes.

El generador de rampa debe proporcionar un tiempo de subida directamente proporcional al valor de la magnitud aplicada y una coincidencia de arranque con la misma, como forma de que no dé tiempos erróneos.

El Oscilador Controlado por Voltaje VCO genera una número de impulsos proporcional al nivel de la magnitud aplicada.

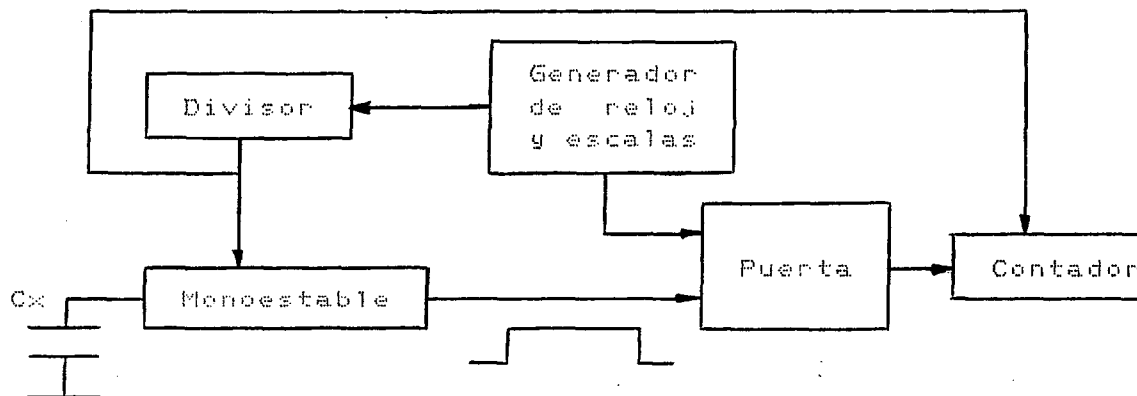
La Puerta dejará pasar un número de impulsos proporcional al tiempo de la rampa. Este número de impulsos N , debe ser numéricamente igual al producto $V \cdot I$.

1.4.6. Medida de Capacidad eléctrica.

De los distintos sistemas que se emplean para esta medida, el de más exactitud y, como consecuencia, el más

usado, está basado en el principio de conversión capacidad-tiempo y, mediante un sistema de acoplamiento, pilotar una puerta de transferencia de una frecuencia de reloj.

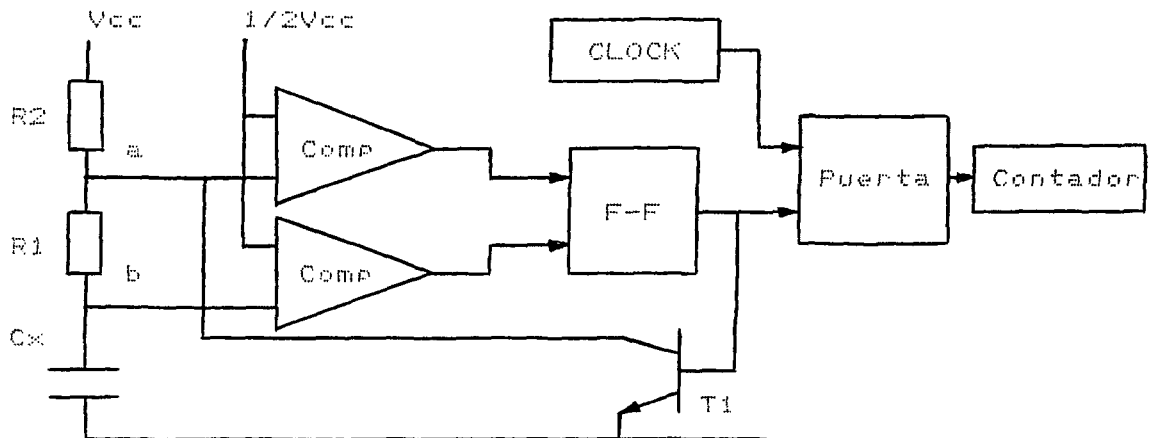
Se trata de un circuito muy sencillo: un multivibrador monoestable se activa mediante un impulso. El multivibrador tiene un retardo de retorno a la posición inicial que depende de los valores de una resistencia y de un condensador de temporización. Cuanto más elevados son dichos valores, tanto mayor es el retardo de la vuelta a la posición de reposo del multivibrador.



Por tanto, si a un monoestable se conecta un condensador C_x de capacidad desconocida, junto con las resistencias fijas montadas de manera que correspondan a los diferentes alcances de medida, se obtendrá un tiempo más o menos largo de retorno al estado de reposo del multivibrador que dependerá del valor de C_x . Estos tiempos variables se utilizan para abrir una puerta, a través de la cual pasan los impulsos de frecuencia constante generados por un circuito de reloj controlado por cuarzo. Según el valor del condensador C_x

y del periodo del monoestable, el número de impulsos que entran al contador será más o menos elevado y, de este número, es posible deducir el valor de la capacidad incógnita.

Otro medidor de capacidad basado también en la conversión capacidad-tiempo es el siguiente:



El principio de medida en el que se basa es en el periodo de descarga del condensador.

En $t=0$, el condensador a medir, C_x , comienza la carga a través de R_1 y R_2 , con un tiempo $t=R.C$ para el 63% del tiempo. Hasta que el condensador alcance el 36% del tiempo total, la información en t es 0 y la correspondiente a "a" estará determinada por el divisor R_1/R_2 , siendo $1/2 V_{cc}$.

En estas condiciones el comparador A entrega una tensión al F/F que lo mantiene con salida 0 y, como consecuencia, la puerta estará cerrada.

Cuando el condensador ha alcanzado el nivel $1/2V_{cc}$, el comparador A deja de actuar; y el B iguala sus dos niveles de entrada y produce un impulso que hace que el F/F conmute

su salida a "1".

En estas condiciones la puerta transfiere la frecuencia del reloj al medidor digital y el transistor T1 conduce y comienza la descarga del condensador Cx a través de R1 su propia resistencia interna.

Cuando el nivel de tensión en Cx es inferior a 1/2 Vcc se repite el ciclo.

Por tanto, los impulso transferidos por la puerta y, como consecuencia, la frecuencia leída en el sistema digital es proporcional al tiempo de descarga del condensador, obteniendo una variable dependiente de Q, o sea, de la capacidad.

Los valores de R1 . R2 y de la frecuencia de reloj se deben hacer coincidir numéricamente con el de la medida de la capacidad.

1.4.7. Medida de la inductancia.

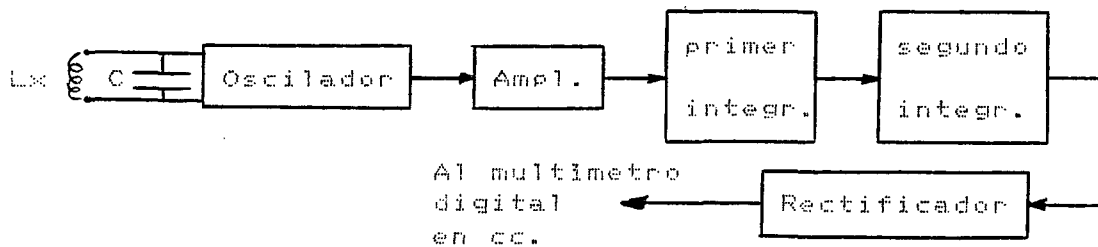
La inductancia Lx a medir se conecta en paralelo con una capacidad fija (C), con la que forma un circuito oscilante cuya frecuencia de resonancia viene dada por la siguiente fórmula:

$$F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_x \cdot C}}$$

la cual, despejando L_x , puede escribirse de esta forma:

$$L_x = \frac{1}{4 \pi^2 \cdot C \cdot F^2}$$

Como el producto $4 \pi^2 \cdot C$ es constante, puede decirse que L_x es proporcional a la relación $1/F^2$. Con esta relación se obtiene la inductancia en función de la frecuencia de la etapa osciladora. La señal obtenida de esta última se aplica a dos circuitos integradores conectados en serie, los cuales constituyen un filtro paso-bajo con una pendiente de 12 dB/octava. Esto significa que duplicando la frecuencia aplicada al circuito, la tensión alterna de salida del segundo integrador se reduce a una cuarta parte del valor original. De ello se deduce que esta última tensión es proporcional a la relación $1/F^2$, por lo que resulta también directamente proporcional a la inductancia L_x que se mide. Por tanto, visualizando este valor con un multímetro digital puede leerse directamente el valor de L_x .



1.4.8. Medida de la temperatura.

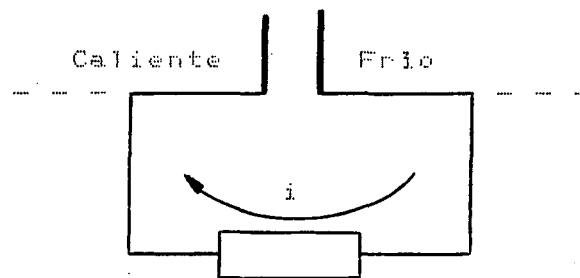
La medida digital de la temperatura consiste

esencialmente en un transductor energía calorífica-tensión y un medidor de magnitud eléctrica, conforme a los descritos.

De los diversos transductores que se utilizan, de acuerdo con la gama de temperatura a medir, los más usuales son los termopares, los termistores y los diodos semiconductores.

Termopares

El termopar consiste en la unión de dos metales diferentes, que producen una d.d.p. cuando se calienta esa unión. Los incrementos de la d.d.p. son prácticamente lineales con los de la temperatura.



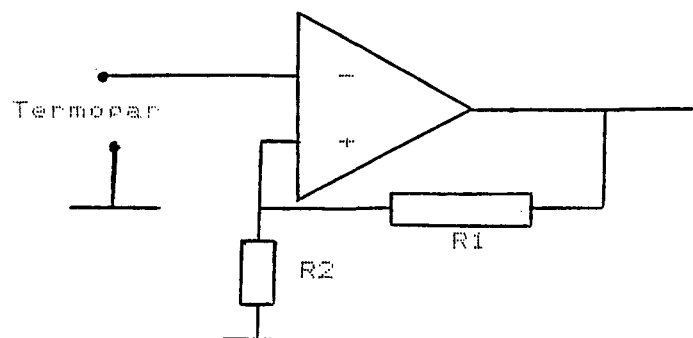
Constitución del termopar

Según Seebeck, la d.d.p. entre extremos del termopar para $I_0=0$ está dada por la siguiente ecuación:

$$E = \int_{T_f}^{T_c} \alpha_{AB}(t) dt$$

El coeficiente $\alpha(AB)$ depende de los metales que formen el termopar y del margen de temperatura a que se someta.

Finalmente, la salida del captor termopar se amplifica con un amplificador operacional y aplica al medidor digital.



$$V_o = V_{in} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

y por tanto:

$$A_v = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

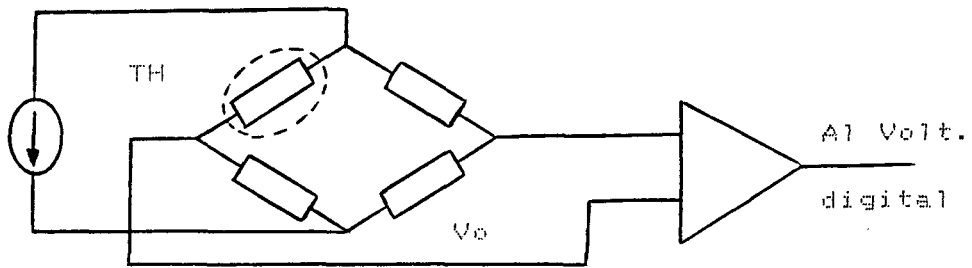
La G del amplificador se adaptará para que el medidor siga el valor numérico de la magnitud calorífica captada por el termopar.

Termistores

Los elementos NTC y PTC, como todos los conductores eléctricos, varían con la temperatura.

El valor de la resistencia varía en forma exponencial, por lo que hay que recurrir a aleaciones de ambas para conseguir una aproximación de la linealidad.

Una forma de conectarlas como captor es en un puente resistivo como se indica en la siguiente figura.



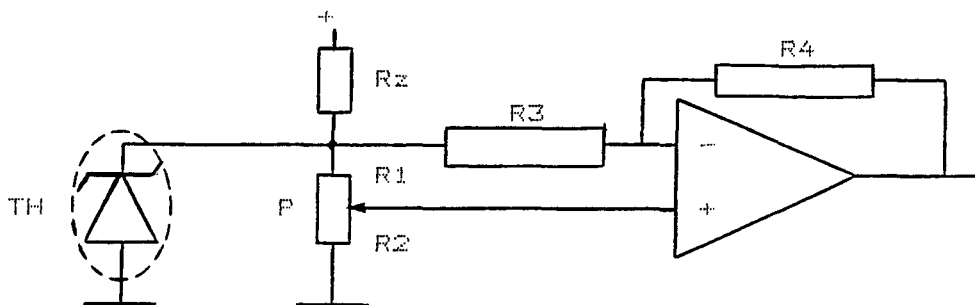
Semiconductores

Siguiendo el mismo principio de la variación de portadores en los elementos conductores con la temperatura, por los transductores con diodos semiconductores se hace circular una corriente y se los somete a la medida.

Ciertos diodos, contruidos expresamente para la medida de temperatura, como por ejemplo los LM (LM-135, LM-235, LM-335) de la firma National, consiguen una amplia gama de valores de medida.

El funcionamiento es como un diodo zener, con una tensión de ruptura directamente proporcional a la temperatura absoluta a $10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$.

Estos incrementos de su tensión de referencia son amplificados y aplicados al medidor digital.



2. CONTADORES DE FRECUENCIA Y TIEMPO.

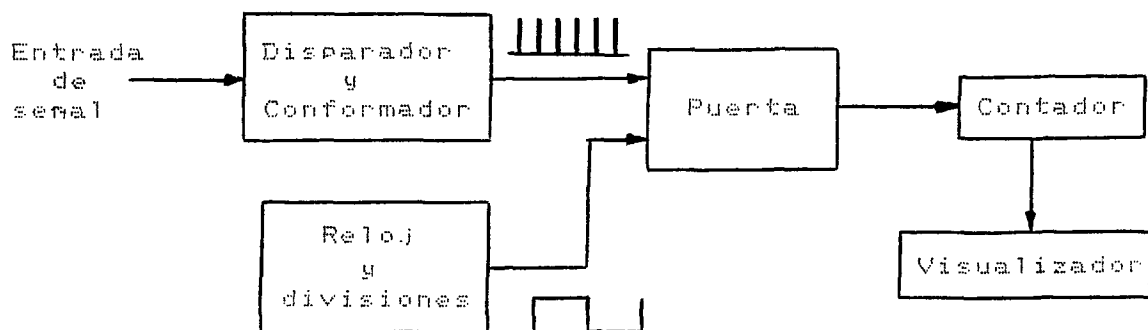
Además de la frecuencia, la mayoría de los frecuencímetros actuales pueden medir periodo, la relación de frecuencia entre dos señales y el tiempo transcurrido entre dos acontecimientos. Algunos frecuencímetros pueden medir el número de impulsos que hay en un periodo de tiempo definido por el usuario o por el sistema bajo prueba. Como se verá más adelante, los circuitos utilizados para todas estas mediciones son muy similares.

2.1. Frecuencia.

La frecuencia se define como el número de sucesos por unidad de tiempo.

La medición de frecuencia consiste en que la señal cuya frecuencia se quiere medir se aplica a una puerta al mismo tiempo que una señal de reloj de frecuencia conocida. El medidor de frecuencia debe contar durante un tiempo t , ponerse a cero e iniciar una nueva cuenta.

En la siguiente figura puede verse el diagrama de bloques simplificado de un frecuencímetro.

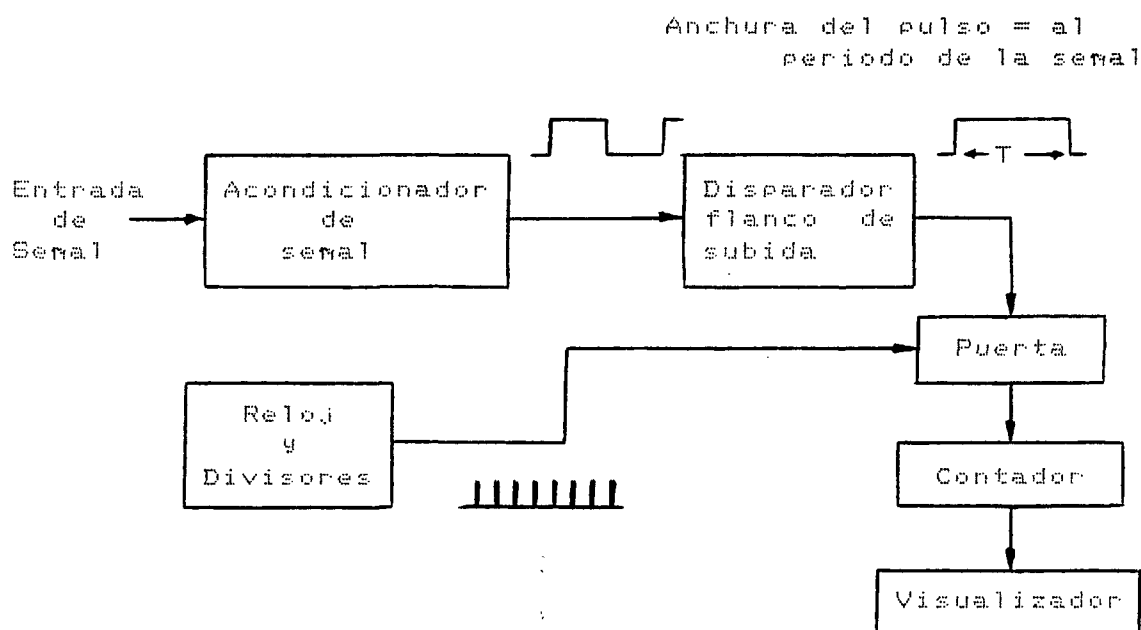


En primer lugar se acondiciona la señal de entrada para que pueda ser manejada por los circuitos de proceso digital. Este circuito de entrada se tratará más detalladamente y, de momento, se describirán las principales funciones.

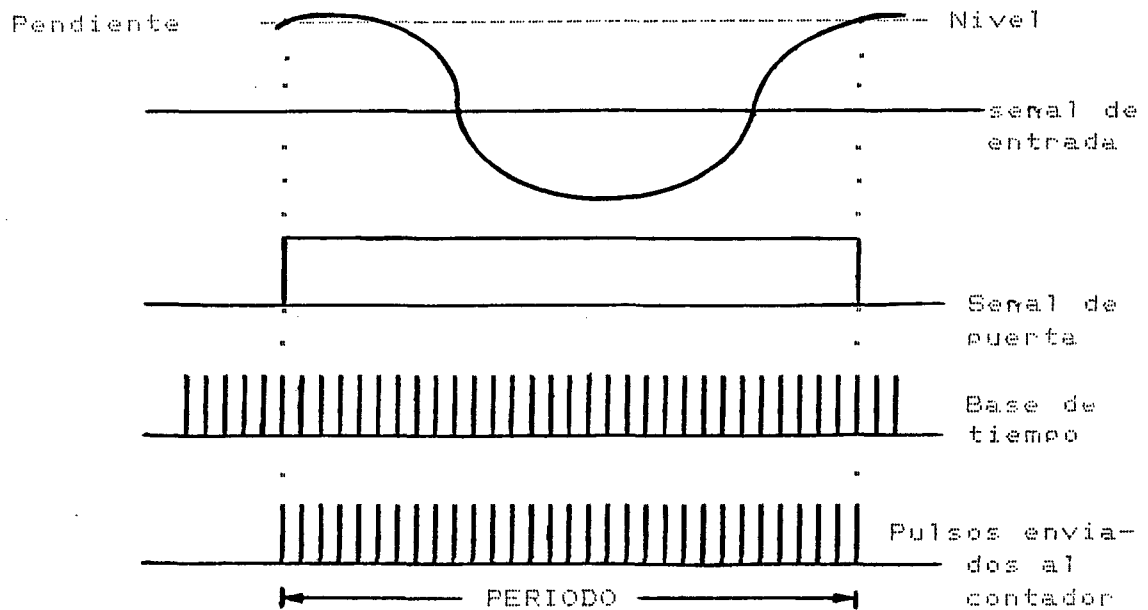
El reloj u oscilador de base de tiempos suele ser un oscilador a cristal muy preciso. El divisor de la base de tiempo escala la salida de dicho oscilador y proporciona un tren de impulsos cuya frecuencia puede seleccionarse mediante un conmutador, normalmente en saltos de un factor de diez (10, 100, 1000, etc.). La puerta principal se abre durante un periodo de tiempo determinado por el divisor de la base de tiempos. Mientras esta puerta está abierta, los impulsos se cuentan para ser posteriormente almacenados y visualizados. Por ejemplo, si en el registro de contaje (Contador) se acumulan 45.500 cuentas y el tiempo de la puerta es de un segundo, la frecuencia será entonces de 45.5 KHz. El mismo número de puntos en 0,1 segundos correspondería a 455 KHz.

2.2. Periodo.

Las medidas de periodo se realizan determinando la cantidad de tiempo que emplea una señal para completar su ciclo de oscilación. Este es el proceso inverso de la medida de frecuencia.



Tal y como puede verse en la figura anterior, el registro de contaje cuenta los impulsos del oscilador de base de tiempos y la señal de entrada permite que aquél cuente a través del flip-flop de la puerta principal. El número de impulsos contados es directamente proporcional al periodo de la señal de entrada.



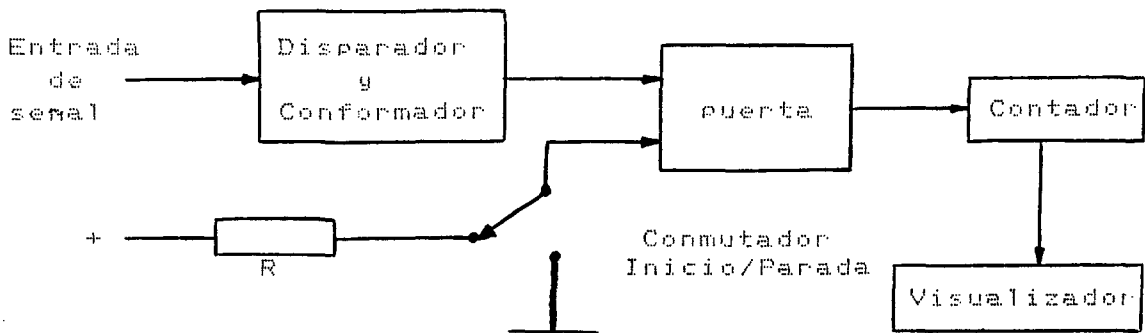
Oscilograma de señales.

La frecuencia del reloj y el número de mediciones afectan la resolución y la precisión con que es medida una señal de entrada. Una elevada frecuencia de reloj proporciona una mayor resolución. Por ejemplo con un reloj de 1 MHz, pueden contarse un millón de impulsos en un segundo, pero con un reloj de 10 MHz es posible contar diez veces más impulsos en el mismo tiempo. Con señales de muy baja frecuencia, a menudo es más preciso medir varios ciclos completos y después visualizar el valor medio de dichas mediciones.

2.3. Contaje de impulsos.

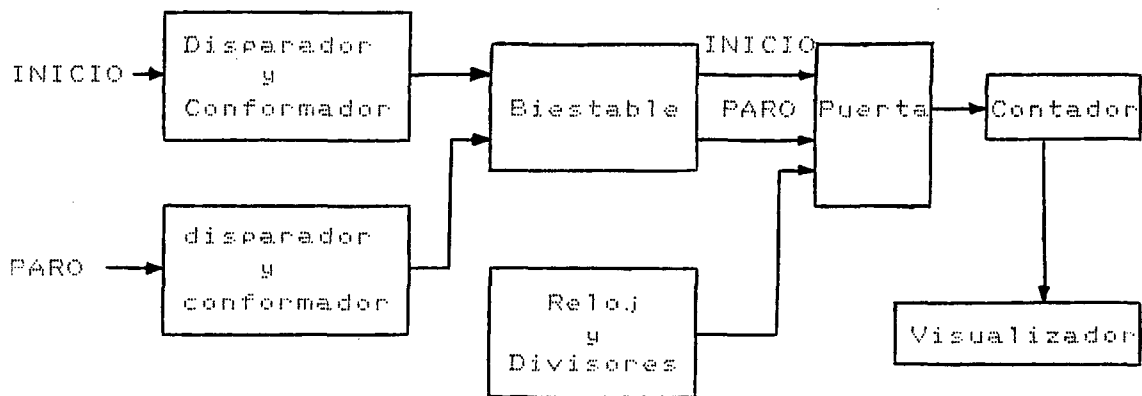
El contaje de impulsos es similar a la medición de frecuencia, excepto que una señal externa, como la de un

interrupcion de tecla unipolar determina el intervalo de tiempo en que la puerta puede aceptar impulsos de entrada. La disposici6n b6sica puede verse en la siguiente figura:



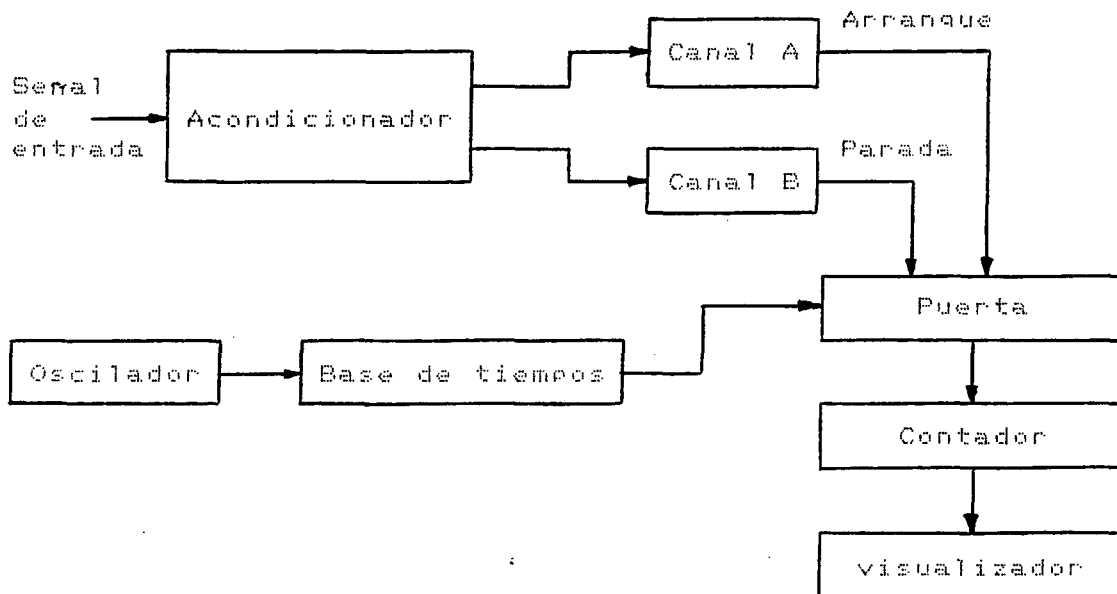
2.4. Intervalo de tiempo.

El intervalo de tiempo se mide empleando dos se~ales de control: INICIO y PARO, para controlar la puerta principal, tal y como se ilustra en la figura:

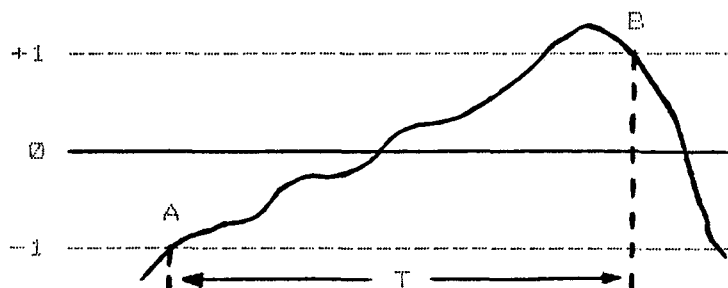


En este caso, el registro de contaje cuenta los impulsos del oscilador de la base de tiempos. El contaje empieza a partir de la recepci6n de un impulso INICIO, y cesa al recibir un impulso PARO.

Para el caso en que se quiera medir el intervalo de tiempo en una misma señal definida por su pendiente y tensión el punto de arranque y el de parada, el diagrama de bloques sería el siguiente:



Si, por ejemplo, tenemos una señal de la que queremos medir el intervalo de tiempo entre cuando tiene un nivel de -1 voltio con pendiente positiva y cuando tiene un nivel de +1 voltio con pendiente negativa.



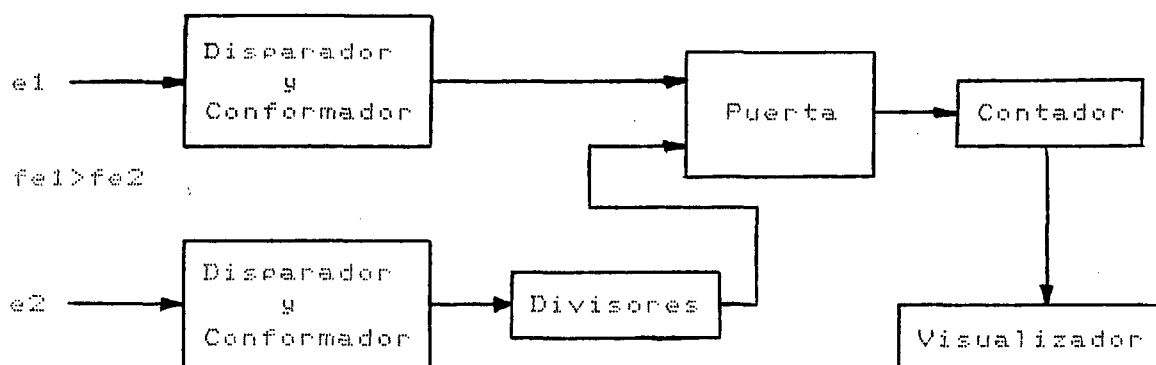
Nivel de A: arranque Pendiente positiva, nivel=-1 Volt
 Nivel de b: parada Pendiente negativa, nivel=+1 Volt

Se quiere medir el intervalo entre A y B. Al detectar el punto A (con pendiente positiva y un voltaje determinado) se genera un pulso abriendo la puerta. Análogamente, al detectarse el punto B con la pendiente y el nivel correspondiente, se genera otro pulso que cierra la puerta.

En ese intervalo, pasarán a través de la puerta los impulsos, procedentes de la base de tiempos, a las unidades de cuenta y de ellas a la unidad de presentación.

2.5. Relación de frecuencia.

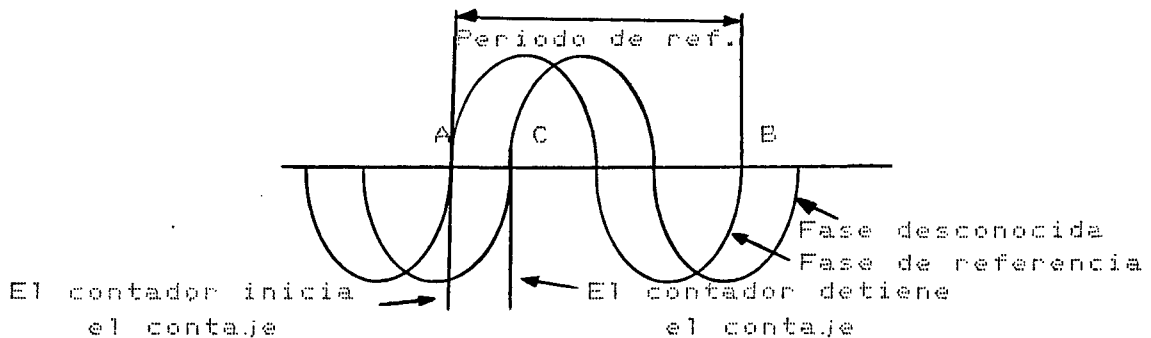
La relación de frecuencia puede medirse como se indica en la figura:



Esta medida se realiza desconectando el oscilador de base de tiempos del circuito de la puerta. entonces, la frecuencia más baja controla la puerta, y la señal de frecuencia más alta es contada por el registro de contaje. la precisión puede mejorarse empleando la técnica de ponderación que se describe más adelante.

2.6. medición de la fase.

Un frecuencímetro puede utilizarse para medir la diferencia de fase entre dos señales de la misma frecuencia. en realidad, lo que se hace es una medición especial del periodo y después se calcula la fase a partir de este dato.



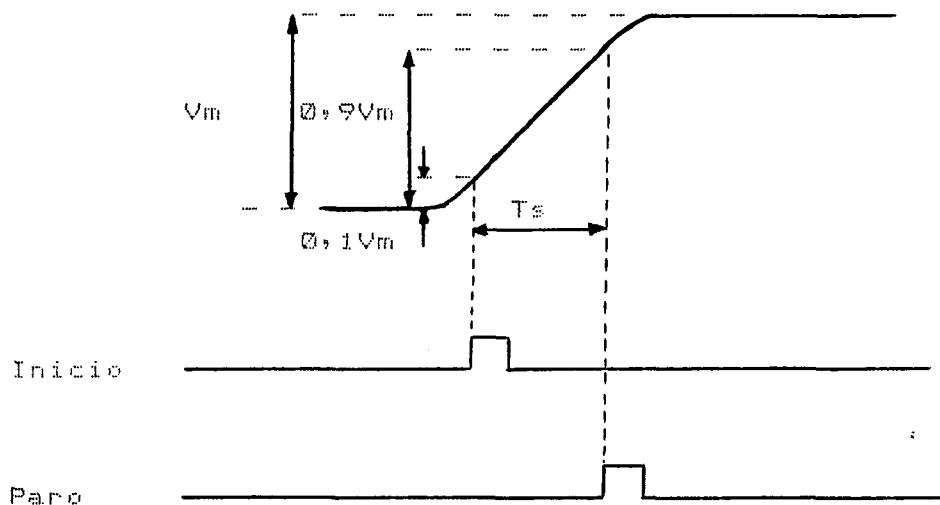
En la figura puede verse los valores T y $T\phi$; T es el periodo de una cualquiera de las señales, y $T\phi$ es el tiempo diferencia entre dos pasos por cero sucesivos de cada señal. El periodo T puede medirse de la manera convencional. Para medir $T\phi$, el frecuencímetro debe fijarse en el modo de intervalo de tiempo paro/inicio. Los disparos de estas dos señales deben estar acoplados en c.a. Las señales de entrada deberán tener la mayor amplitud posible.

Una vez conocidos los valores T y de $T\phi$, la diferencia de fase ϕ entre las dos señales puede calcularse mediante esta expresión:

$$\phi(\text{grados}) = (T\phi / T) \cdot 360$$

Como puede verse en la siguiente figura, es posible

emplear un frecuencímetro (también en el modo periodo) para medir el tiempo de subida de una onda cuadrada o de otra señal digital. Para ello basta con situar los mandos de nivel de disparo del inicio y del paro de manera que, respectivamente, respondan al 10% y al 90% del valor máximo V_m de la señal de entrada.



2.7. Acondicionador de entrada.

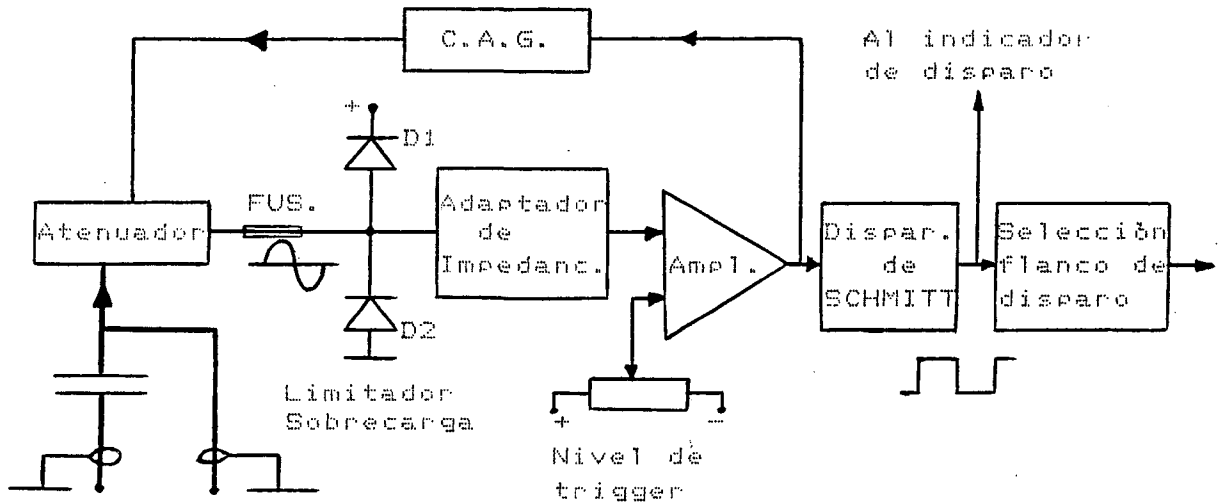
El circuito de acondicionamiento de la señal de entrada sirve para producir una salida digital limpia que pueda aplicarse de manera fiable al circuito de contaje que sigue, y de la misma frecuencia que la señal de entrada.

Las características que debe tener el acondicionador de entrada son las siguientes:

- Sensibilidad;
- Ancho amrgen;
- Protección contra sobrecargas;

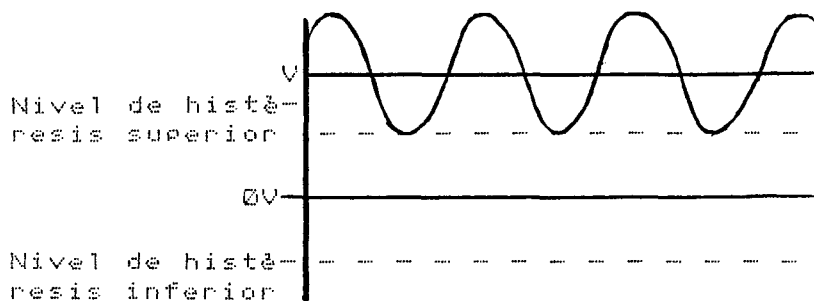
- Bajo ruido;
- Atenuador y control automático de ganancias;
- Impedancia de entrada alta;
- Preciso y variable en el flanco de disparo;
- Supresión de oscilaciones;

En la siguiente figura se muestra el diagrama de bloques de un circuito acondicionador de señal de entrada ("Disparador y conformador"):



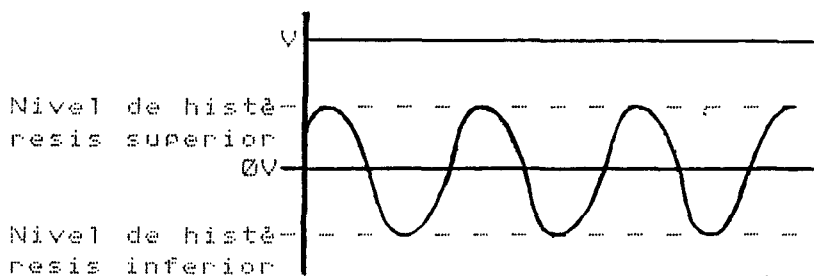
Acoplamiento de entrada.

En primer lugar puede observarse la existencia de dos entradas para el acoplamiento en c.a. o en c.c.. Como puede verse en la figura, una señal de c.a. con una componente de c.c. puede desplazar el nivel de la señal fuera del margen de histéresis útil.



Acoplamiento de C.C.

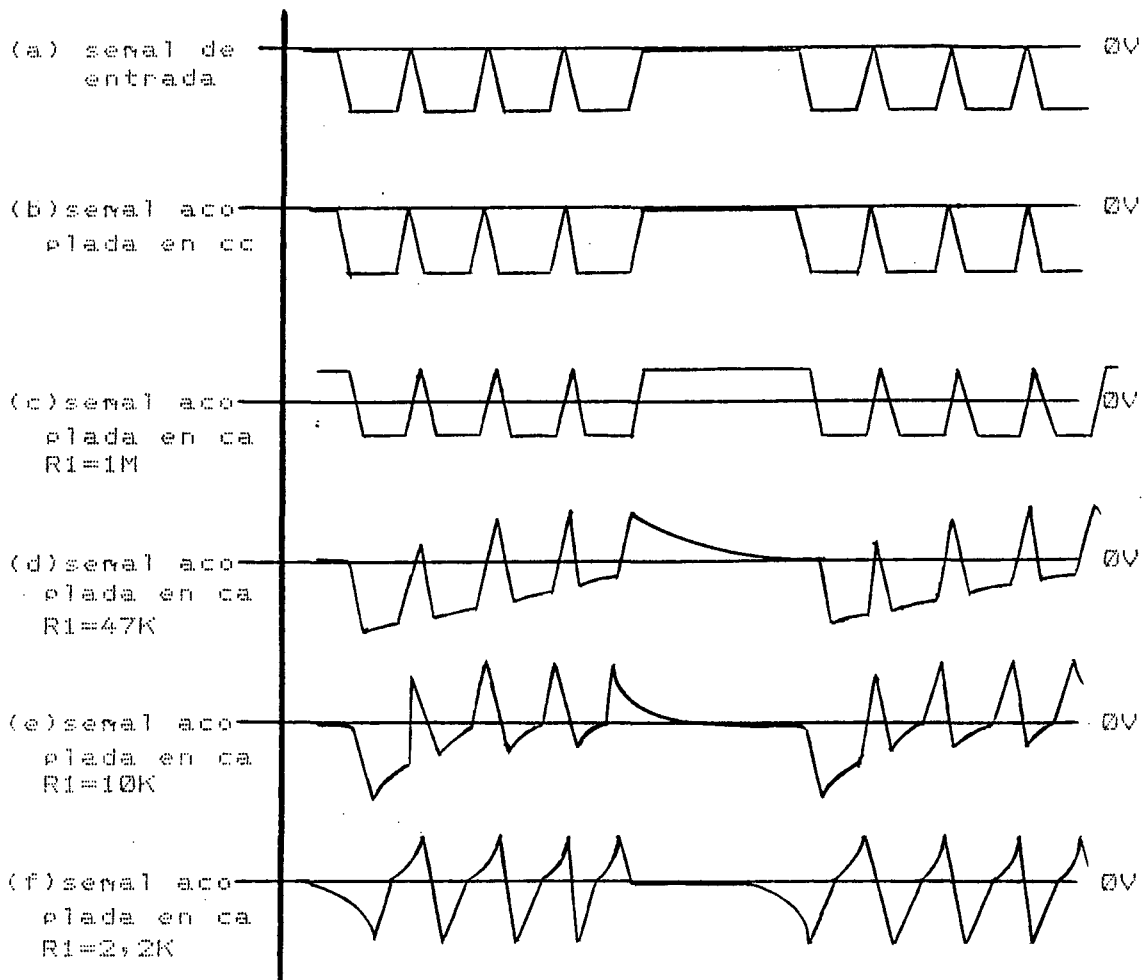
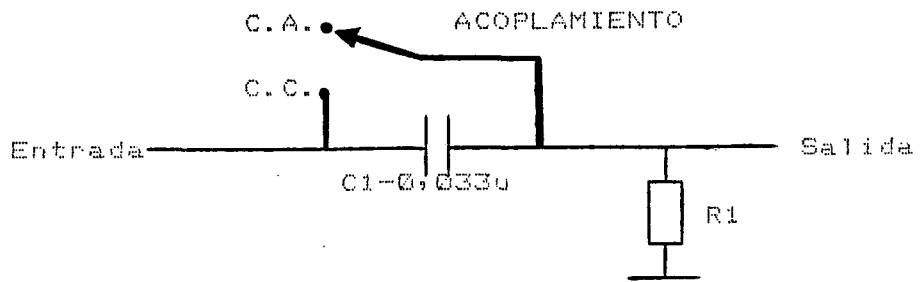
Acoplando la señal de entrada a través de un condensador, la c.c. queda bloqueada, y la señal queda al nivel correcto.



Acoplamiento de C.A.

El acoplamiento en c.a. no resulta útil si la relación cíclica (la relación entre el tiempo que hay señal y el periodo de la misma) es pequeña, puesto que la constante de tiempo del circuito de entrada puede ser mayor que el impulso de entrada. Por la misma razón el acoplamiento en c.a. no debe emplearse con señales de relación cíclica variable.

En la siguiente figura se muestra el efecto de un circuito RC sobre impulsos estrechos.



En el trazo c (con $R1=1M$) el nivel de tensión de la señal está desplazado, pero esta mantiene su forma original. Al disminuir el valor de $R1$, la señal queda cada vez más

distorsionada, hasta que, en el trazo f ($R_1=2,2K$), el circuito se convierte en una red diferenciadora, con lo que se producirá un contaje erróneo.

Atenuador.

Después del acoplamiento de entrada puede verse un **atenuador** para reducir la amplitud de la señal de entrada si es excesiva.

El atenuador es un circuito RC divisor de tensión que proporciona típicamente una división seleccionable por conmutador por 1,10 ó 100. Habitualmente también se emplean atenuadores variables.

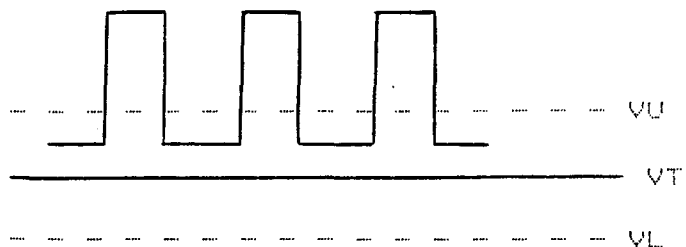
Limitador de sobrecarga.

El atenuador va seguido de un **circuito limitador** que asegura que las entradas de gran sensibilidad del amplificador no se saturen. Esto podría suceder fácilmente con una señal de entrada de elevada frecuencia y procedente de un circuito de baja impedancia, como un impulso parásito de conmutación de una puerta.

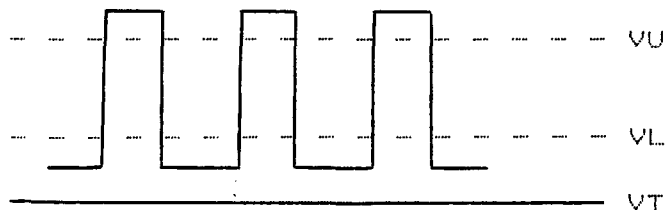
Nivel de disparo.

El **nivel de disparo** se refiere a la tensión con que se dispara el frecuencímetro, o sea aquel que proporciona un impulso al circuito de contaje. Si el nivel de disparo está fijado demasiado alto, como puede verse en la siguiente

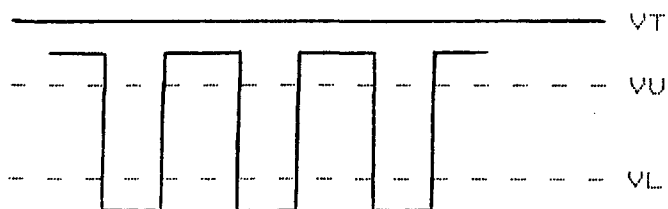
figura, la señal de entrada nunca quedará por debajo del nivel inferior de histéresis VL, por lo que no se contarán los impulsos.



Disminuyendo el umbral de disparo, la señal de entrada pasa por todo el margen de histéresis, por lo que cada impulso de entrada será contado.



Como puede verse en la siguiente figura el nivel de disparo también debe ajustarse correctamente para tensiones de entrada negativas.



El adaptador de impedancias y el Amplificador.

Al circuito limitador le sigue un circuito **adaptador de impedancias** que va seguido de un **amplificador** de banda ancha.

La entrada del amplificador suele ser de alta impedancia (1M), pero algunos frecuencímetros permiten elegir entre alta impedancia (1M) y baja impedancia (50 Ohmios). A menudo es posible disponer de una sensibilidad de 20 a 25 mV con una entrada de 50 Ohmios. También es posible una entrada de 1 mV, pero el ruido puede producir falsos disparos y un conteo erróneo.

El Control Automático de Ganancia (C.A.G.).

El circuito de control automático de ganancia (C.A.G.) adicional proporciona una realimentación del amplificador de entrada. Esto permite regular la sensibilidad del amplificador para adecuar las entradas de distintas magnitudes. Existe una solución de compromiso entre la respuesta del C.A.G. y la mínima frecuencia de la señal que puede contarse, que suele ser de 50 Hz con circuitos de C.A.G. convencionales. Además, los circuitos de C.A.G. usuales adolecen de una cierta falta de capacidad para responder a señales de AM (moduladas en amplitud). La razón de esto es que el circuito de C.A.G. tiende a responder a los niveles de tensión de pico e ignora los valles, lo cual produce conteos erróneos.

El circuito de disparo y el Flanco de disparo.

Al amplificador le sigue el **disparador de Schmitt** (el circuito de disparo), el cual acondiciona cualquier señal con un tiempo de subida lento, un tiempo de bajado lento o ambos a la vez para proporcionar una salida más rectangular con tiempos de subida y de bajada más cortos.

Después se encuentra con un **selector de disparo- pendiente** (flanco de disparo).

La diferencia entre el "circuito de disparo" y el "flanco de disparo" es que este último, nos retrasa (si se quiere) la bajada del pulso, evitando de esta forma posibles transitorios.

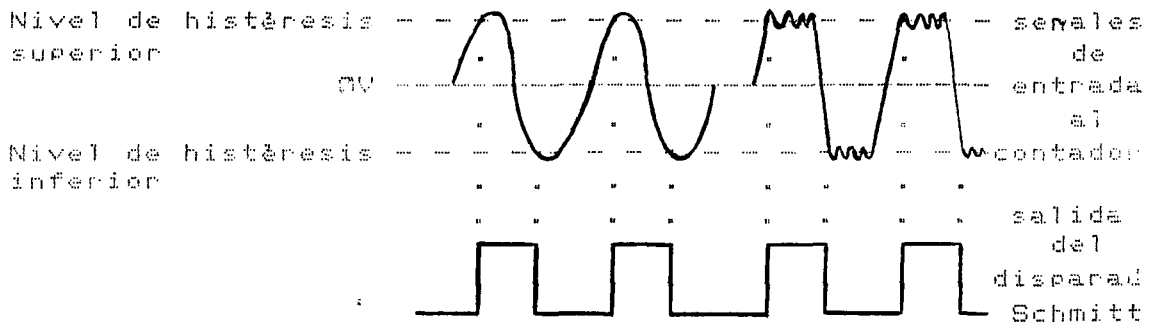
Finalmente, la señal de entrada ya acondicionada adecuadamente, se aplica a los circuitos digitales de conteo y visualización.

Teniendo en cuenta estos componentes de la entrada, es interesante comentar ahora la clase de señal de entrada que se requiere.

La sensibilidad puede definirse como la señal de entrada de menor magnitud que puede contarse con seguridad. Suele especificarse en términos de valores eficaces de una entrada de onda senoidal. En general, los impulsos deben tener una amplitud superior a dos veces el valor eficaz de la tensión de disparo especificada.

A primera vista puede tenerse la impresión de que un frecuencímetro más sensible es mejor. Sin embargo, los

frecuencímetros suelen tener amplificadores de entrada de banda ancha por lo que una sensibilidad elevada puede producir falsos disparos. Por esta razón se emplea un disparador de Schmitt. Como puede verse en la figura, la sensibilidad entre picos, o histéresis, del frecuencímetro impide que el ruido superpuesto a la señal de entrada dispare el circuito de contaje.



2.6. Errores en los frecuencímetros.

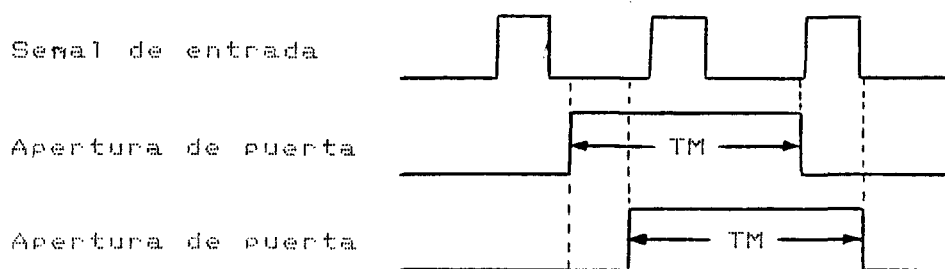
Las principales causas de error en un frecuencímetro pueden clasificarse en cuatro categorías:

- El error de contaje (± 1 cuenta)
- El error de disparo
- El error sistemático
- El error de base de tiempos

Los efectos de esos errores sobre varios tipos de mediciones se han resumido en la siguiente tabla:

Fuentes de errores	Medición de frecuencia	Medición de periodo	Medición de interv.tiem	Notas
+1 Contaje	SI	SI	SI	Error aleatorio
+ Base de tiempos	SI	SI	SI	
+ Disparo	NO	SI	SI	Error aleatorio
+ Sistemático	NO	NO	SI	

Quando un frecuencímetro efectúa una medición, siempre hay una **ambigüedad de +1 contaje** en el LSD (dígito menos significativo). al igual que en los convertidores A/D, error se denomina "de cuantificación". Como puede verse en la siguiente figura, según el momento preciso, la puerta principal se abre y permite que la señal de entrada pase por los circuitos de contaje, pero puede perderse un impulso.



En el trazo del centro, la puerta se abre durante el

tiempo T_M y sólo pasa un impulso. En el trazo de abajo, la puerta se abre durante el mismo periodo, pero algo más tarde, por lo que pueden pasar dos impulsos.

El error de disparo es producido por el ruido aleatorio que acompaña a una señal de entrada. Cuando se mide periodos, las propias señales de entrada son las que controlan la apertura y el cierre de la puerta de entrada principal. En consecuencia, el ruido puede hacer que la "ventana" de histéresis sea cruzada demasiado pronto o demasiado tarde, lo que significa que la puerta permanecerá abierta durante un periodo de tiempo incorrecto.

En los frecuencímetros típicos el circuito de entrada se optimiza para el conteo de frecuencia detectando los pasos por cero. Esto hace difícil medir tiempos de subida, retardos de propagación e impulsos de bajo periodo de repetición, debido al limitado margen de nivel que se utiliza.

Algunas veces, la ambigüedad del punto de disparo puede compensarse mediante el empleo de una "compensación de histéresis", en la que se añade una tensión de c.c. igual a la mitad de la banda de histéresis (en el caso de una señal de sentido positivo) o se resta (en el caso de una señal de sentido negativo) al nivel seleccionado, o sea a la tensión de referencia.

Los modernos frecuencímetros y contadores de elevadas prestaciones, ofrecen soluciones muy efectivas contra las ambigüedades en el nivel de disparo. Una de ellas correspondiente al contador HP 5336B, consiste en una

variación escalonada de la tensión de referencia de disparo, en respuesta a una orden del usuario. Para un flanco positivo la tensión de referencia V_{ref} disminuye en saltos de 1 mV, hasta que el dispositivo se dispara. Para una calibración de pendiente negativa, esta tensión aumenta.

Después, el sistema utiliza el valor de V_{ref} establecido para ajustarse a sí mismo, de manera que la tensión efectiva de disparo corresponda al nivel de disparo seleccionado por el usuario.

El error sistemático puede ser producido incluso por la ligera desadaptación existente entre los tiempos de subida o los retardos de propagación en los canales de inicio y de paro. Las puntas de prueba pueden producir este tipo de error.

El error de base de tiempos es la mayor fuente de errores en la mayoría de frecuencímetros. La base de tiempos suele ser un oscilador a cristal de cuarzo. Como este oscilador controla el periodo de tiempo en el que está abierta la puerta principal, su importancia para determinar la precisión no puede dejarse de lado. Básicamente, existen tres tipos de osciladores a cristal:

- 1) De temperatura ambiente (RTXO)
- 2) Compensado en temperatura (TCXO)
- 3) De termostato (controlado por horno, tanto con horno proporcional como con horno conmutado)

El oscilador del tipo 1 simplemente ignora el efecto de la temperatura; el tipo 2 trata de compensar las derivas de

temperatura empleando componentes que derivan en dirección opuesta a la del cristal. Se intenta que el efecto global sea de una deriva nula por la temperatura.

El oscilador del tipo 3 no compensa las variaciones de temperatura; sino que trata de controlar la propia temperatura. Normalmente, un horno tarda unas 24 horas, a partir de la puesta en marcha, para alcanzar una precisión de 7 partes por 10^{-9} en 20 minutos. Los frecuencíneos de gran precisión suelen mantener sus hornos en marcha constantemente, de manera independiente del estado del interruptor de paro/marcha; con lo que siempre se dispone de la máxima precisión en el momento de la puesta en marcha del instrumento.

Además de la temperatura, en un oscilador a cristal hay otras tres fuentes de error adicionales: las variaciones de tensión de la red, la velocidad de envejecimiento o estabilidad a largo plazo y la estabilidad a corto plazo.

El efecto de la variación de la tensión de la red sobre la frecuencia del oscilador a cristal suele especificarse en términos del 10% de variación de tensión. Los efectos de las variaciones de la tensión de la red pueden minimizarse mediante un cuidadoso diseño de la fuente de alimentación.

Las propiedades físicas de los cristales varían gradualmente con el tiempo. Estas variaciones dan como resultado una deriva de frecuencia acumulativa llamada **envejecimiento**. Este acostumbra a especificarse en términos de variación de frecuencia por mes; puesto que un factor como la

temperatura podría enmascarar el pequeño aumento de envejecimiento que se produciría en un periodo de tiempo tan corto.

La estabilidad a corto plazo, también denominada estabilidad en función del tiempo o desviación fraccional de frecuencia, es el resultado del ruido (fluctuaciones de frecuencia y de fase) generado en el propio cristal.

2.9. Métodos de extensión de frecuencias.

Los contadores vistos anteriormente, tienen ciertas limitaciones en cuanto a las máximas frecuencias admisibles, condicionadas por las respuestas en frecuencia de las diversas unidades. En consecuencia cuando se desea ampliar el margen de medida a frecuencias muy elevadas, es preciso recurrir al uso de técnicas especiales.

Estas técnicas se pueden reducir a las siguientes:

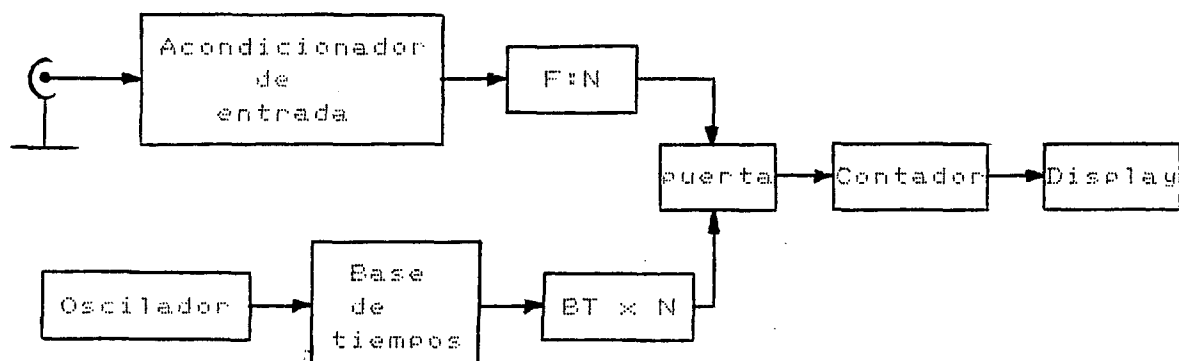
- a) División (Prescaling);
- b) Heterodinación (manual y automático);
- c) Oscilador de transferencia por cómputo manual;
- d) Oscilador de transferencia por cómputo automático;

- a) División (Prescaling):

Se emplea para frecuencias de hasta 500 MHz. La frecuencia a medir se divide por un número adecuado a fin de

producir una frecuencia que entre dentro del margen de medida del contador. Simultáneamente, el tiempo de cuenta se multiplica por el mismo número, de forma que se obtenga una representación directa sin modificar la escala.

El esquema simplificado es el siguiente:



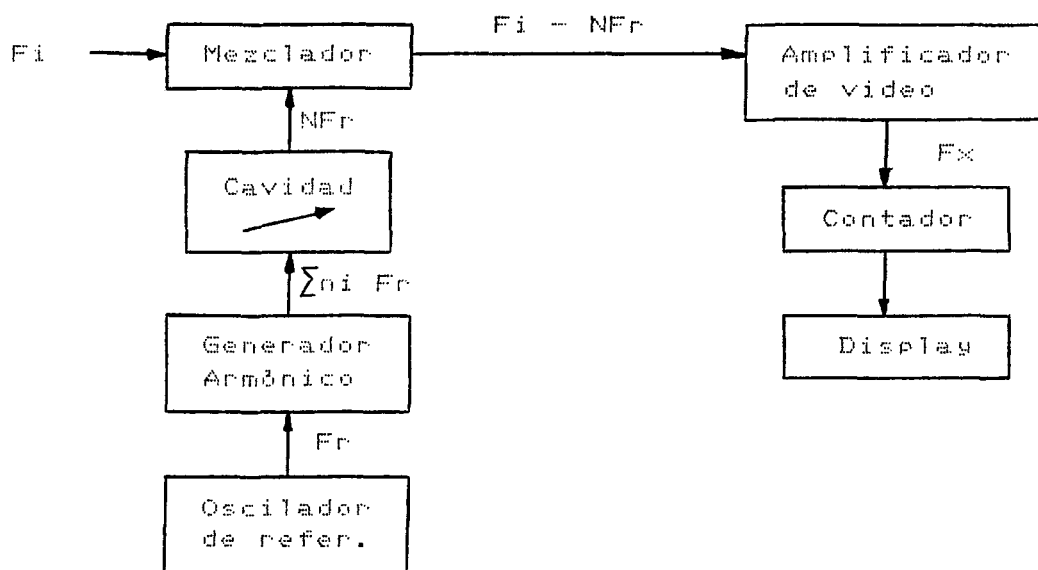
-b) Heterodinación:

Este sistema se emplea para un margen de frecuencia comprendido entre 50 y 512 MHz. Para ello se efectúa una mezcla (batido) de señal entre la señal de entrada F_x y un armónico del oscilador de referencia, seleccionándose la frecuencia que ha de estar comprendida dentro del margen de medida del contador.

A) Contador Heterodino manual:

La frecuencia F_i desconocida se mezcla con el armónico N de una frecuencia conocida, de forma que el producto de la mezcla $F_i - N F_r$ está dentro del margen de medida del contador.

Su diagrama de bloques es el siguiente:



La frecuencia de referencia F_r se genera, normalmente, multiplicando hasta el máximo permisible la frecuencia generada por un oscilador a cristal de cuarzo. Dicha señal se inyecta a un generador de armónicos que producirá, además del fundamental, numerosos armónicos de la señal de referencia F_r .

Con la cavidad resonante, que actúa como un filtro muy selectivo, se va seleccionando un único armónico de la señal de referencia F_r . Existirá un armónico NF_r tal que $F_i - NF_r$ sea una frecuencia comprendida dentro de la banda de paso del amplificador de video y, por tanto, será realizada la lectura de la frecuencia diferencia $F_i - NF_r$.

El ajuste de la cavidad resonante es manual y permite conocer el valor del armónico seleccionado NF_r .

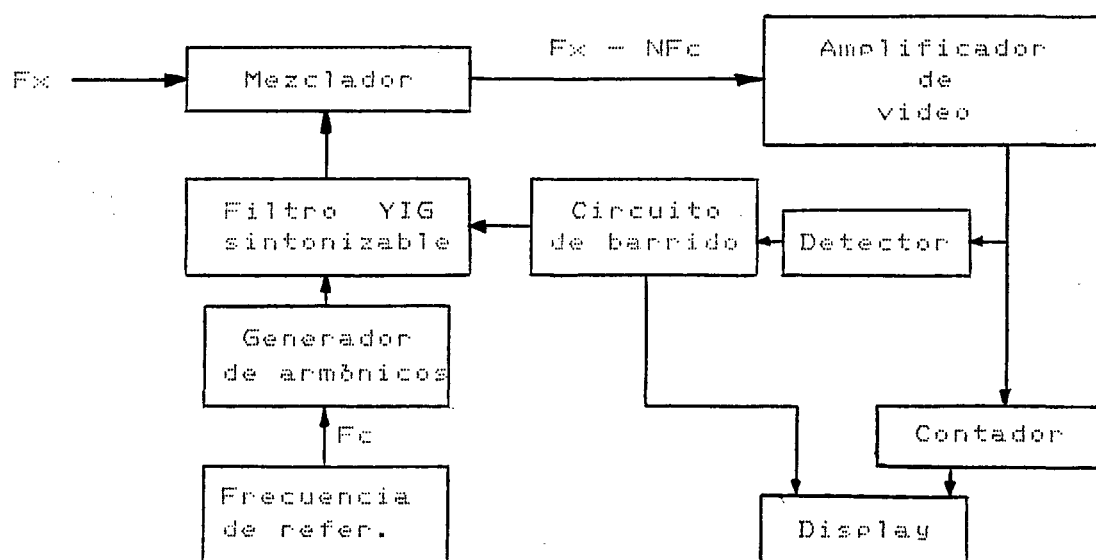
Anotando el valor de la lectura digital y el posicionado de la cavidad resonante, se puede calcular la

frecuencia incognita F_x .

B) Heterodino automático:

La técnica de conversión heterodina, puede ser automatizada mediante un barrido secuencial de un filtro YIG electrónicamente controlado a fin de seleccionar el armónico adecuado para la mezcla.

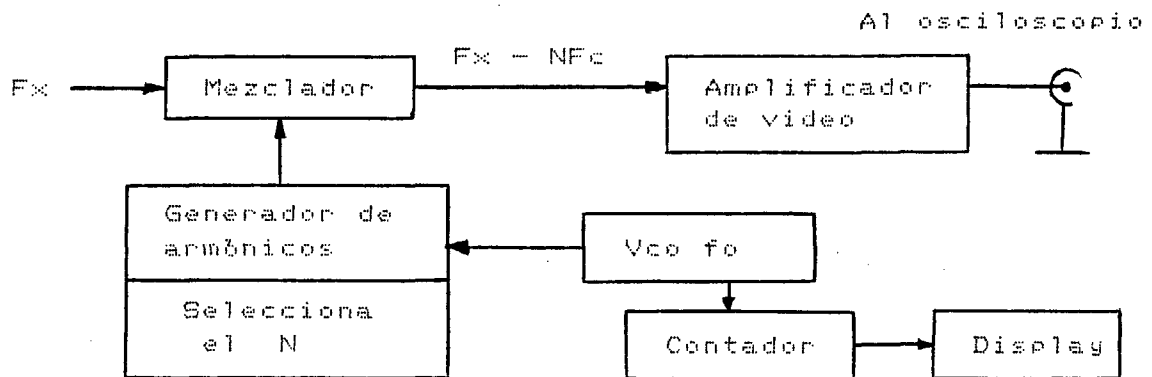
El barrido del filtro se inicia cuando se detecta la presencia de la señal incognita F_x . En consecuencia, y a medida que continúe el barrido de sintonía del filtro, se van seleccionando armónicos superiores del oscilador de referencia F_c . Se alcanzará un armónico $N F_c$, tal que su batido con F_x de una frecuencia $F_x - N F_c$ comprendida dentro del margen de lectura directa del contador. En este momento se interrumpe el barrido quedando el filtro en la posición del armónico $N F_c$. La detención del barrido la produce el detector al comprobar que hay salida en el amplificador de video.



La frecuencia de lectura directa puede combinarse electrónicamente con la indicación del barrido a fin de presentar una lectura directa y completa de la frecuencia desconocida de la señal de entrada.

-c) Oscilador de transferencia por cómputo manual:

Esta técnica se emplea, hoy día, para medir frecuencias de hasta 40 GHz. La técnica del oscilador de transferencia es el mejor método para la medida de señales pulsantes de microondas. Con esta técnica, la frecuencia queda determinada por la medida de la frecuencia de un oscilador de baja frecuencia cuya salida está relacionada armónicamente con la frecuencia de entrada desconocida.

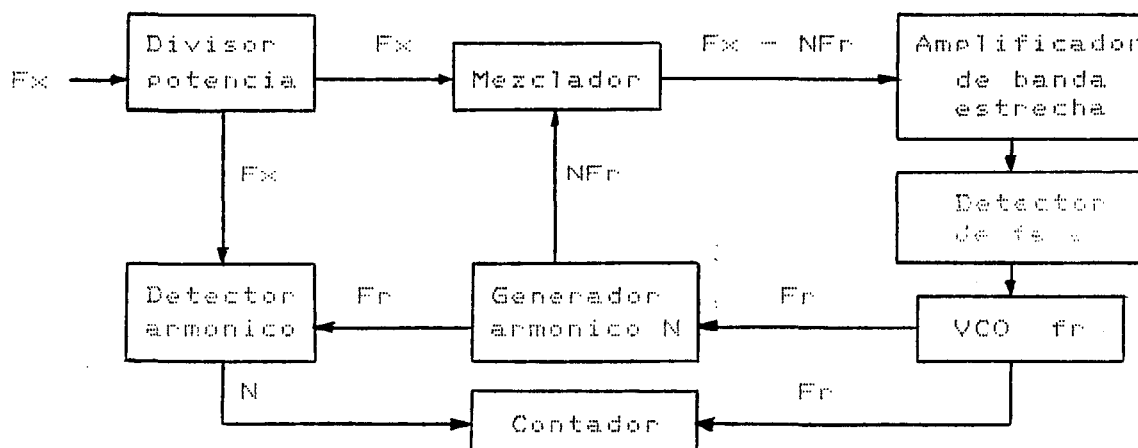


La sintonía, para el oscilador controlado por tensión es manual y con el generador de armónicos se selecciona un armónico N, prefijado, de la frecuencia del VCO. Este armónico Nfc se mezcla con la señal desconocida Fx y se lleva a un amplificador de banda estrecha (1 MHz) cuya salida se aplica a la entrada de un osciloscopio.

El osciloscopio permite visualizar la señal mezcla $F_x - NFr$. La frecuencia seleccionada F_c es medida por el contador y su valor visualizado. Como el armónico N seleccionado es conocido, se obtiene fácilmente el valor de la señal F_x buscada.

-d) Oscilador de transferencia por cómputo automático:

Este tipo de oscilador puede emplearse para medida de frecuencias comprendidas en el margen de 200 MHz a 18 GHz. Este tipo de operación es similar al anterior, excepto que el número de armónicos seleccionados se computa directamente.



La frecuencia F_r es sintonizada mediante la señal de barrido producida por el detector de fase. El armónico NFr se mezcla con F_x y la señal diferencia $F_x - NFr$ se aplica a un amplificador de banda estrecha. El barrido continúa hasta que se produce el enclavamiento de frecuencia, en cuyo caso la señal diferencia está dentro de la banda de paso del amplificador de banda estrecha y esta unidad detiene al

oscilador en aquella frecuencia de enclavamiento.

Otra unidad halla el orden N del armónico por cálculo de la relación que liga a las frecuencias F_x y F_r .

La salida de esta unidad sirve para modificar la base de tiempos del contador directo de modo que cuando este mide la frecuencia F_r , de en realidad la indicación de la frecuencia $F_x \cong N F_r$.

3.LAS CENTRALES DE MEDIDA

La ampliación de las capacidades industriales y las mejoras de las tecnologías electrónicas actuales han permitido pasar de las técnicas de medida discretas, elemento a elemento, a los modernos dispositivos donde en un solo equipo se pueden realizar un conjunto numeroso de mediciones, su pretratamiento y elaboración.

Ha sido el desarrollo de los microprocesadores el que ha hecho posible la aparición de equipos especializados para la adquisición y tratamiento de datos.

3.1.PARTES DE UNA CENTRAL DE MEDIDA: LOS INTERFACES DE ENTRADA/SALIDA

El elemento más definitivo en un proceso de medida lo supone el censor, que va a traducir el medio físico a señales eléctricas capaces de ser medidas por equipos electrónicos.

La necesidad de ajustes muy frecuentes, las dudas sobre la veracidad de su exactitud, convierten a los censores en el elemento débil de la cadena de medida.

Avanzando desde el exterior hacia el interior de las centrales de medida nos encontramos con los interfaces de

entrada /salida.

Una característica absolutamente universal de los equipos C.M. (Centrales de Medida) es su carácter MODULAR en lo que respecta a E/S. La explicación de este hecho viene dada por su carácter generalista. Un equipo debe ser aplicado a multitud de situaciones en las que los elementos a medir, su número y cualidad, difieren enormemente. Por esta razón se suelen presentar estos equipos con una amplia oferta de módulos de E/S que recogen todas las necesidades del mercado y que se pueden globalizar en siete grandes apartados:

- Entradas Analógicas.
- Entradas Digitales.
- Entradas Frecuenciométricas.
- Entradas Numéricas.
- Salidas analógicas.
- Salidas digitales.
- Salidas numéricas.

Las Entradas Analógicas son los elementos más imprescindibles en un proceso de medida, al entregar al equipo la información de mayor valor y la cuantificación de la marcha de la variable en observación.

Esta cuantificación supone precisar en que rango y con que precisión se puede recibir la traducción de los datos que se recogen del sensor de campo.

La existencia de convertidores Analógicos/ Digitales (CAD) de 8 bits, 10 bits, 12 bits y 16 bits permiten ofrecer una amplia gama de soluciones.

Previamente a la etapa de conversión, existe, sin embargo, una problemática en el tratamiento de las Entradas Analógicas, que la hacen muy crítica: su aislamiento y su multiplexación.

No se puede suponer un equipo en un medio industrial ruidoso y sometido a influencias muy perniciosas para la medida, y lo que es peor, que pueden afectar al funcionamiento continuado de la C.M., que no se encuentre aislado de su entorno. Esta requisitoria que permite obviar las distorsiones del llamado Modo Común y asegurar la vida del equipo son, cada día más, una condición indispensable de un equipo de medida.

Paralelamente, la necesidad de utilizar al máximo las capacidades instaladas, llevan a compartir un convertidor A/D para varios canales de entrada. Esta técnica implica la necesidad de multiplexar las señales eléctricas recogidas de los sensores, para ponerlas a disposición del convertidor en instantes distintos y repetidos en el eje temporal.

El dato de la velocidad para el conjunto multiplexación-conversión digital, es el elemento más definitorio de una entrada analógica y el que implica la decisiva elección de distintas tecnologías de la medida:

- Relés de captación.
- Conversión tensión-frecuencia.
- Aislamiento de estado sólido, etc.

Las Entradas Digitales Son el elemento más numeroso en una C.M.. Dan un conjunto de indicaciones que ayudan al

usuario a conocer cualitativamente cómo está produciéndose el proceso bajo vigilancia. Implican que fuera del equipo existen elementos de inteligencia que son capaces de diagnosticar estos estados.

La información de una Entrada Digital está también sometida a unas restricciones: su aislamiento y su filtrado.

Las entradas digitales han de ser aisladas con respecto al mundo exterior de la C.M. y hoy en día la mayor parte de los módulos que se encuentran en el mercado para C.M. se fundamentan en una separación galvánica entre sensor y medidor.

La necesidad de filtrado y validación para una entrada digital es elemento imprescindible si se quiere no cometer errores en la apreciación de las medidas. Técnicas Digitales de muestreo de la señal y filtrado digital de la misma han resuelto satisfactoriamente este problema.

Las Entradas Frecuenciométricas son menos frecuentes en una C.M. y se fundamentan en módulos capaces de recoger una secuencia de impulsos que, desde el punto de vista de la interfaz, se pueden asociar a entradas digitales, y sirven al procesador principal de la C.M. una información binaria traducida del comportamiento de la señal a observar.

Las Entradas Numéricas, presentadas como agrupamiento de entradas digitales, pretenden entregar una información cuantificada, en códigos estándar (BCD, GRAY, etc.) de un proceso que posee en su sensorización un convertidor analógico-numérico previo.

En estos interfaces es importante destacar la

existencia de un elemento de validación de la medida que asegura a la C.M. pasar del campo del conocimiento del medio a influir sobre su comportamiento. Algunos equipos más modestos se han provistos de salidas únicamente con el objeto de ayudar a seralizar la marcha del proceso: alarmas digitales, manejo de pilotos o cuadros sinópticos, son ejemplos, de la utilización de módulos de salida en algunos Controles de Medida.

Las Salidas Analógicas se encargan de traducir valores binarios entregados por el procesador a valores analógicos de tensión o corriente a través de convertidores Digitales-Analógicos de precisiones 8 o 12 bits en la mayoría de los casos.

Estos módulos de salida están sometidos a las mismas características de aislamiento y multiplexación que se citaron para las entradas analógicas.

Las Salidas Digitales y Salidas Numéricas se presentan como un mismo tipo de interfaz en el que la salida digital es una particularización para una numérica de 1 bit.

Los diferentes actuadores sobre cuyo mando se colocan las salidas digitales fijan las condiciones de los módulos más clásicos del mercado:

- Salidas en corriente continua.
- Salidas en corriente alterna.
- Salidas por contactos libres de tensión.
- Salidas por colector abierto, etc.

3.2. EL CONTROL DE LA CENTRAL DE MEDIDA. INTERFAZ CON EL ORDENADOR.

La idea de capturar un conjunto de informaciones que nos entregan los módulos de E/S, lleva implícita la existencia de un paquete de tratamientos que se pueden desarrollar sobre las señales ya adquiridas.

A continuación, se exponen los tratamientos más importantes que se pueden desarrollar en una Central de Medida:

-Conversión a unidades de ingeniería.

Los valores tomados se deben presentar al operador en las unidades de ingeniería que signifiquen parámetros físicos, temperatura, presión, humedad, etc. Esta prestación se debe poder ejecutar sobre la base de unas funciones de conversión que deben poder ser modificables por el operador.

-Cálculo de los valores medios, máximos y mínimos en intervalos de tiempo fijados por el operador.

Los datos recogidos, si no se tratan de forma previa, son un conjunto enorme de información, que no permiten al usuario de la C. M. extraer un conocimiento selectivo del comportamiento del medio bajo observación. Es, por lo tanto, de gran utilidad que se instrumenten ayudas de tipo algorítmico que, al menos, procuren al operador, valores ya tratados de las señales. Además de las ya citadas (Valor

medio, máximo y mínimo) se deben poder realizar operaciones de cálculo matemático entre variables físicas para obtener variables lógicas de valor añadido.

-Protocolos escritos en periodos seleccionables a voluntad por el operador.

El conjunto de valores, medidos directamente o calculados por la C. M., se deben poder presentar al operador de diversas formas. La primera, bajo petición individualizada o colectivamente y mediante el órgano de presentación visual de que disponga el equipo. La segunda, agrupada selectivamente y con una componente horaria a fijar por el utilizador, mediante el uso de la impresora.

El operador de la C. M. debe poder incluir o eliminar canales de medida físicos o lógicos de los protocolos existentes, que en la mayoría de los casos deben ser al menos dos.

-Posibilidades de reconfiguración de los canales existentes, sin necesidad de modificación del software básico.

La incorporación o eliminación de un canal, un módulo, debe poder ser posible en una C. M. sin más apoyo que el interfaz Hombre-máquina a disposición del operador. Utilizando el teclado y el presentador visual de la C. M. se debe poder efectuar todo el conjunto de operaciones que permitan acomodar cada vez el equipo, ante situaciones muy variables del entorno a supervisar.

Los datos recogidos por las Centrales de Medida son solicitados por distintas partes del proceso de fabricación, estudio, etc. Para poder traspasar esos datos, recibir informaciones adicionales, modificar parámetros de comportamiento, etc., una C. M. necesita estar en contacto con el mundo exterior y para ello utiliza interfaces estándar tales como conexiones serie RS232C o RS422, conexiones paralelo IEEE488, o enlaces a Bus de cada fabricante en concreto. Sin embargo, es poco frecuente encontrar protocolos de comunicaciones normalizados, siendo éste un gran handicap para la inserción de los C. M. en redes de medida y mando generalizado.

3.3.EL FUTURO DE LAS CENTRALES DE MEDIDA.

La bajada de los precios y la popularización de los ordenadores personales ha llevado al desarrollo de interfaces de entrada/salida que, conectados a ordenadores de propósito general, se presentan como centrales de medida. Esta solución, que garantiza una excelente capacidad de cálculo para las señales ya adquiridas, presenta un flanco muy débil en lo que supone captura de la información al estar muy limitados en tiempo y capacidad multitarea de este tipo de procesador.

Más seria parece la rivalidad que representan los equipos de telemedida para las C. M., al unir a la capacidad propia de éstas, las prestaciones de comunicación en redes

abiertas, elemento que como ya se dijo anteriormente es su punto débil.

En cualquier caso, unidos al desarrollo de los sensores y de la mano de los procesadores de 16 bits y las memorias de alta integración, las Centrales de Medida son una herramienta útil a un precio justo y un paso previo a la posterior automatización, antesala de los autómatas programables y equipos de robotización.

3.4. PROBLEMATICA DE LA MEDICION DE SENALES A DISTANCIA.

Las senales que entrega un transductor son débiles y, al enviarlas por medio de líneas largas de treinta metros o más, éstas se degradan considerablemente implicando la imposibilidad de medirlas con la suficientes garantías.

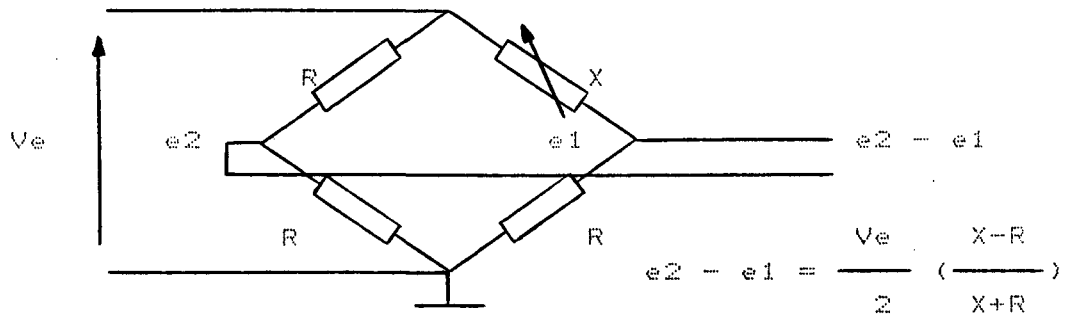
Este problema se puede resolver con sistemas tradicionales o por métodos más actuales, pero menos conocidos. La necesidad del control remoto de senales puede ser debida a varias razones, como pueden ser: la seguridad, debido a peligros potenciales por la situación de los transductores, por montajes temporales de verificaciones en un lugar remoto, por la inaccesibilidad del lugar y, por supuesto, en el control de aplicaciones y sistemas.

El control remoto puede ser un problema difícil,

especialmente cuando las señales analógicas pasan a través de ambientes con un alto nivel de ruido electrónico como pueden ser los equipos de fábrica donde hay grandes máquinas eléctricas. Si se tiene que mantener un alto grado de precisión, la transmisión de señales analógicas se vuelve especialmente prohibitiva a partir de unos metros.

Una de las soluciones al problema del ruido puede ser el transmitir las señales en forma digital aplicando la señal analógica a un convertidor tensión/frecuencia (V/F). Los pulsos digitales pueden ser entonces transmitidos en serie. Este es un sistema simple y efectivo que da una precisión de 0,1 a 0,01% cuando la velocidad de transmisión es lenta y se emplea en sistemas de 10 a 13 bits. En el extremo receptor, el tren de impulsos puede simplemente contarse por periodos de un segundo o menos y visualizar el conteo para mostrar el valor analógico. Aunque esto puede ser el mejor sistema para muchas aplicaciones que emplean convertidores F/V en el receptor, en muchos casos, el procesado directo de la señal analógica utilizando amplificadores de instrumentación es también muy utilizado.

Los transductores frecuentemente toman la forma de un puente de Wheatstone. Con la ventajas de su alta resolución y con medios para la compensación de temperatura, el puente tiene la facultad de medir un mínimo de tensión diferencial entre sus extremos en presencia de grandes tensiones de excitación y de ruido.

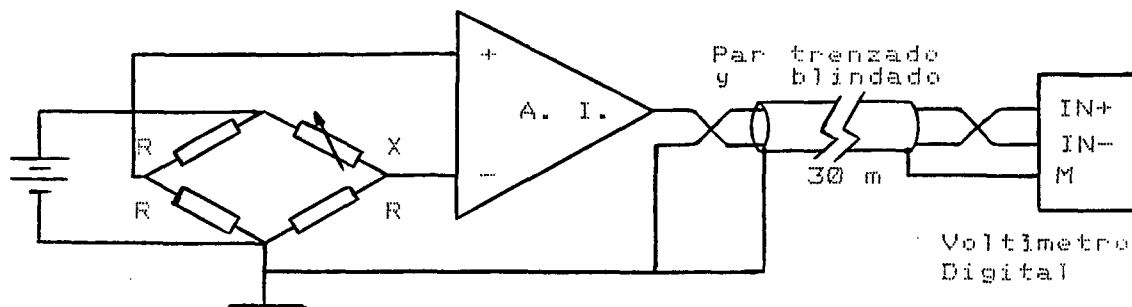


V_e es la tensión de excitación del puente y la resistencia X puede ser una galga extensiométrica (resistencia que se monta en sistemas mecánicos, cuya resistencia es función directa de la fuerza aplicada) o una resistencia variable con la temperatura que cambia casi linealmente con la variación de ésta.

Para que el nivel diferencial sea útil, aunque sea de milivoltios en la salida del puente, normalmente debe ser amplificado a unos niveles que estén muy por encima del ruido ambiente.

Para ello, el amplificador de instrumentación aporta el beneficio de que amplifica la diferencia de tensión entre el hilo de señal y el hilo de retorno de señal. Las señales de interferencia en ambos hilos, con la misma fase, no se amplifican. Esto es debido al rechazo de modo común (CMRR).

La siguiente figura muestra un amplificador de instrumentación transmitiendo a su salida la señal amplificada del puente a través de largas conexiones a un instrumento de control.



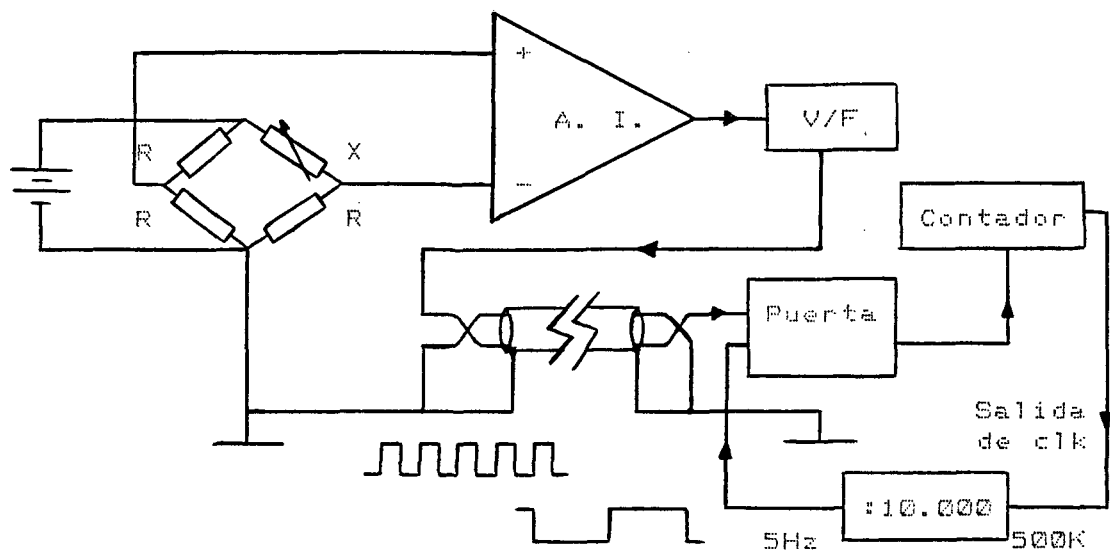
Es usual el utilizar pares de hilos trenzados y apantallados en este menester. Pero, el efecto capacitivo de estos hilos degrada la respuesta en frecuencia del amplificador y facilita el que puedan producirse oscilaciones indeseables.

El amplio margen de ruido y la relativa gran amplitud de los niveles lógicos, hacen a la transmisión digital altamente inmune a los efectos del ruido.

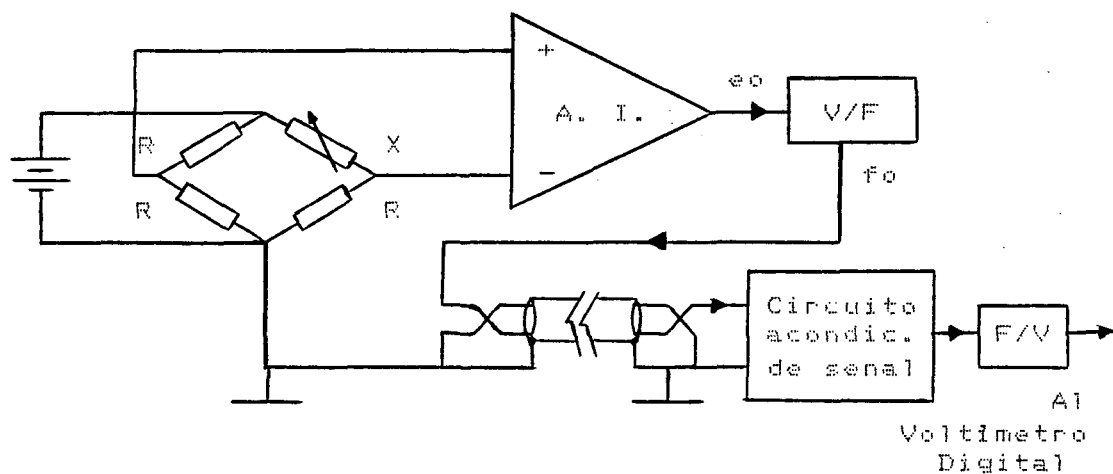
La información del transductor es amplificada hasta un alto nivel (1-10V) y entonces se utiliza para gobernar la entrada de un convertidor V/F. La salida de este se transmite a través de hilos al indicador que normalmente es digital. Si se tienen grandes longitudes de hilos, debe utilizarse un excitador diferencial de línea para gobernar una línea de par trenzado y al final de ésta, debe usarse un receptor diferencial de línea para atacar al contador digital.

En la siguiente figura se muestra el sistema completo de procesamiento de señal utilizando un amplificador de instrumentación para amplificar y situar en la escala adecuada la salida del transductor, un convertidor V/F para codificar y transmitir digitalmente la señal analógica amplificada y un

indicador digital para presentar con la escala numérica adecuada la tensión del transductor.



Otro sistema, algo más complejo, presenta un indicador digital con una señal analógica de entrada de la forma mostrada en la siguiente figura.



En este sistema, un convertidor V/F gobierna a un convertidor F/V a través de líneas largas y así mismo el

convertidor F/V gobierna la entrada analógica de un indicador digital.

A causa de que los convertidores F/V efectúan interiormente una integración, éstos rechazan activamente señales variables con el tiempo que son simétricas respecto al cero. Esta cualidad proporciona siempre una inmunidad más alta al ruido en diversas aplicaciones del sistema.

I. Memoria

II. Parte

0. INTRODUCCION: DESCRIPCION GENERAL DEL MULTIMETRO

El objetivo de este proyecto es el diseño de un multímetro digital controlado por microprocesador. Toda su organización es soportada por el microprocesador 8085, y pastillas compatibles con éste.

El diseño se ha hecho con este micro porque es del que se dispone de emulador en la Escuela.

Las funciones que va a realizar el multímetro son las de medida de frecuencia, periodo, intervalos de tiempo, tensión continua y alterna, intensidad continua y alterna, y resistencia.

El micro tendrá como misiones las de controlar el teclado y el display, seleccionar la función deseada, hacer la medida y sacarla en el display, hacer el cambio de escala cuando sea necesario, etc.

Las medidas y sus unidades serán mostradas en un display alfanumérico de ocho dígitos.

Un teclado de doce teclas funcionando en modo "toque" permite seleccionar la función deseada y una serie de comandos.

Mediante el teclado se puede seleccionar una determinada tensión o intensidad límite, que si es superada durante el proceso de medida hace que el microprocesador dispare un zumbador avisando de esa situación.

Además, hay dos teclas: la tecla "RESET" resetea el sistema para inicializarlo; y la tecla "HOLD" que produce una interrupción para retener en el display la medida realizada durante el tiempo que se desee.

Dos diodos LED indican si existe algún dato memorizado o si se encuentra en modo "HOLD".

Secuientemente, se describen brevemente los aspectos que se van a tratar en cada uno de los apartados de los que consta esta II Parte de la Memoria.

El primer capítulo se dedica a una explicación detallada del Hardware del multímetro. Comienza con la explicación de la parte analógica; y termina con la explicación del sistema microprocesador.

El segundo capítulo trata detalladamente el Software del multímetro.

Secuientemente, se tratan las características del dispositivo.

En el cuarto capítulo se detalla el material utilizado.

La II Parte de la Memoria termina con un capítulo dedicado a las instrucciones de manejo del multímetro. Se pretende con este apartado que alguien que vaya a utilizar el aparato, sólo tenga que leerlo para saber utilizarlo.

1. ORGANIZACION GENERAL DEL HARDWARE

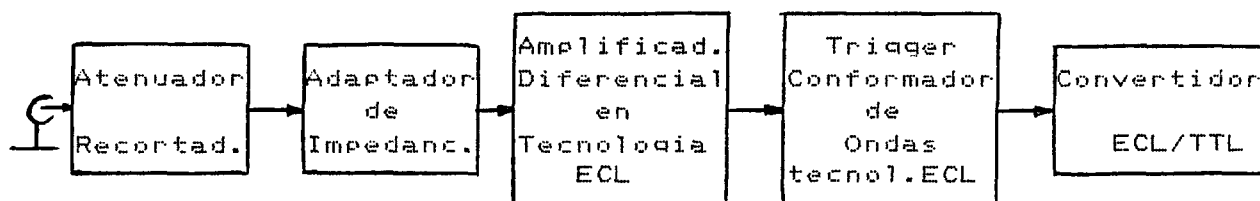
En los tres apartados que siguen se explica detalladamente la organización general del hardware.

Inicialmente, se trata el funcionamiento de las etapas de entrada; es decir, de la parte analógica del proyecto. En un segundo apartado se explica la organización del sistema microprocesador. Este capítulo termina con un apartado dedicado a la fuente de alimentación.

1.1. Parte Analógica.

1.1.1. Etapa de entrada para las Medidas de Frecuencia y Período.

En la siguiente figura se muestra el diagrama de bloques del circuito acondicionador de la señal de entrada:



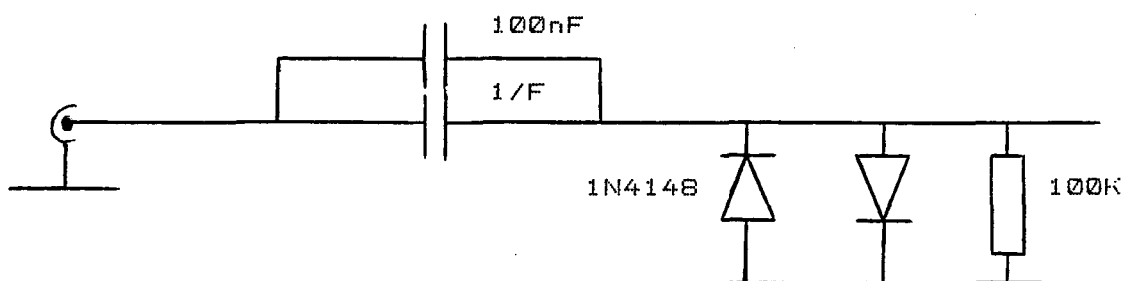
A continuación, se van a tratar cada uno de los bloques del diagrama anterior.

1.1.1.1. Atenuador Recortador.

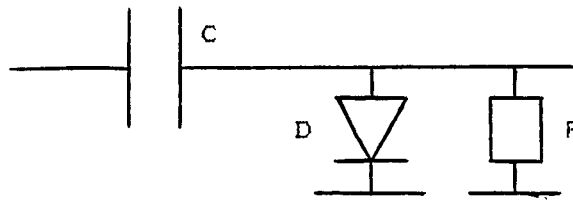
Este bloque es necesario para proteger contra sobrecargas el resto del circuito de entrada.

Existen varias formas de protección contra sobrecargas, pero en nuestro caso esta protección se realiza por medio de un circuito recortador a dos niveles a base de diodos. Las técnicas de diseño de estos circuitos son bien conocidas, pues sólo se trata de estudiar las condiciones de cada diodo en los dos semiciclos de la señal. Ahora bien, hay que introducir ciertas compensaciones en frecuencia por medio de condensadores para obtener un comportamiento correcto en altas frecuencia.

El circuito real al que se ha llegado es el siguiente:



Este circuito se deriva del circuito fijador o restaurador de nivel básico:



El objetivo de este circuito limitador es limitar los picos extremos de una señal periódica a un valor de referencia determinado y ello sin distorsionar su forma de onda.

Mediante los dos diodos se consigue recortar la señal para evitar las sobretensiones.

Debido al amplio rango de frecuencias se necesita un diodo de conmutación de alta velocidad. El diodo escogido es el 1N4148.

En condiciones de alta tensión de entrada, el recortador proporciona una señal de salida cuadrada de 1,5 V_{cc}.

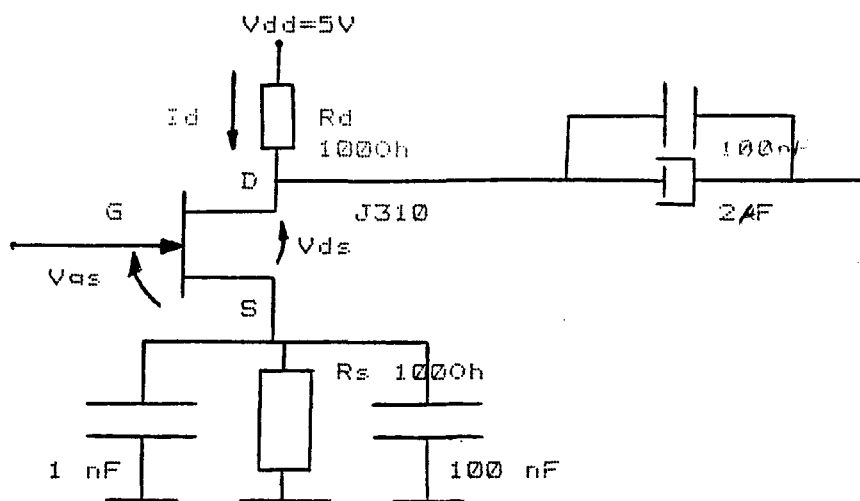
1.1.1.2. Adaptador de Impedancias.

Siquiendo el recortador nos encontramos con el adaptador de impedancias. En nuestro caso es un adaptador activo formado por un transistor FET.

La señal de AF o BF aplicada en los terminales de entrada llegará a la puerta del FET para una primera amplificación.

En este caso se ha utilizado un FET para poder disponer de alta impedancia y a fin de no cargar el paso del que se tomará la señal. Se ha empleado el FET canal N J310. Este transistor es capaz de garantizar una ganancia de unos 15

$\omega_B \approx 500 \text{ MHz.}$



Fijando el punto de reposo en $V_{dsq} = 2,5 \text{ V}$ e $I_{dsq} = 12,5 \text{ mA}$.

$$V_{dd} = V_{ds} + (R_d + R_s) * I_d$$

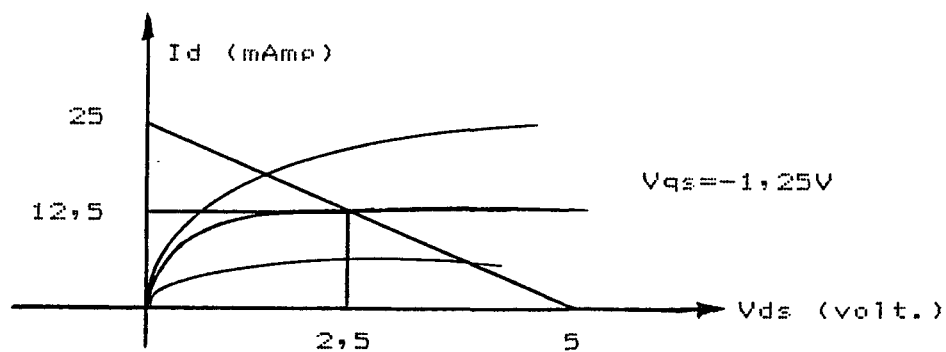
$$I_d = 0 \Rightarrow V_{dd} = V_{ds} = 5 \text{ V}$$

$$V_{ds} = 0 \Rightarrow I_d = \frac{V_{dd}}{R_s + R_d} = \frac{5}{R_s + R_d} = 2 * 12,5 = 25 \text{ mA}$$

$$V_{gs} = - R_s * I_d$$

$$- 1,25 \text{ V} = - R_s * 12,5 \text{ mA} \Rightarrow R_s = 100 \text{ Oh}$$

$$\frac{5 \text{ V}}{100 + R_d} = 25 \text{ mA} \Rightarrow R_d = 100 \text{ Oh}$$

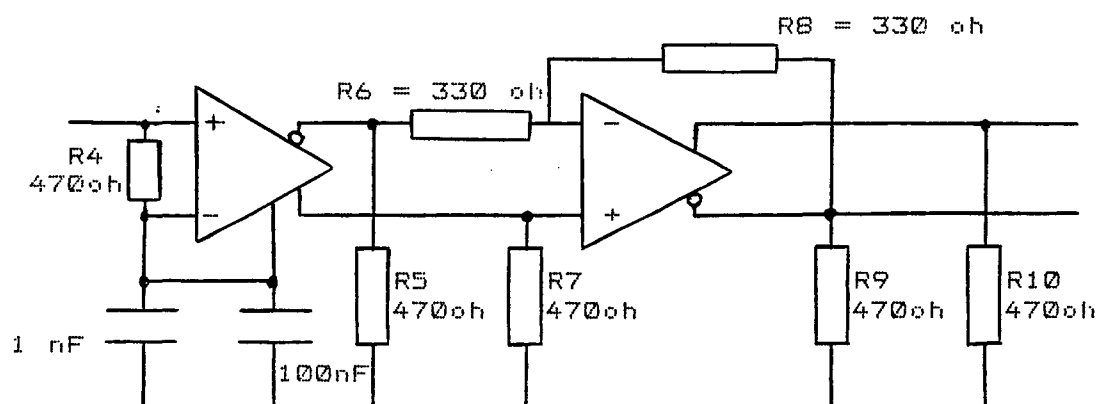


1.1.1.3. Amplificador de Señal.

Desde el drenador de dicho FET, la señal amplificada llegará a la entrada de un primer amplificador diferencial en tecnología ECL. A éste, le sigue un segundo paso idéntico al anterior.

El integrado amplificador ECL que se ha utilizado es un F.10116 de la marca Hitachi ya que es idóneo para trabajar hasta una frecuencia de 160 MHz.

El circuito utilizado para las dos etapas del amplificador es el siguiente:



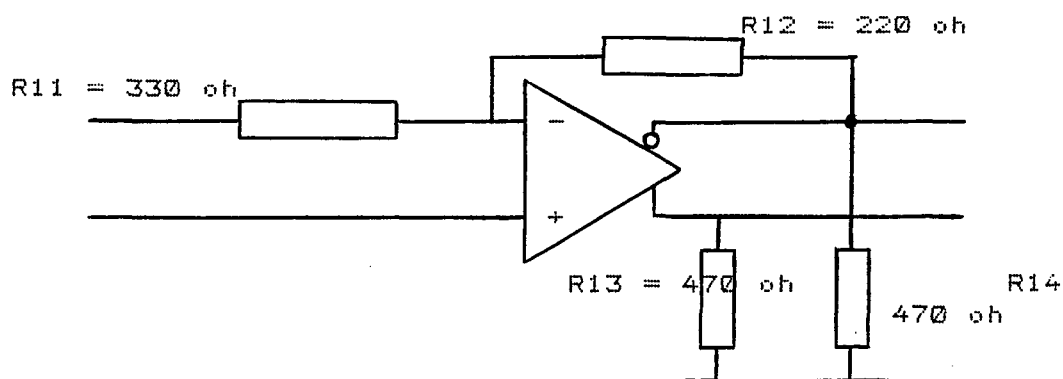
1.1.1.4. Trigger Conformador de Ondas.

El integrado F.10116 dispone de tres amplificadores operacionales; dos de los cuales se han utilizado en el amplificador de señal.

El último amplificador de ese integrado se emplea como trigger conformador; es decir, cualquier forma de onda aplicada a su entrada, sea esta sinusoidal o triangular, será

transformada en una onda cuadrada, más idónea para una lectura digital.

El circuito utilizado en esta etapa es el siguiente:



1.1.1.5. Convertidor ECL/TTL.

La señal ya conformada presenta un único inconveniente: está en nivel lógico ECL, que corresponde a:

3,8 Volt. aproximadamente, para el nivel lógico 0.

4,2 Volt. aproximadamente, para el nivel lógico 1.

Estos niveles lógicos no se pueden aplicar a la parte digital del multímetro ya que tienen que ser niveles lógicos TTL donde las tensiones admitidas son:

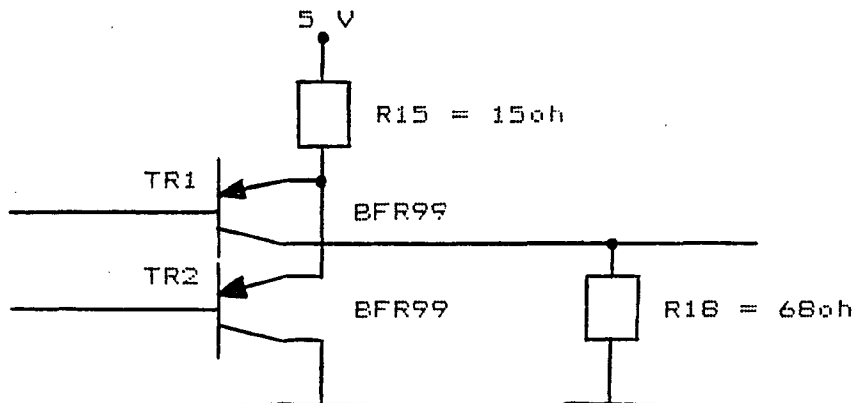
0,4 Volt. aproximadamente, para el nivel lógico 0.

2,8 Volt. aproximadamente, para el nivel lógico 1.

En consecuencia, los niveles lógico 0-1 de ECL son siempre interpretados como nivel lógico 1 en TTL.

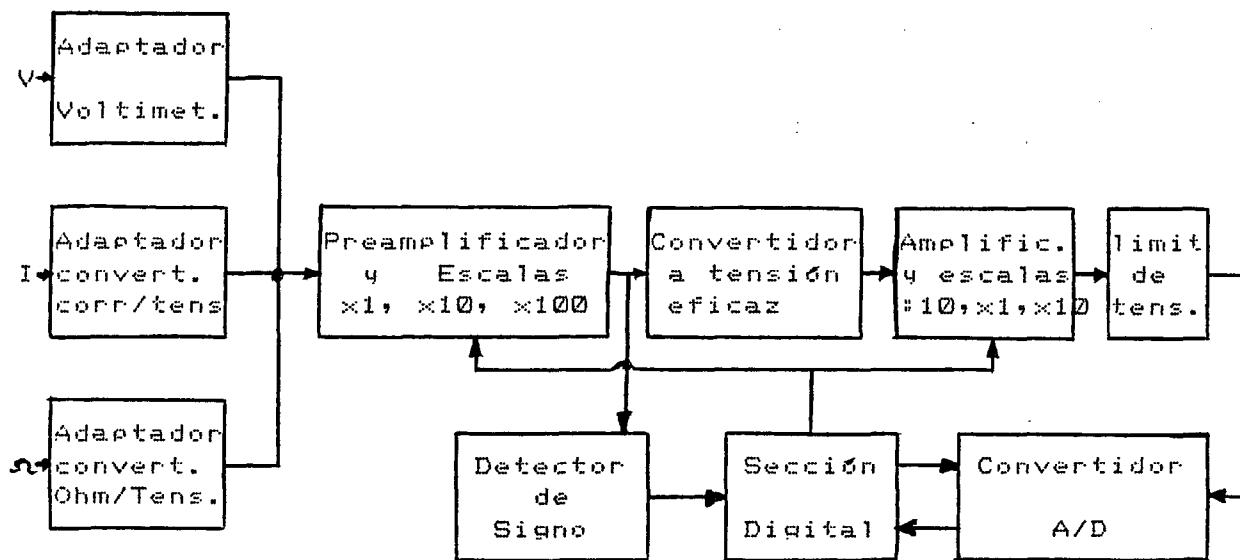
Por todo ello, es necesario un circuito adaptador capaz de convertir los niveles lógicos ECL en niveles lógicos

TTL, y para ello se ha utilizado dos transistores PNP como se indica en la siguiente figura:



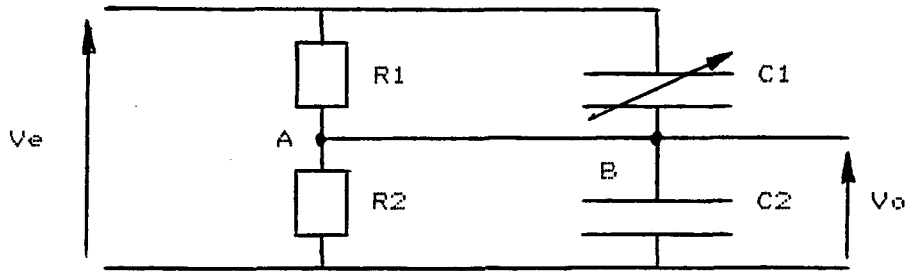
1.1.2. Etapa de Entrada para las Medidas de Tensión, Intensidad y Resistencia.

En la siguiente figura se muestra el diagrama de bloques del circuito acondicionador de la señal de entrada:



1.1.2.1. Adaptador para la Medida de Tensión.

Consiste en un atenuador por 100 ($G=1/100$), de forma que la tensión máxima a la salida sea de $\pm 10V$ (para una entrada de $1000V$).



Este va a ser un atenuador compensado en frecuencia. Si se considera el circuito anterior como un puente de impedancias la condición de equilibrio será

$$R1 \frac{1}{j\omega C2} = R2 \frac{1}{j\omega C1}$$

es decir

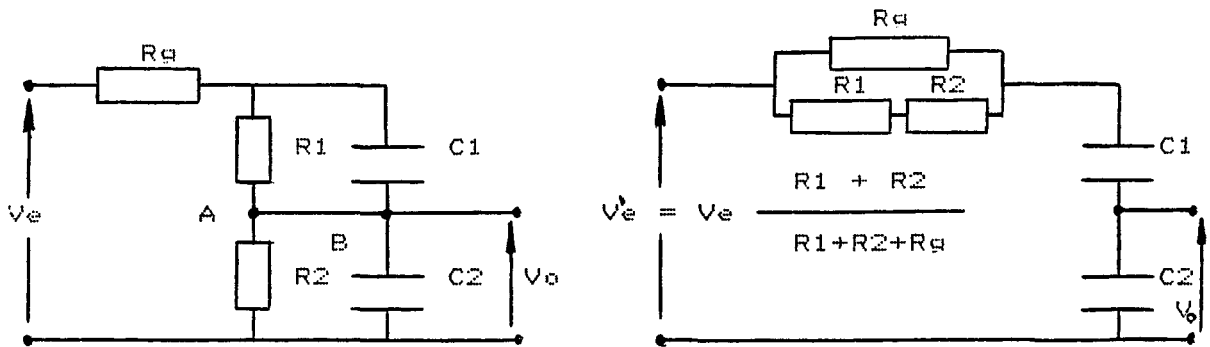
$$\frac{R1}{R2} = \frac{C2}{C1}$$

indicando que no circula corriente por la rama AB. en tal caso

$$V_o = V \frac{R2}{R1 + R2}$$

Se puede decir que $C1$ introduce un cero, que si cancela exactamente el polo introducido por $C2$ conduce a una respuesta gobernada sólo por $R1$ y $R2$.

Si un atenuador compensado es excitado por un generador V_e con una impedancia interna R_g . Como, por hipótesis, entra A y B no circula corriente, se puede construir el circuito equivalente de la figura:



En donde la constante de tiempo que determina la salida es

$$\tau = R_g \parallel (R_1 + R_2) \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \approx R_g \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

si $R_g \ll R_1 + R_2$, como suele suceder; conectando directamente el generador a la carga $R_2 \ C_2$, la constante de tiempo sería $t = R_g \ C_2$, y como $t = t \ (C_1 + C_2)/C_1$ se obtiene también en este caso una mejora en la forma de onda usando el atenuador compensado.

Fijamos $R_1 = 1 \text{ Moh}$, y como ha de hacer una división por 100: $R_2 = 10100 \ \text{oh}$.

tomando $C_2 = 1 \text{ nF}$

$$1\text{M} * C_1 = 10,1\text{K} * 1\text{nF}$$

$$C_1 = 10,1 \ \mu\text{F}$$

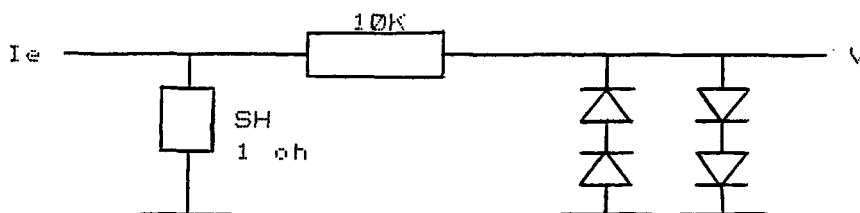
En C_1 se coloca un condensador ajustable de 22 μF .

La impedancia de entrada es de 1Moh.

Para quitar la componente continua que pueda tener una señal alterna que vaya a ser medida, se utiliza un condensador a la entrada de 68nF (400 V).

1.1.2.2. Adaptador para medida de intensidad.

La medida de intensidad se va a hacer según el principio de medida analógica de transformar la intensidad en un nivel de tensión en bornes de una resistencia.

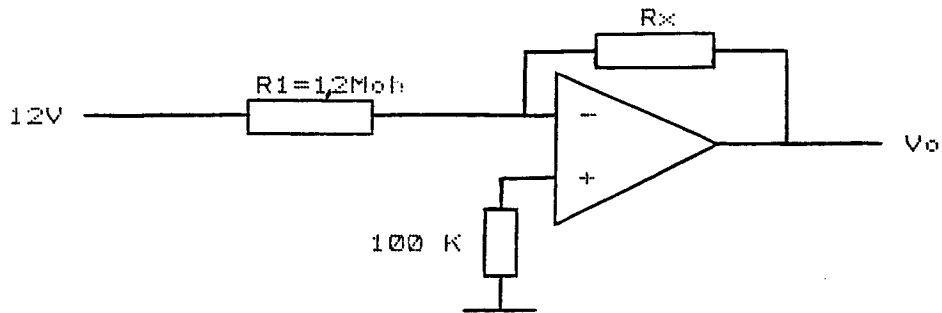


Se hace circular la corriente a medir por una resistencia de $1\ \Omega$, de forma que con una corriente máxima de $1A$, se obtiene $1V$ a la salida.

Para proteger al circuito contra sobrecargas se utiliza los dos pares de diodos.

1.1.2.3. Adaptador para medida de resistencia.

El convertidor resistencia/tensión se representa en la siguiente figura:



La tensión de salida es $V_o = - \frac{12}{R_1} * R_x$

Es decir, obtenemos una tensión proporcional a la resistencia a medir R_x .

Fixando $V_{omax} = 10V$, si queremos medir hasta $1Moh$, la resistencia R_1 deberá valer $1.2Moh$.

Con esto resulta: $V_o = 10^{-5} R_x$.

Se podría realizar medidas mayores tomando V_o menor y R_1 mayor, pero no interesan realmente medidas de resistencias mayores de $1Moh$, y en cualquier caso, se podrían realizar combinando la resistencia en paralelo con otras menores conocidas.

1.1.2.4. Preamplificador y Escalas.

El amplificador utilizado es el AD524AD. Este es un amplificador de precisión diseñado para adquisición de datos donde se requiere alta exactitud. Sus características son alta linealidad, alto rechazo de modo común CMR, baja deriva de la tensión de offset y bajo nivel de ruido.

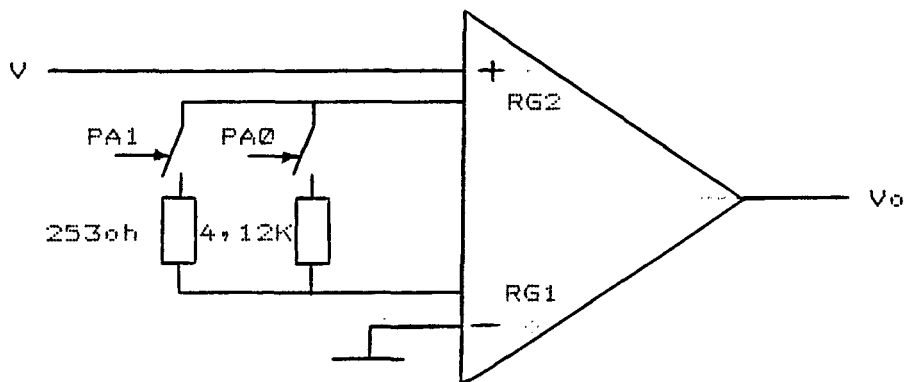
El amplificador de instrumentación es por definición usado en situaciones donde un sobrevoltaje puede ser aplicado a sus entradas. el circuito de protección de entrada del AD524AD usa una única unión FET para proveer hasta 36V de protección.

Para fijar una ganancia entre 1 y 1000 se requiere sólo una resistencia entre los terminales RG1 y RG2.

Las características de este integrado son:

- Baja no linealidad: 0,005% (G=1)
- Alto CMRR: 130 dB (G=1000)
- Bajo voltaje de offset: 50/V
- Baja deriva del voltaje de offset: 2/V/ C (G=1000)
- Producto ganancia por ancho de banda: 25MHz
- Entradas de ganancia de 1, 10, 100 y 1000
- Completa protección de entrada, alimentación conectada o no
- No requiere componentes externos
- Compensado internamente

La ganancia del preamplificador se selecciona según la escala. Su esquema es el siguiente:



Mediante los dos interruptores se selecciona la ganancia, según la codificación siguiente:

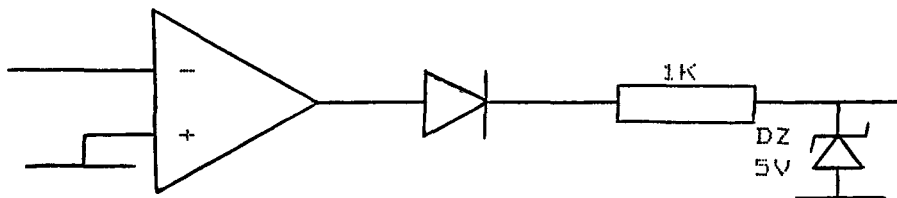
<u>PA1</u>	<u>PA0</u>	<u>Ganancia</u>
1	1	X 1
1	0	X 10
0	1	X 100

Cuando la línea de control PA está a 1 el interruptor está abierto, y cuando está a 0 cerrado.

De esta forma, el preamplificador dará siempre una tensión máxima de 10 V, cuando la magnitud a medir tenga el valor del fondo de escala correspondiente; es decir, si el valor de la medida se encuentra dentro de la escala seleccionada, se cumplirá $0 \leq V_x \leq 10V$.

1.1.2.5. Detector de Signo.

Es simplemente un comparador que va a comparar la señal de entrada con masa, de forma que si la tensión de entrada es negativa a su salida proporciona 5V; y si es positiva la salida será de 0V. Su esquema es el siguiente:



1.1.2.6. Convertidor a Tensión Eficaz.

El convertidor utilizado es el AD536A, tratado en la primera parte de la memoria.

El valor eficaz se obtiene directamente a través de la medida y no por la conversión valor medio/valor eficaz, no afectando la forma de la señal a la exactitud de la medida.

El procedimiento que utiliza es el de medida por cálculo.

La respuesta en frecuencia del integrado es:

Ancho de banda para 1% de error adicional (0,09dB)

$10\text{mV} < V_{in} \leq 100\text{mV}$	6 KHz
$100\text{mV} < V_{in} \leq 1\text{V}$	40 KHz
$1\text{V} < V_{in} \leq 7\text{V}$	100 KHz

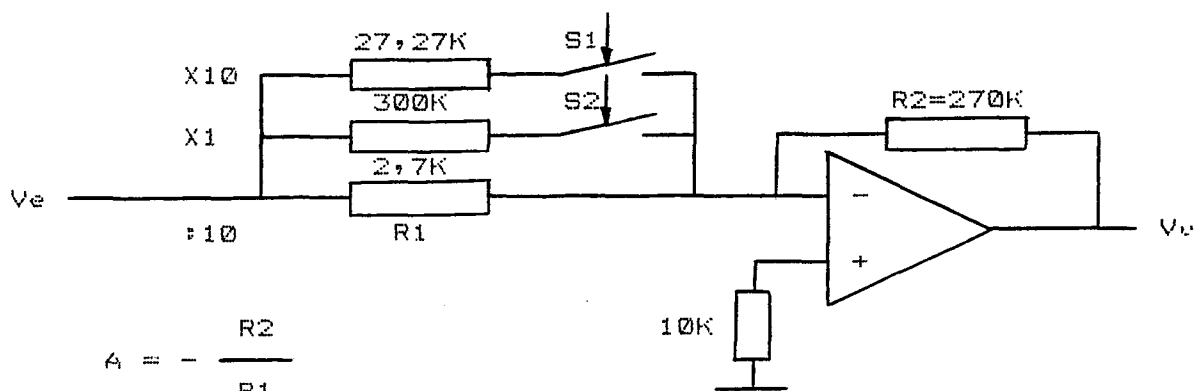
Ancho de banda ± 3 dB

$10\text{mV} < V_{in} \leq 100\text{mV}$	50 KHz
$100\text{mV} < V_{in} \leq 1\text{V}$	300 KHz
$1\text{V} < V_{in} \leq 7\text{V}$	2 MHz

Para mayor información, mirar el apartado dedicado a medida de tensión eficaz en la primera parte de la memoria y hoja de características.

1.1.2.7. Amplificador y Escalas.

Es un amplificador de ganancia seleccionable según la escala de medida. Su esquema es el siguiente:



Mediante los dos interruptores se selecciona la ganancia, según la codificación siguiente:

<u>PA3</u>	<u>PA2</u>	<u>Ganancia</u>
1	1	1/10
1	0	X1
0	1	X10

Cuando la línea de control PA está a 1 el interruptor está abierto, y cuando está a 0 cerrado.

$$PA3=1, PA2=1 \rightarrow A = \frac{-270\text{ K}}{2,7\text{ M}} = \frac{-1}{10}$$

$$PA3=1, PA2=0 \rightarrow A = \frac{-270\text{ K}}{2,7\text{ M} // 300\text{ K}} = -1$$

$$PA3=0, PA2=1 \rightarrow A = \frac{-270\text{ K}}{2,7\text{ M} // 27,27\text{ K}} = -10$$

Al convertidor A/D se le va a entregar una señal que tiene que ser menor o igual a 1V. Por ello, si la señal que llega a la entrada del amplificador está entre 1 y 10V, esta

debe ser atenuada por 10 (100 mV - 1 V).

En caso de que esté en el intervalo de 100 mV a 1 V, el amplificador será un simple seguidor inversor ($\times 1$).

Y si la señal de entrada es menor de 100 mV, esta será amplificada por 10.

La señal de entrada del amplificador será siempre positiva dado que proviene del convertidor a tensión eficaz. Al ser invertida la señal por el amplificador, esta será siempre negativa a su salida.

De esta forma, el amplificador deberá dar siempre una tensión máxima de -1 V, cuando la magnitud a medir tenga el valor del fondo de escala correspondiente; es decir, si el valor de la medida se encuentra dentro de la escala seleccionada, se cumplirá que $0 \geq V_{sal} \geq -1V$.

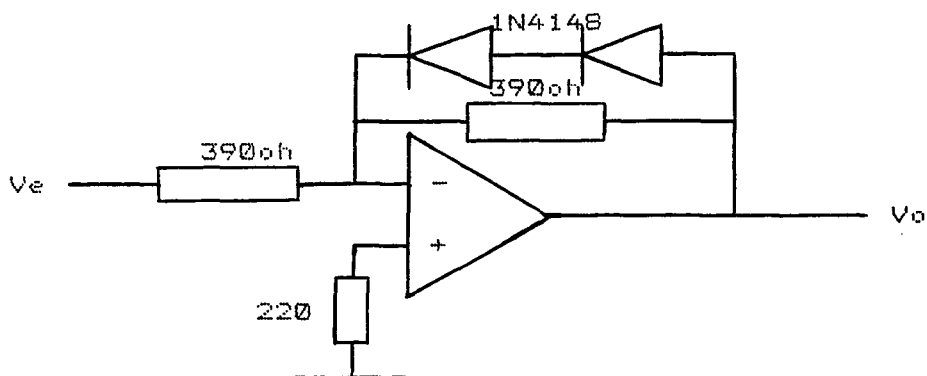
1.1.2.8. Limitador de Tensión.

La señal que va a llegar al convertidor A/D debe ser positiva y menor de 1V.

De ahí la necesidad de este bloque; este se encarga de invertir la señal, dado que la señal de salida del amplificador era negativa.

Además, puede suceder un error de escala, y mandarle de 1 a 10V al convertidor A/D con lo que éste sería dañado.

Todo ello, se evita con el siguiente limitador de tensión:



Este circuito es un amplificador inversor recortador de ganancia 1.

Los dos diodos 1N4148 se comportan como limitadores de tensión de forma que la señal de salida no podrá superar la tensión de 1,5V aproximadamente.

Para señales de entrada entre $-1V$ y $0V$, el circuito ofrece la misma señal invertida a su salida.

Si la señal de entrada está entre $-10V$ y $-1V$, el circuito limita la tensión de salida a 1,5V aproximadamente.

1.1.2.9. Convertidor Analógico/Digital.

El convertidor A/D utilizado es el MC 1505 de Motorola.

Este es un convertidor A/D de doble pendiente. Este método se trató profundamente en la primera parte de la memoria, y en particular este integrado.

La forma de funcionamiento del convertidor en este multímetro no se puede ver sin tener en cuenta la parte digital. Por ello, se dejará su explicación para un capítulo posterior.

1.2.EL SISTEMA MICROPROCESADOR.

1.2.1.Configuración básica del Sistema Microprocesador.

-El microprocesador

Este diseño utiliza el microprocesador 8085 ya que es del que se dispone de emulador en la Escuela. Además, es un microprocesador muy difundido y fácil de conseguir en el mercado. A ello se une el que es sencillo, tiene una amplia gama de periféricos compatibles con él y es barato.

-Los Interfaces de Entrada/Salida

Como puertos de Entrada/Salida se utilizan los de la MIOT1 y MIOT2 (8155).

La MIOT2 (8155) se utiliza para controlar el display, el teclado y tres líneas para controlar indicadores (dos leds y un zumbador). Se programan los puertos A y B como salida de datos y el C como entrada.

El teclado utiliza cuatro líneas del puerto A y tres del puerto C, ya que se encuentra organizado en forma matricial de 4x3.

El display utiliza las ocho líneas del puerto A (comparte cuatro con el teclado) y cinco líneas del puerto B.

La MIOT1 (8155) se utiliza para controlar los

divisores, los contadores y multiplexores digitales, e interruptores analógicos. En definitiva, hace la selección de las distintas escalas de medida .

-Memorias

La RAM utilizada es la MIOT1 (8155) (256 bytes).

El programa es almacenado en dos EPROM 2716 (2 x 2k bytes).

-Contadores

La cuenta de la medida será hecha por los tres contadores de que dispone la PIT 8253.

Esta PIT está organizada en tres contadores independientes de 16 bits. La señal de entrada no puede pasar de los 2,6 MHz. Por ello, en la medida de frecuencia y periodo se utilizan los dos divisores por diez (74LS196) para que no sea superado ese rango.

Todos los modos de operación de la PIT son programados por software.

En el proceso de cuenta se utiliza también el contador de la MIOT1 (8155).

-El Controlador de Interrupciones

De la gestión de las interrupciones se encarga la PIC 8259A.

Este Controlador de Interrupciones Programable maneja ocho líneas de interrupción de las que se utilizan seis, que serán descritas posteriormente.

-El Display

Se han utilizado dos displays de cuatro dígitos tipo DL 1416. Este es un display inteligente, alfanumérico con memoria, decodificador y etapa excitadora (driver).

Cada uno de los dígitos está formado por 16 segmentos.

La entrada de datos es asíncrona y de acceso directo. Dicho display requiere que le sea entregado el dato a mostrar codificado en ASCII a través de sus entradas D0-D6. Con sus entradas A0 y A1 se selecciona uno de los cuatro dígitos. Por último, su entrada W deberá estar a nivel bajo para la escritura en el display. Si no modificamos nada más, el dato permanecerá siendo mostrada hasta una nueva escritura.

-El Teclado

Se compone de doce teclas, organizadas en forma matricial 4x3, que funcionará en modo "toggle".

Este será explorado regularmente para actualizar el sistema de acuerdo con el comando introducido.

La organización del display y del teclado se verán más detalladamente en apartados posteriores.

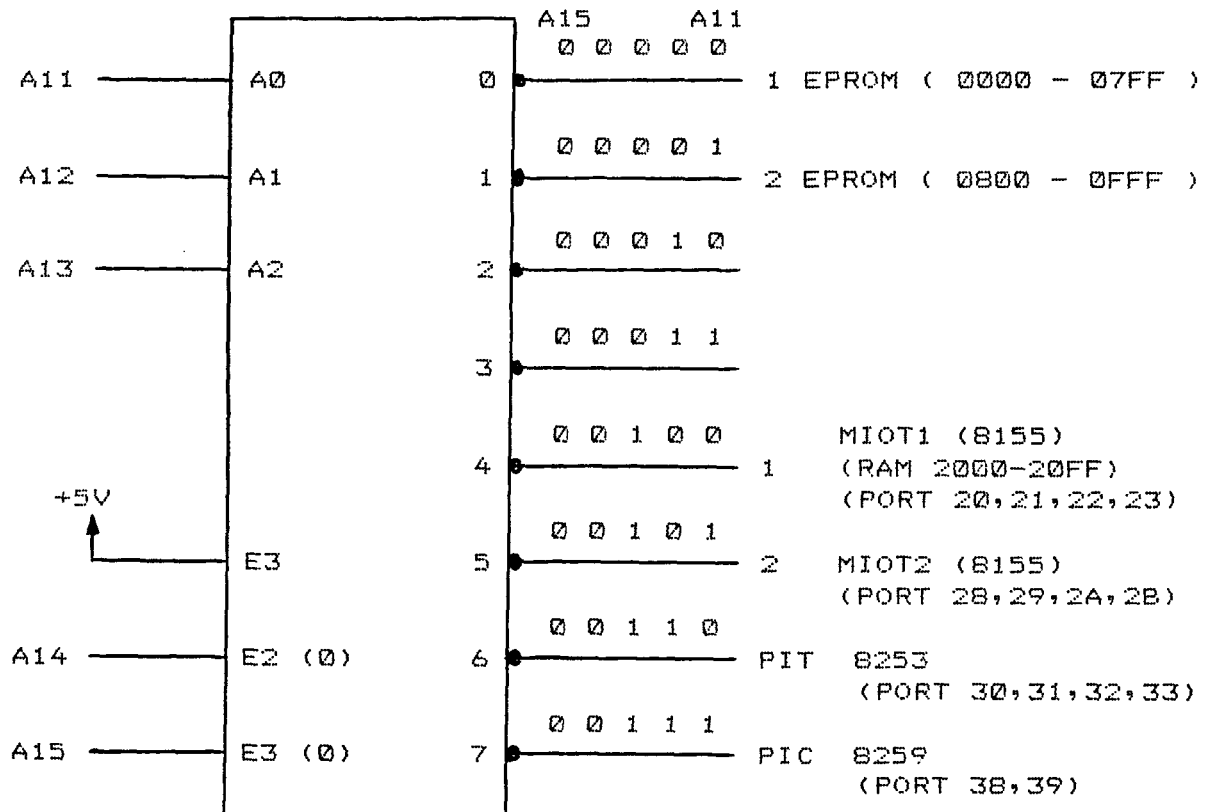
-Hardware adicional

Reloj de 1 MHz, circuito de reset, selección de chip, buffers, multiplexores, etc.

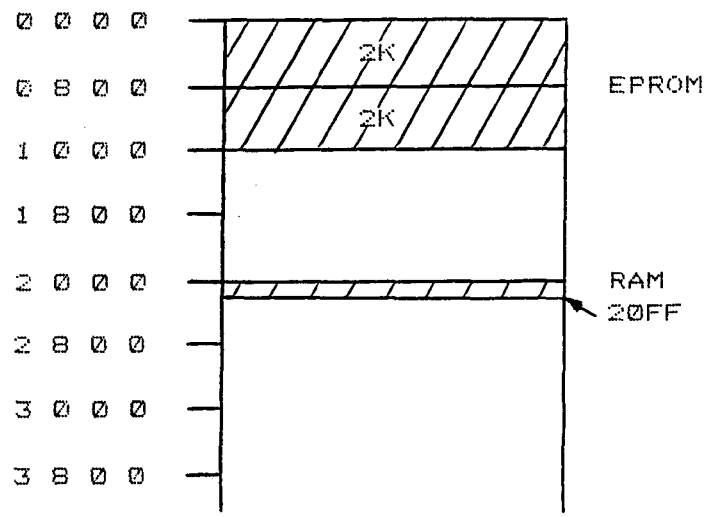
1.2.2. Organización del Hardware del Sistema Microprocesador.

Mediante un decodificador binario de un salida de ocho (74LS138) se direccionan la memoria y los periféricos. Este controla las entradas de selección de chip (activas a nivel bajo) de las EPROM (2716), las RAM con puertos MIOT1 y MIOT2 (8155), la PIT (8253) y la PIC (8259).

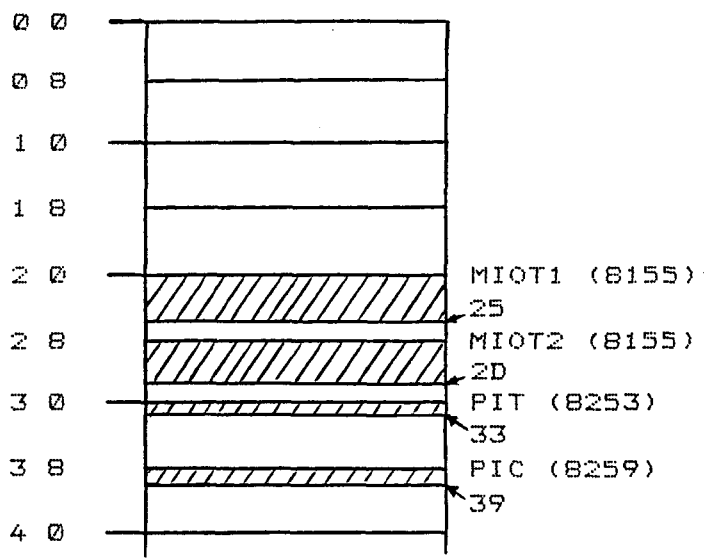
En la siguiente figura se muestra su codificación:



A continuación se encuentra el mapeado de la memoria utilizada por el sistema:



En la siguiente figura se muestra el mapeado de los puertos utilizados por el sistema:

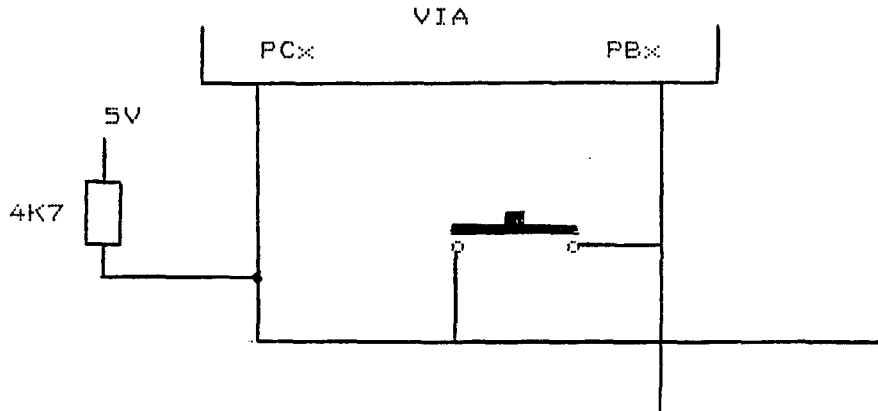


1.2.3. Gestión del teclado.

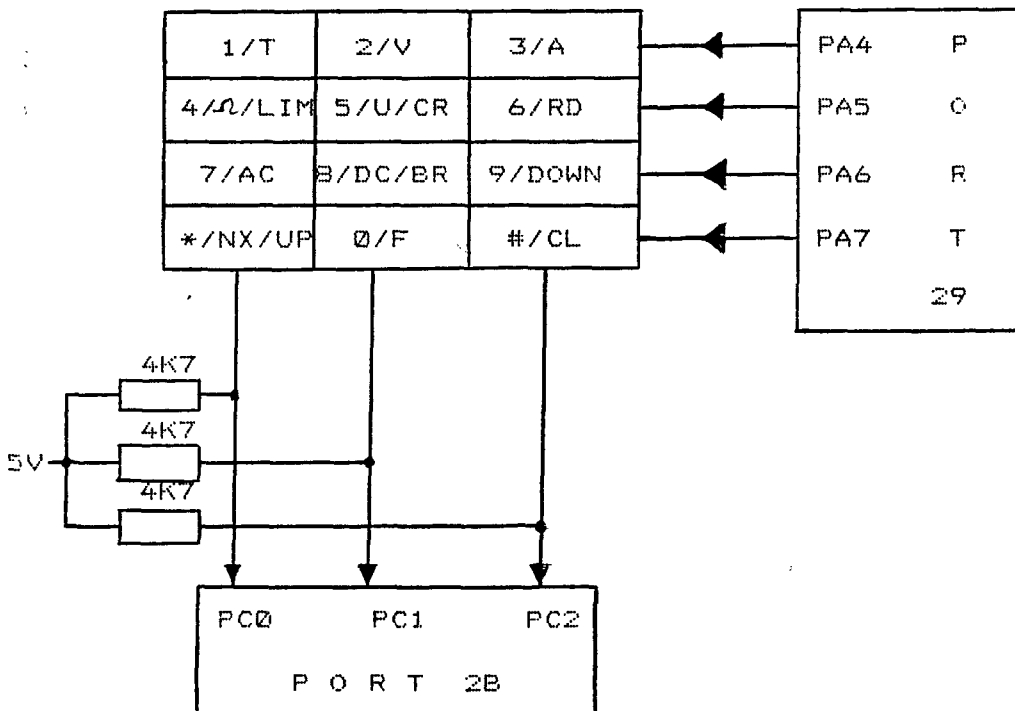
Para la gestión del teclado se utilizan cuatro líneas del puerto A de salida (PA4, PA5, PA6, PA7) de la MIOT2

(B155), y tres líneas del puerto C de entrada (PC0, PC1, PC2) de la misma MIOT2 (B155).

El teclado se organiza de forma matricial 4x3. El modo de verificar si una tecla está apretada es comprobar que tanto en su fila como en su columna puede haber un cero lógico.



En la siguiente figura se muestra la disposición del teclado:



Las teclas tienen el siguiente significado:

- 0/F : Selecciona el Frecuencímetro;
- 1/T : Selecciona la medida de Periodo;
- 2/A : Selecciona el Voltímetro;
- 3/A : Selecciona el Amperímetro;
- 4/ Ω /LIM : Selecciona el Ohmetro y también se utiliza para fijar el límite en medidas de tensión e intensidad;
- 5/CRONO/U : Selecciona el Cronómetro y también se utiliza para que el sistema trabaje en Modo Único;
- 6/RD : Se utiliza para la función Memoria;
- 7/AC : Se utiliza para seleccionar la medida en c.a.;
- 8/DC/BREAK : Se utiliza para seleccionar la medida en c.c. y también en la función Memoria para borrar un dato;
- 9/DOWN : Se utiliza en la función Memoria para ver el dato que se encuentra memorizado una posición por debajo;
- */NEXT/UP : Se utiliza para distintas funciones (ver el Software).
- #/CL : Se utiliza para terminar un proceso (ver el Software).

1.2.4. Gestión del display.

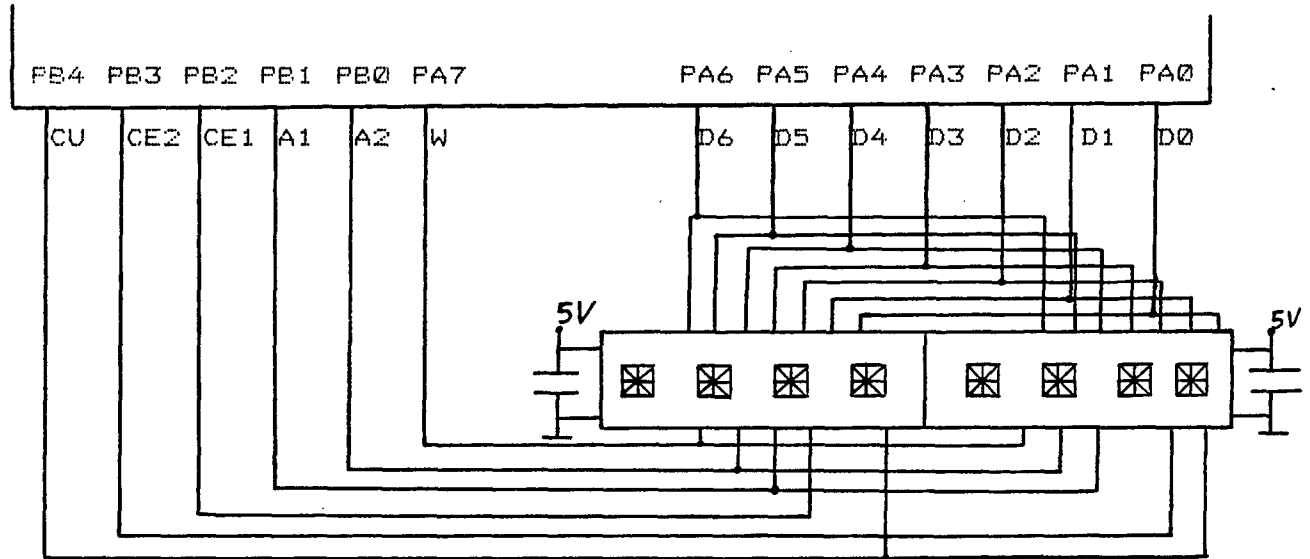
Para la gestión del display se utilizan las ocho líneas del puerto A de salida (PA0-7) de la MIOT2 (8155), (las líneas PA4, PA5, PA6 y PA7 son compartidas con el teclado), y cinco líneas del puerto B de salida (PB0-4) de la misma MIOT2 (8155).

El dato a escribir se obtiene en el puerto A: PA0-6.

La señal de escritura W se obtiene de PA7.

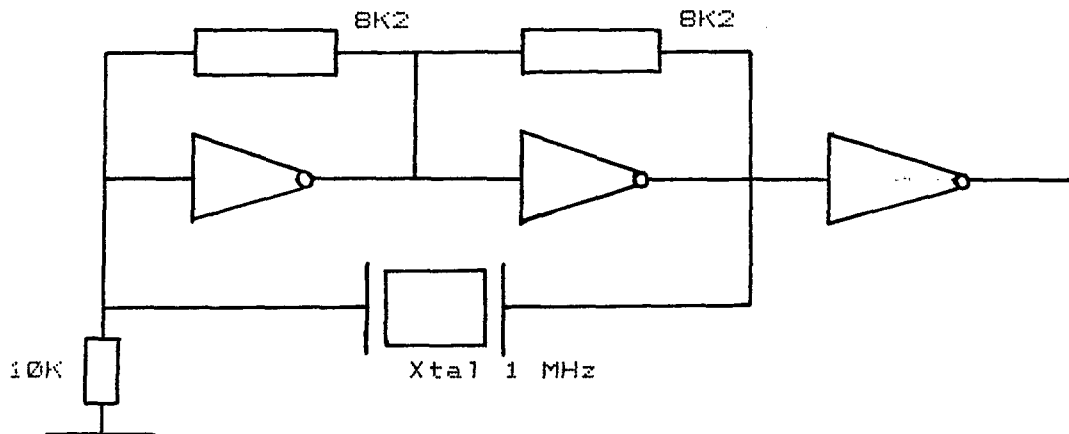
El primer display se selecciona (CE1) mediante PB2 y el segundo (CE2) por PB3.

La señal CU se obtiene de PB4.



1.2.5. el reloj.

Para que la exactitud de la medida sea la mayor posible, se utiliza una frecuencia patrón de 1 MHz, obtenida de un cuarzo. El esquema de este reloj es el siguiente:



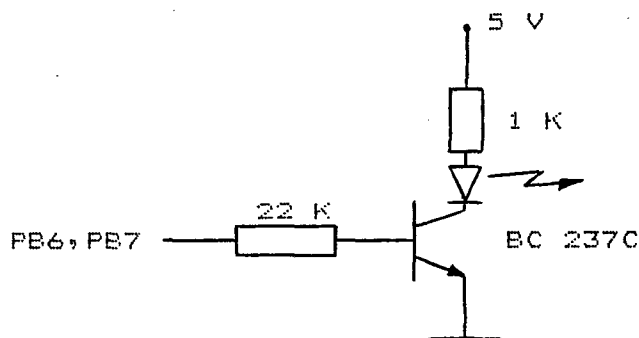
1.2.6. Los indicadores.

Estos son el led indicador del estado "HOLD", el led indicador de datos en Memoria y el zumbador para indicar que se ha superado el límite de medida prefijado.

Los tres indicadores son controlados por tres líneas del puerto de salida B de la misma 8155 que controla también el teclado y el display (MIOT2).

Los tres indicadores son controlados por Software.

El circuito de excitación de estos diodos, encendidos cuando su señal de activación está a nivel alto es el siguiente:



PB6 activa al led indicador del estado "HOLD".

PB7 activa al led indicador de datos en Memoria.

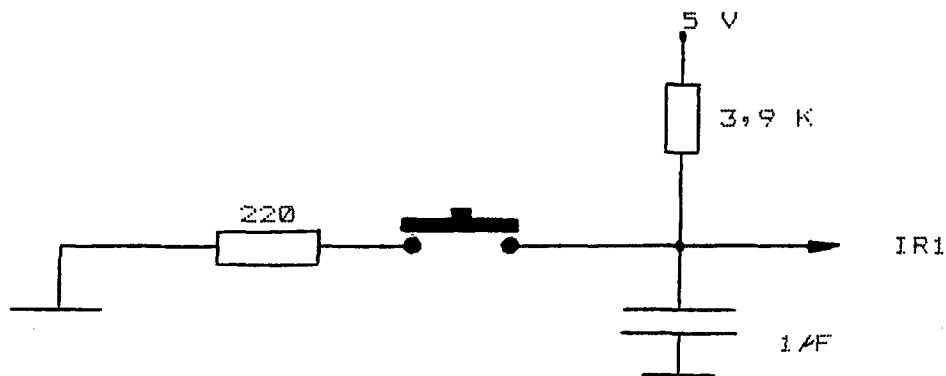
El circuito excitador del zumbador, activado cuando su señal de activación PB5 está a nivel alto es el mismo que que el anterior (en lugar del led va el zumbador).

1.2.7. Definición de interrupciones.

-IR1: Interrupción "HOLD". Esta interrupción se utiliza para parar el desarrollo de las medidas que se estén

haciendo, con lo que queda retenida en el display la última medida que se realizó.

Esta interrupción se produce a voluntad del usuario cuando se pulsa la tecla "HOLD". Su circuito es el siguiente:



-IR2 e IR3 son utilizadas para la medida de frecuencia y de periodo. IR2 indica que se ha terminado de hacer una medida, para que sea mostrada en el display. IR3 indica que se ha superado el rango de medida, por lo que hay que hacer un cambio de escala.

-IR4 e IR5 son utilizadas para la medida de tensión, intensidad y resistencia. IR4 indica que se ha terminado de hacer una medida, para que sea mostrada en el display. IR5 indica que se ha superado el rango de medida, por lo que hay que hacer un cambio de escala.

-IR7 es utilizada por el Cronómetro. Esta interrupción se produce cada décima de segundo para que el cronómetro sea incrementado.

1.2.8. Hardware de la parte digital para la medida de frecuencia y de periodo.

Una vez es acondicionada la señal, ésta es aplicada al circuito de conteo. Este circuito tiene que ser capaz de hacer las operaciones necesarias para poder medir frecuencia o periodo, según sea; y proporcionar las distintas escalas.

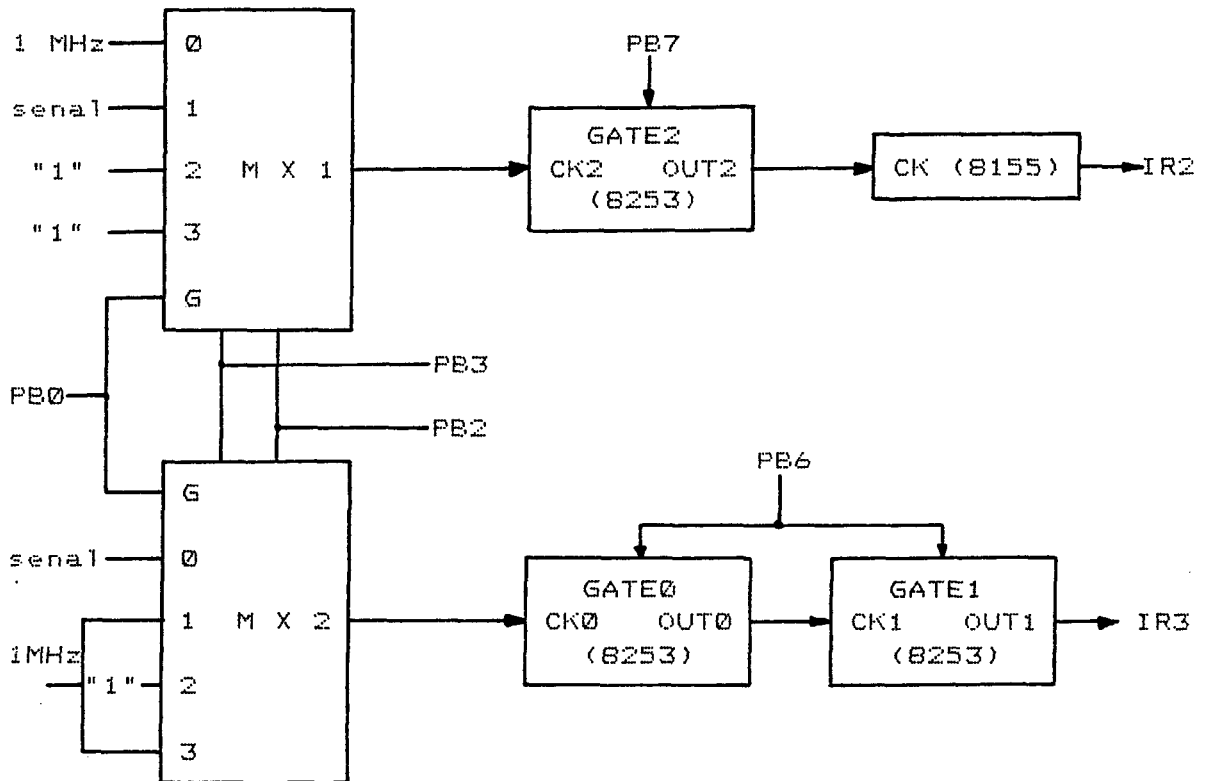
Todo ello es controlado mediante Software.

La selección de medida de periodo o de frecuencia se realiza mediante dos multiplexores. Así para la medida de frecuencia debe aplicarse la señal de entrada al contador CK0 y la señal de 1 MHz al contador CK2; mientras que para la medida de periodo la señal de 1 MHz se aplica a CK0 y la señal de entrada a CK2.

La salida del contador CK0 está conectada a la entrada del contador CK1, con lo que se obtiene un contador de 32 bits. Este contador (CK0-CK1) nos proporciona la medida que se está haciendo.

El contador CK2 unido al contador de la MIOT1 (8155) nos sirve de base de tiempos.

Los contadores a los que se ha hecho referencia anteriormente (CK0, CK1 y CK2) son los de la PIT 8253.



El puerto de salida B de la MIOT1 (8155) es el que controla todo el proceso de medida de frecuencia y periodo:

PB0: controla la señal de habilitación de los multiplexores G;

PB2, PB3: controla la dirección de la entrada que va a seguir a la salida.

PB4, PB5: controla los divisores. Si se encuentra a "1" el divisor dividirá por diez; y si está a "0" el divisor no hará ninguna división, proporcionando a su salida la misma señal de entrada.

PB6, PB7: el primero controla las entradas de control GATE0 y GATE1 de los contadores CK0-CK1; y el segundo la entrada de control GATE2 del contador CK2. Estas entradas de control se utilizan para disparar, habilitar o deshabilitar la

cuenta de los contadores.

Cuando la entrada de control está a "0" se deshabilita la cuenta del contador. En el flanco de subida de dicha entrada de control se recarga el contador y se inicia la cuenta; mientras esté a "1", la cuenta estará habilitada.

Una vez está habilitada la cuenta, el primer pulso de entrada al contador se utiliza para cargar la cuenta. Por ello, cada vez que se va a iniciar una medida, se provoca mediante Software un pulso que hace cargar la cuenta. De esta forma si la señal de entrada es 0 Hz, el contador marcará esa medida. Si no se provocara dicho pulso los contadores mantendrían la medida anterior, cuando la señal de entrada fuera de 0 Hz.

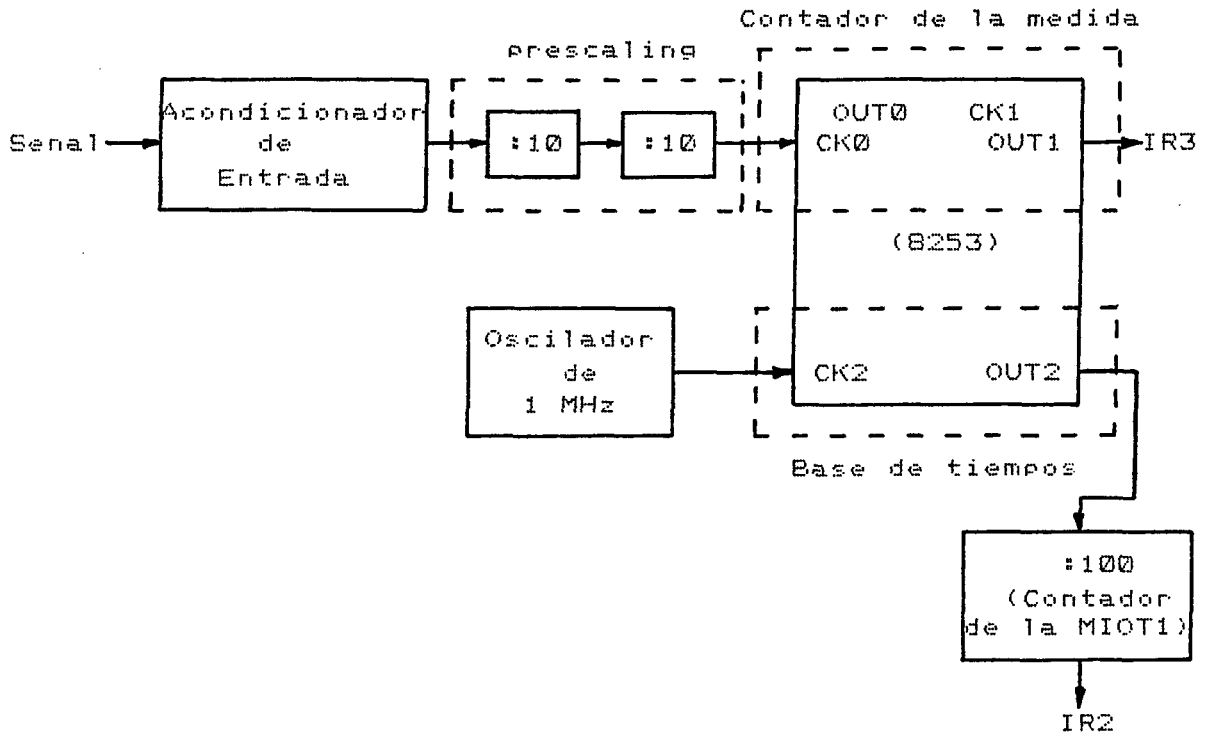
Las entradas de los multiplexores son controladas mediante Software para provocar el pulso que hace cargar la cuenta.

Si la medida supera el margen de cuenta de CK0-CK1 se produce la interrupción IR3, para indicar que se ha superado el margen de medida; por lo que hay que hacer un cambio de escala a una superior.

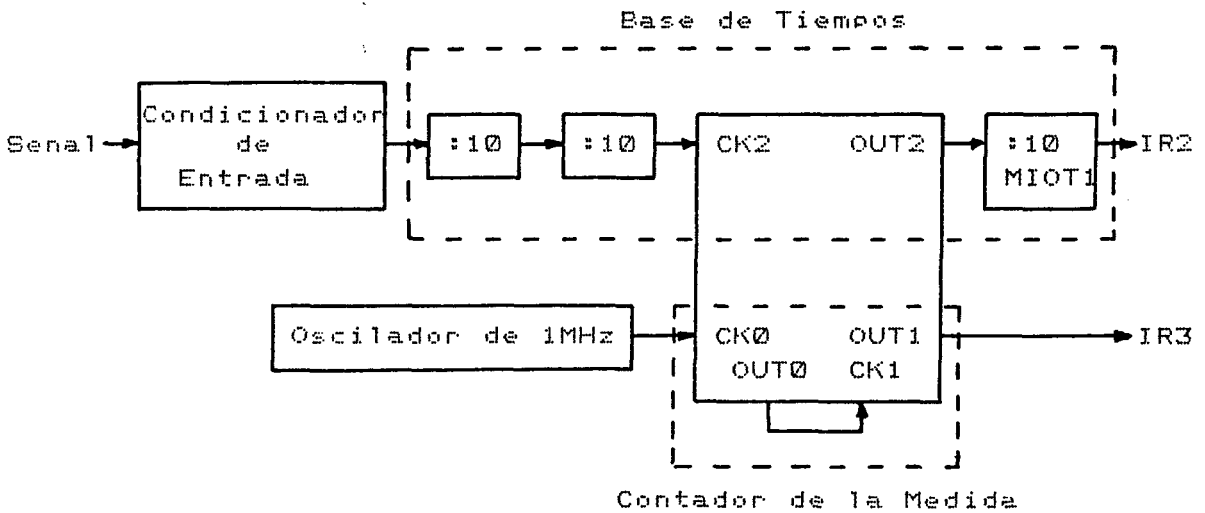
Si se produce un pulso a la salida del contador de la MIOT1 (8155), se provoca la interrupción IR2, para indicar que se ha terminado de hacer una medida. Esta medida es tomada de CK0-CK1.

Para la medida de frecuencia el diagrama de bloques

resultante es el siguiente:



Para la medida de periodo el diagrama de bloques resultante es el siguiente:



La señal, una vez acondicionada, por el adaptador de entrada pasa a través de dos divisores por diez. la finalidad

de estos dos divisores es que la señal que haya a su salida no sea de una frecuencia superior a 2,6 MHz, ya que es esta la frecuencia máxima a la que pueden trabajar los contadores de la PIT. Mediante las líneas de control PB4 y PB5 se controla a dichos divisores; activándolos o desactivándolos según sea la frecuencia de la señal de entrada.

Teniendo en cuenta a estos dos divisores y los contadores de la PIT, nos permite hacer medidas de frecuencia o periodo de señales de hasta 100 MHz. Dependerá de la etapa de entrada el que se pueda llegar a esa frecuencia.

1.2.9. Hardware de la Parte Digital de la Medida de Tensión Intensidad y Resistencia.

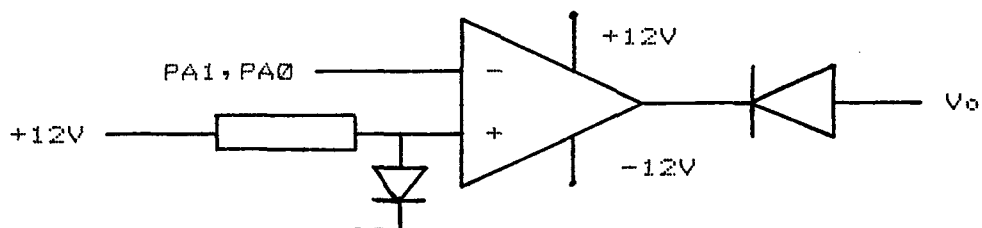
A este nivel de hardware de la parte digital, no se distingue entre las tres medidas, ya que en la parte analógica se han reducido a una medida de tensión continua.

Una vez es acondicionada la señal, esta es aplicada al circuito de conteo. Este circuito tiene que ser capaz de hacer las operaciones necesarias para medir tensión; y proporcionar las distintas escalas. Todo ello es controlado mediante software.

Las distintas líneas de control que proporcionan las escalas son PA3, PA2, PA1 y PA0 de la MIT01 (8155).

Dichas líneas de control proporcionan unos niveles de tensión TTL (0-5V). Al ser aplicadas a los interruptores

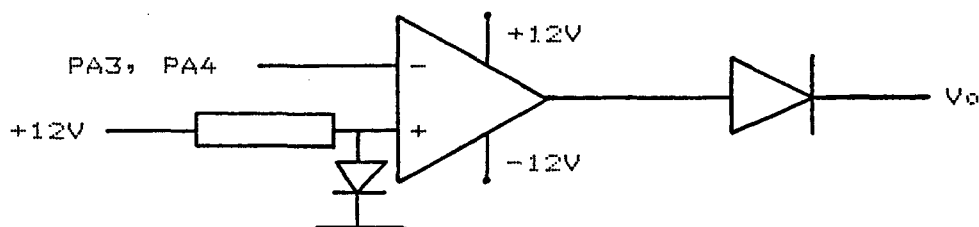
analógicos, han de ser adaptadas a sus niveles de tensión. Así, para los interruptores del preamplificador los niveles de tensión son $-12V$ para el nivel lógico 0 y $0V$ para el nivel lógico 1.



PA = 0 \longrightarrow $V_o = -12V$

PA = 1 \longrightarrow $V_o = 0V$

Para los interruptores del amplificador los niveles de tensión son de $0V$ para el nivel lógico 0 y $12V$ para el nivel lógico 1.

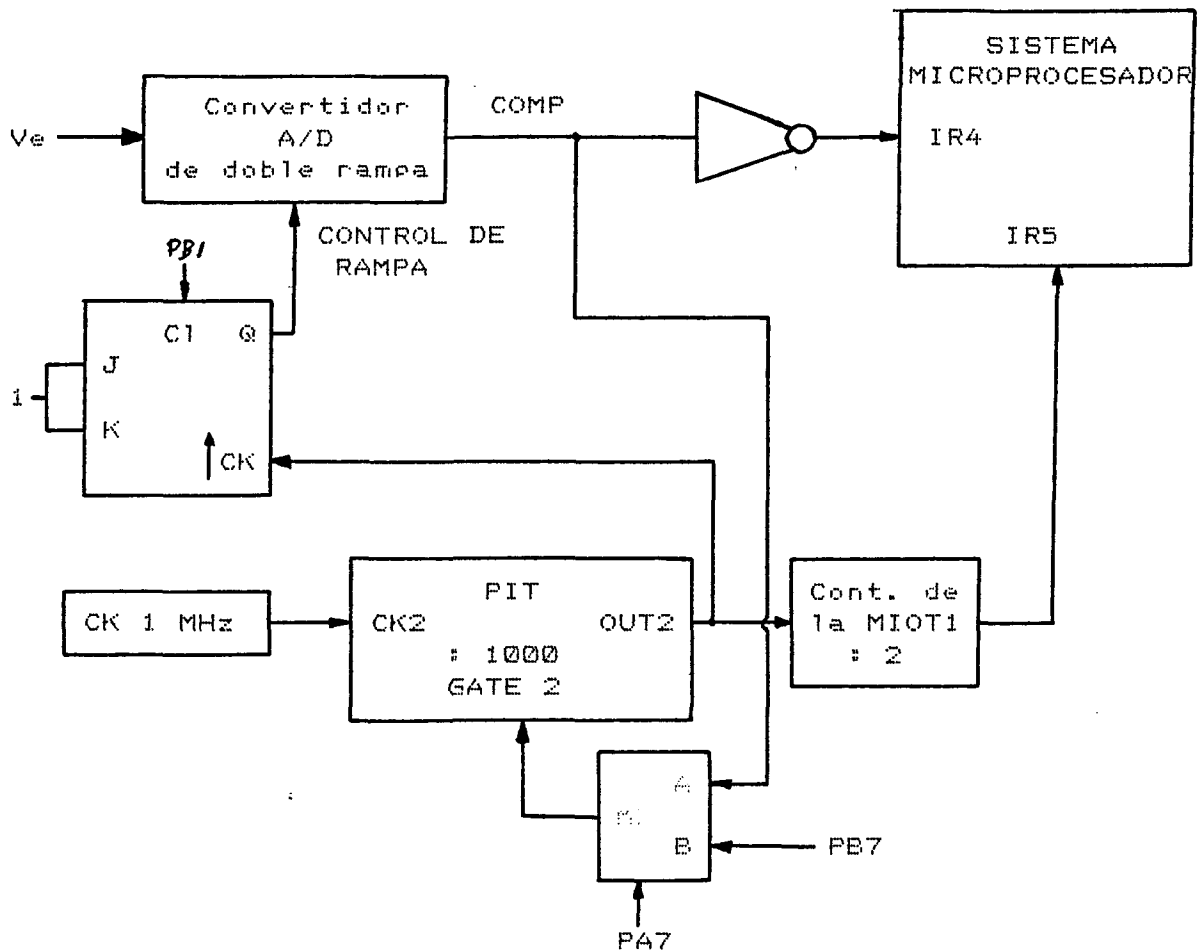


PA = 0 \longrightarrow $V_o = 0V$

PA = 1 \longrightarrow $V_o = 12V$

La parte digital está relacionada con la forma de hacer la medida: el método de integración con doble pendiente.

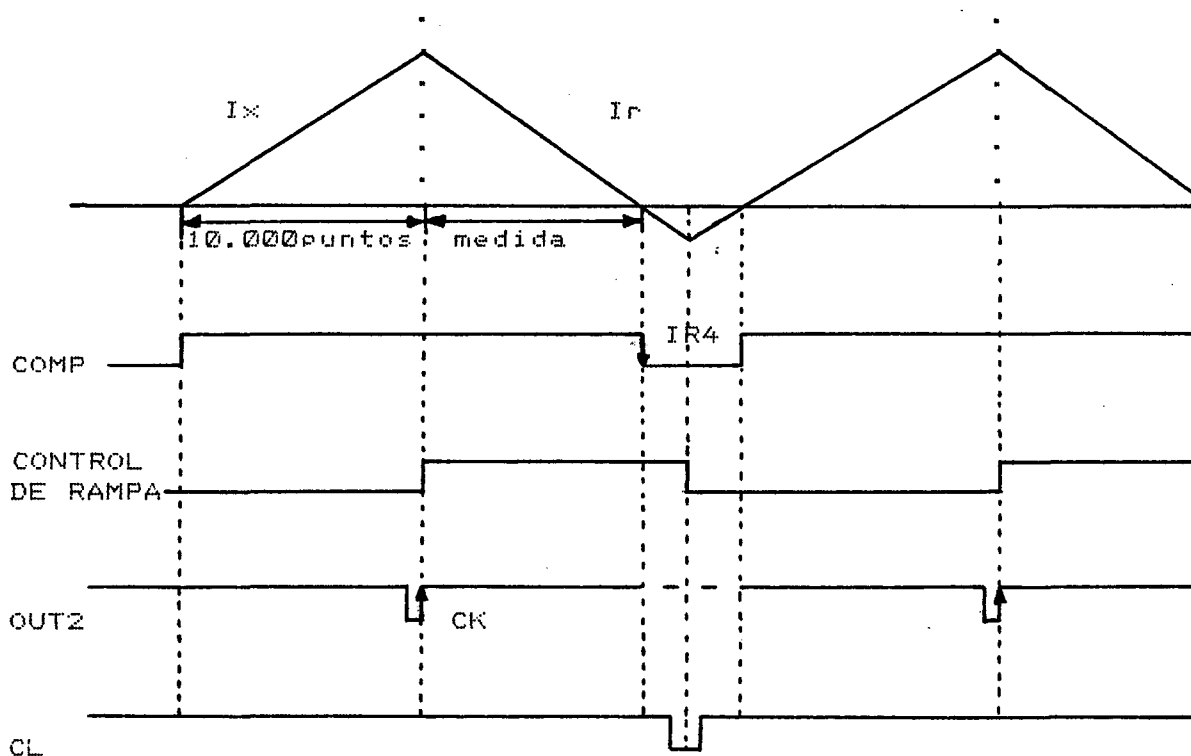
En la siguiente figura se muestra el diagrama de bloques de esta parte digital:



El contador CK2 está controlado por la salida COM del convertidor A/D de forma que sólo cuando esté a 1 hará la cuenta. La medida comienza con la integración de la señal de entrada. Cuando esta llega a un cierto nivel de tensión, hace que la salida COMP pase a 1 con lo que comienza la cuenta del contador CK2. Cuando termina esta cuenta (es decir, llega a 10.000), la señal OUT2 produce un impulso de subida que hace que la salida Q del F-F pase a 1, con lo que la señal de Control de Rampa hace que se pase a la integración de la tensión de referencia de 1V.

Cuando la integración de la referencia llega al nivel de tensión en el que comenzó la cuenta, la salida COMP pasa a cero.

Esto hace que se pare el contador CK2, manteniendo la cuenta hecha. A la vez, dicho impulso produce la interrupción IR4 para que sea tomada la medida; comprobando si la escala es la correcta; y sacándola en el display en caso afirmativo o haciendo un cambio de escala en caso negativo.



La salida del F-F quedará bloqueada a 1 hasta que se desee comenzar otra medida; en cuyo caso, mediante la entrada de Clear se hace que pase a cero, iniciando la integración de la señal de entrada.

Si la tensión de entrada es mayor de 1V, la

integración de la referencia tardará más en llegar al nivel de tensión en que comenzó la cuenta, con lo que se completa la cuenta de CK2, produciéndose un segundo pulso a la salida OUT2 desde que empezó la cuenta. Como el contador de la MIOT1 (8155) está programado para dividir por dos, genera a su salida un pulso que produce la interrupción IR5 para que el sistema haga un cambio de escala.

1.3.Fuente de Alimentación.

-Especificaciones de los componentes de la parte analógica:

Los amplificadores: supondremos un margen de $\pm 10V$ en saturación con una alimentación de $\pm 12V$.

La lógica CMOS se alimentará con $12V$. Los interruptores analógicos del preamplificador se alimentan con $V_{ss} = -12V$ y $V_{dd} = 0V$, dado que las tensiones que van a tener estos interruptores en sus extremos son negativas de aproximadamente $-0,6V$. Los interruptores analógicos del amplificador se alimentan con $V_{ss} = 0V$ y $V_{dd} = 12V$, dado que las tensiones que van a tener estos interruptores en sus extremos son positivas. V_{dd} indicará cual es el nivel lógico "1". Esto se considera de esta forma para que los interruptores CMOS queden transmitir sin pérdidas.

Las señales de control generadas por el sistema microprocesador (TTL) deberán ser adaptadas a la lógica CMOS definida anteriormente.

-Alimentación:

Los requerimientos de alimentación del sistema microprocesador y parte digital del sistema son de $5V$ y $600mA$ como mínimo.

La parte analógica necesita una alimentación de $\pm 12V$

y menos de 200mA.

El transformador utilizado es un transformador toroidal fabricado por ILP (4T344). Dispone de tres secundarios de 9V/7,2A, 15V/3,2A y 15V/0,5A, que supera los requisitos de alimentación del sistema.

Para la alimentación de 5V se utiliza el LM723 seguido del darlington TIP142. Para la alimentación simétrica de $\pm 12V$ se emplea un 7812 y un 7912.

Esta fuente de alimentación proporciona una supresión de ruidos bastante buena. A plena carga no puede casi observarse el rizado. También proporciona una estabilidad buena.

El esquema de la fuente de alimentación se encuentra en el apartado dedicado a los Planos (Esquemas Eléctricos).

2. ORGANIZACION GENERAL DEL SOFTWARE.

En los dos apartados que siguen, Programa Principal y Rutinas de Atención a las Interrupciones, se explica el funcionamiento general básico del Software, con ayuda de organigramas detallados. Los apartados que siguen incluyen comentarios y organigramas detallados de todas las subrutinas.

2.1. Programa Principal.

Al arrancar el sistema, se resetan los flip-flops de HLDA e Interrupt Enable, y el contador de programa se pone a cero, comenzando a correr el programa.

Este deberá, en primera instancia, inicializar el sistema. Comienza con la inicialización de una serie de variables como son el puntero del vector de la memoria, "PUNT"; el indicador de si existe un limite prefijado, "LIMITE"; el indicador de medida en modo único, "UNICO"; la variable donde se va a guardar el contenido del puerto 2AH;

"REG"; el indicador de si la medida lleva signo, "SIGNO"; y la variable auxiliar E\$VB.

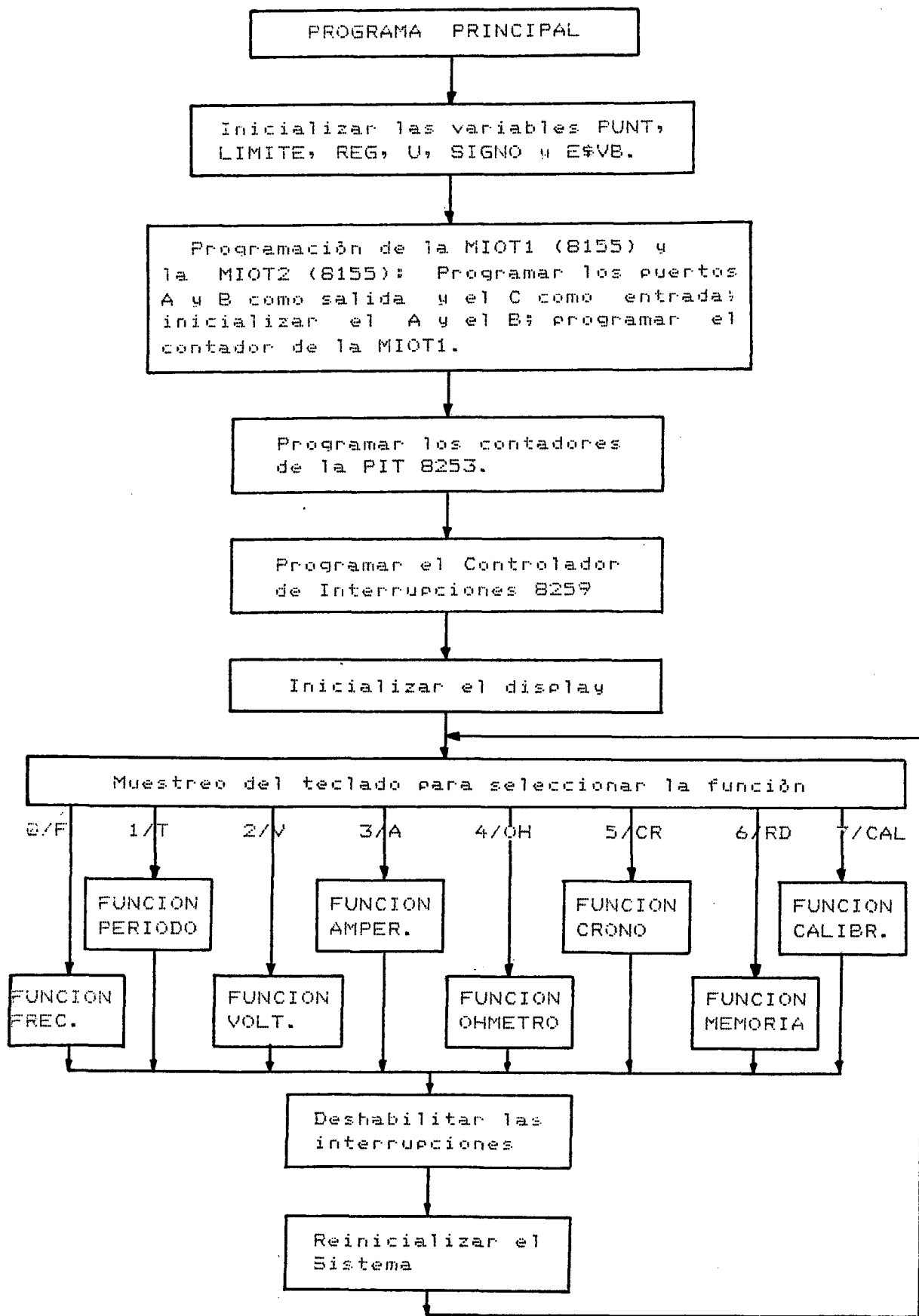
Secuencialmente, se programan los Circuitos Integrados MIOT1 (8155) y MIOT2 (8155). Los puertos A y B se programan como salida y el C como entrada. Los puertos A y B se inicializan y se programa el contador de la MIOT1.

Luego se programa la PIT (programmable interval timer) 8253, y la PIC (Programmable Interrupt Controller) 8259A.

Esta fase termina con la inicialización del display.

El programa se introduce entonces en un bucle de espera hasta que se introduzca por teclado la función que se quiera seleccionar: Frecuencia, Periodo, Tensión, Intensidad, Resistencia, Crono, Lectura de los datos memorizados o Calibrado del Multímetro. En apartados posteriores se tratan cada una de las funciones por separado.

Presionando la tecla "CL" se sale del bucle de la función escogida. Posteriormente, se deshabilitan las interrupciones, se reinicializa el sistema y queda a la espera de que se seleccione otra función.



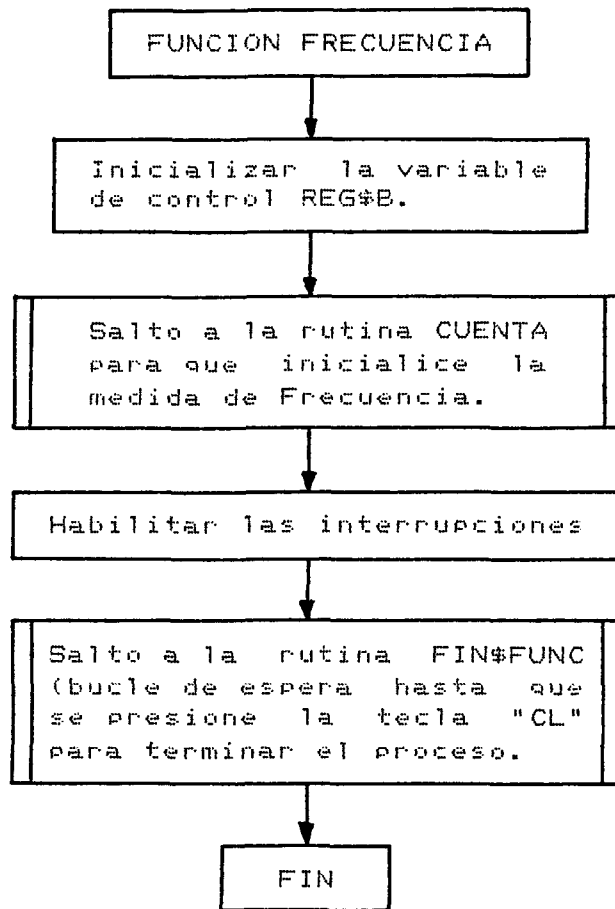
2.1.1. Función Frecuencia.

Si la función seleccionada es la frecuencia, comienza inicializando la variable REG\$B con 0F2H. En esta variable se va a guardar el contenido del puerto 22H. Dicho puerto controla las entradas de reloj de los contadores CK2 y CK0 de la PIT; los dos divisores por diez que se encuentran después del adaptador de señal; y las puertas que habilitan la cuenta de los contadores de la PIT. En definitiva, la variable REG\$B será la que haga que el sistema se organice de forma que pueda hacer medidas de frecuencia; que a los contadores de la medida les llegue la señal de entrada acondicionada y al contador de la base de tiempos la señal de 1MHz.

Seguidamente, se origina un salto a la rutina CUENTA, que es la encargada de inicializar tanto la medida de Frecuencia como de Periodo.

A continuación se habilitan las interrupciones. Las interrupciones que se podrán producir son HOLD (IR1), IR2 e IR3. La interrupción HOLD (IR1) se utiliza para retener en el display la medida realizada en un momento dado por el tiempo que se desee. La interrupción IR3 se produce cuando haya una superación del rango de medida. La interrupción IR2 marca el tiempo de puerta de la base de tiempos, tomando la medida hecha, comprobando si la medida está hecha en la escala correcta y en caso afirmativo sacándola en el display.

Finalmente, se produce un salto a la rutina FIN\$FUNC, que contiene un bucle de espera hasta que se presione la tecla "CL" para terminar el proceso.



2.1.2. Función Periodo.

Esta función comienza programando el contador de la M10T1 (8155) para que divida por diez. Este contador forma parte de la base de tiempos.

Se inicializa la variable REG#B. Esta variable contendrá la combinación necesaria para que el sistema pueda hacer medidas de periodo; es decir que sean los pulsos de la señal de entrada los que produzcan la interrupción IR2 y sea

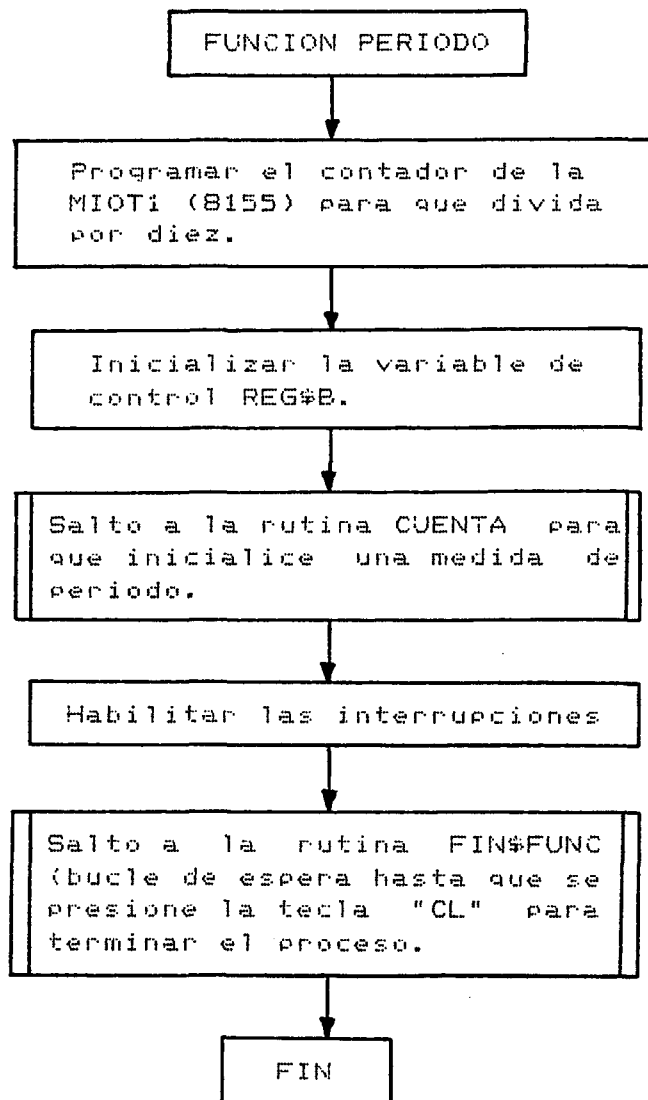
la señal conocida de 1MHz la que empieza a ser medida por los contadores de la PIT. De esta forma, el acondicionador de la señal de entrada genera los impulsos que van a la base de tiempos formada por los dos divisores de entrada, el contador Ck2 de la PIT y el temporizador de la MIOT1 (8155). El oscilador de 1MHz es el que proporciona los impulsos que nos permite hacer la medida por CK0-CK1.

Variando la programación de los contadores de la base de tiempos se varia el tiempo de puerta.

A continuación, se origina un salto a la rutina CUENTA, que será la encargada de inicializar una medida de periodo.

Seguidamente, son habilitadas las interrupciones. Las interrupciones que se podrán producir son HOLD (IR1), IR2 e IR3. Estas interrupciones son las mismas que en el caso de la función frecuencia; con la diferencia que la rutina de atención a la interrupción IR2 distinguirá cuando se trata de medidas de frecuencias y cuando de periodos. La comprobación de si la medida es correcta y su posterior formateo en caso afirmativo serán distintas según se trate de medir frecuencias o periodos.

Finalmente, se produce un salto a la rutina FIN\$FUNC, donde se produce un bucle de espera hasta que se presione la tecla "CL" para terminar con el proceso.

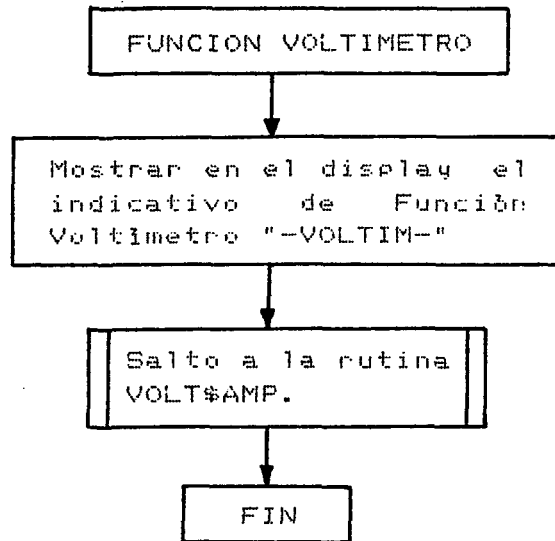


2.1.3. Función Voltímetro.

Inicialmente, se muestra en el display el indicativo de la función voltímetro "-VOLTIM-".

Seguidamente, se produce un salto a la rutina VOLT\$AMP. Esta es una rutina que van a utilizar tanto la función voltímetro como la función amperímetro. se verá en un

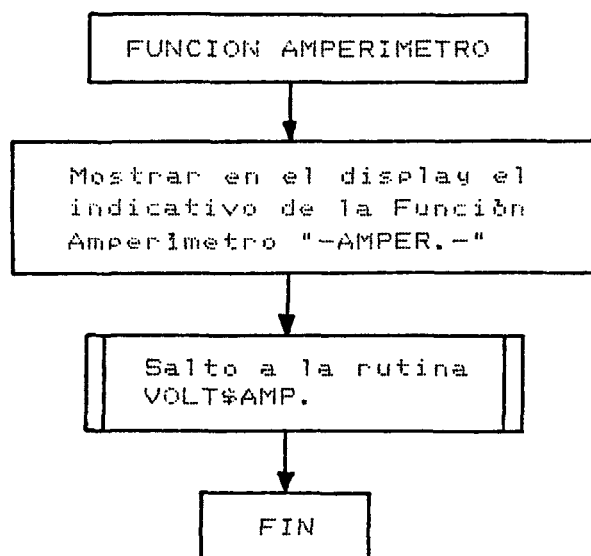
apartado posterior.



2.1.4. Función Amperímetro.

Esta función comienza sacando en el display el indicativo de la Función Amperímetro "--AMPER.--".

Seguidamente, se produce un salto a la rutina VOLT\$AMP (se verá en un apartado posterior).



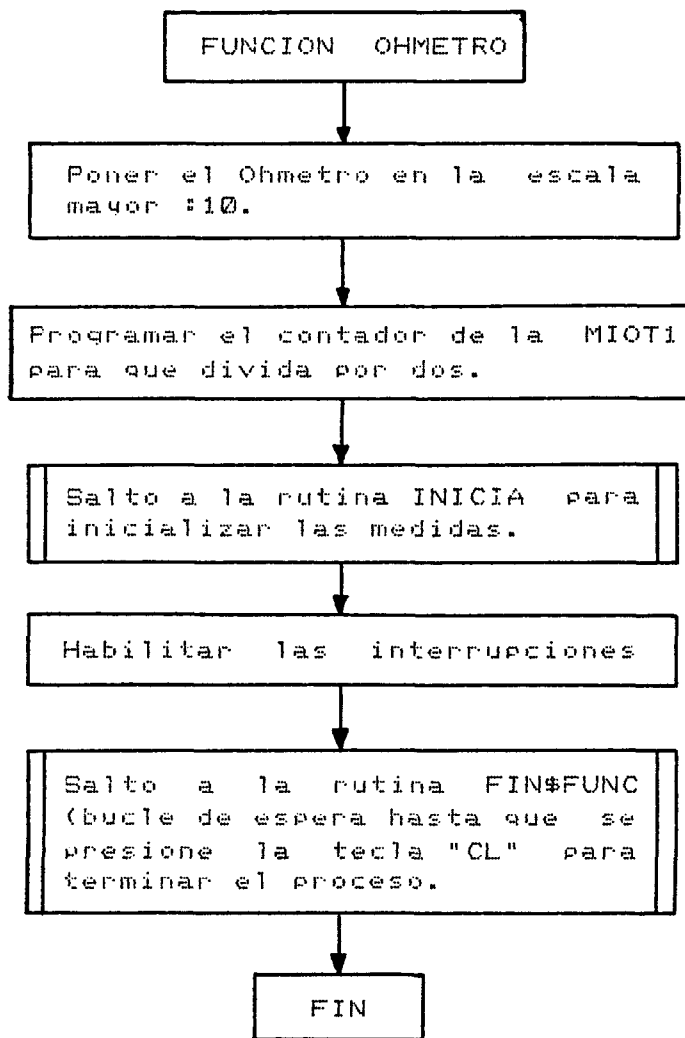
2.1.5. Función Ohmetro.

Inicialmente, se pone el Ohmetro en la escala de menor sensibilidad $\times 10$.

Seguidamente, se programa el contador de la MIOT1 (8155) para que haga una división por dos. La finalidad de esto, está en el proceso de medida: el primer pulso es contado al terminar la integración de la serra, y el segundo pulso si se produce una superación del rango de medida, con lo que el timer produce un impulso que provoca la interrupción IRS.

Luego se produce un salto a la rutina INICIA para comenzar a hacer las medidas de forma repetitiva.

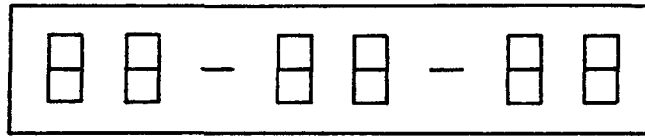
Por último, se introduce en la rutina FIN#FUNC hasta que desde el teclado se pulse el comando para dejar de hacer medidas de resistencia.



2.1.6. Función Crono.

Esta función no estaba prevista inicialmente; pero como quedaba espacio en la EPROM se introdujo, ya que el circuito prácticamente no había que modificarlo.

En el display aparecerán minutos, segundos y centésimas de segundo; para ello, cada centésima de segundo se produce una interrupción para incrementar el tiempo y sacarlo en el display.



Inicialmente, se dispara el contador CK2 de la PIT. Su función es la de dividir por 10.000 la frecuencia patrón de 1MHz, obteniéndose a su salida una señal de 100Hz, que será la que vaya produciendo las interrupciones, incrementando el crono.

Se desenmascaran las interrupciones HOLD (IR1) para si se desea parar la cuenta durante el tiempo que se quiera; y la IR7 cuya rutina de atención es la que hace que se incremente el crono y se renueve el display.

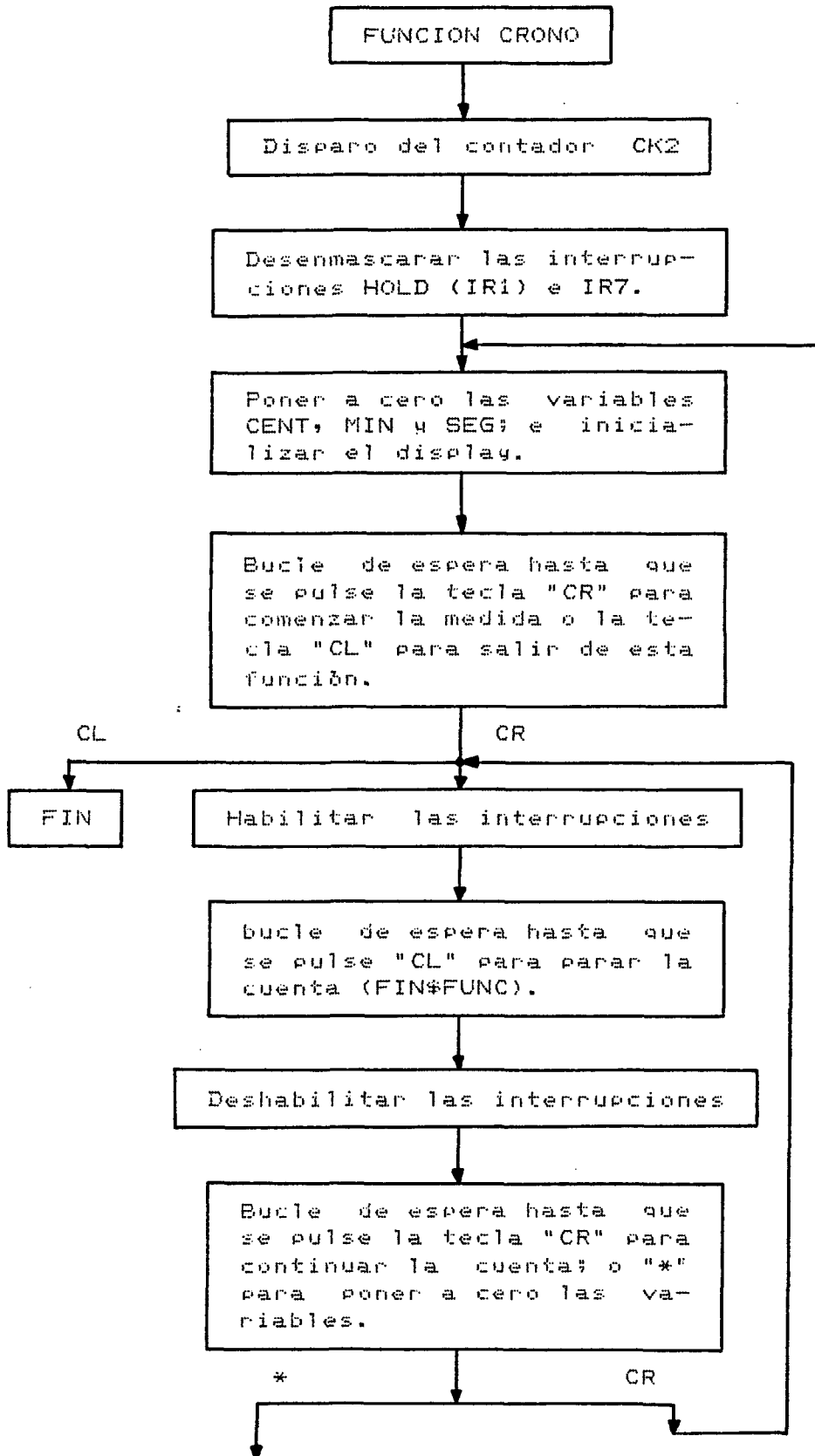
Posteriormente, se inicializarán las variables que contendrán las centésimas "CENT", segundos "SEG" y minutos "MIN" poniéndolas a cero y sacándolas en el display.

Luego se introduce en un bucle de espera hasta que se pulse la tecla "CR" para comenzar la cuenta, o la tecla "CL" para salir de esta función.

Si se presiona la tecla "CR", empieza la cuenta al habilitarse las interrupciones, y el programa principal se introduce en un bucle de espera hasta que se pulse "CL" para parar la cuenta. La cuenta es parada al deshabilitarse las interrupciones.

Finalmente, se introduce en otro bucle de espera hasta que se presione la tecla "CR", para continuar la cuenta partiendo del tiempo que marca el cronómetro en ese momento; si la tecla pulsada es "CL", se produce un salto hasta la posición donde se inicializan las variables y el display; es

decir, pone el cronómetro a cero.



3.1.7. Función Memoria.

El multímetro ofrece la posibilidad de guardar en memoria hasta diez de las medidas hechas de cualquiera de las funciones. Estas medidas son guardadas en un vector. La variable "PUNT" indica cual es la última posición de memoria del vector que contiene un dato memorizado.

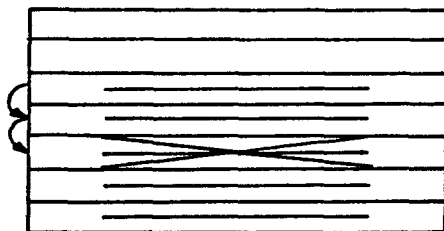
Esta función, además, utiliza otro puntero, "N", que señalará en un momento dado a uno de los datos para sacarlo en el display.

Inicialmente, al seleccionar esta función se comprueba si existe algún valor en memoria. Si existe alguno, es sacado en el display el dato señalado por el puntero "PUNT"; es decir, la última medida introducida en memoria.

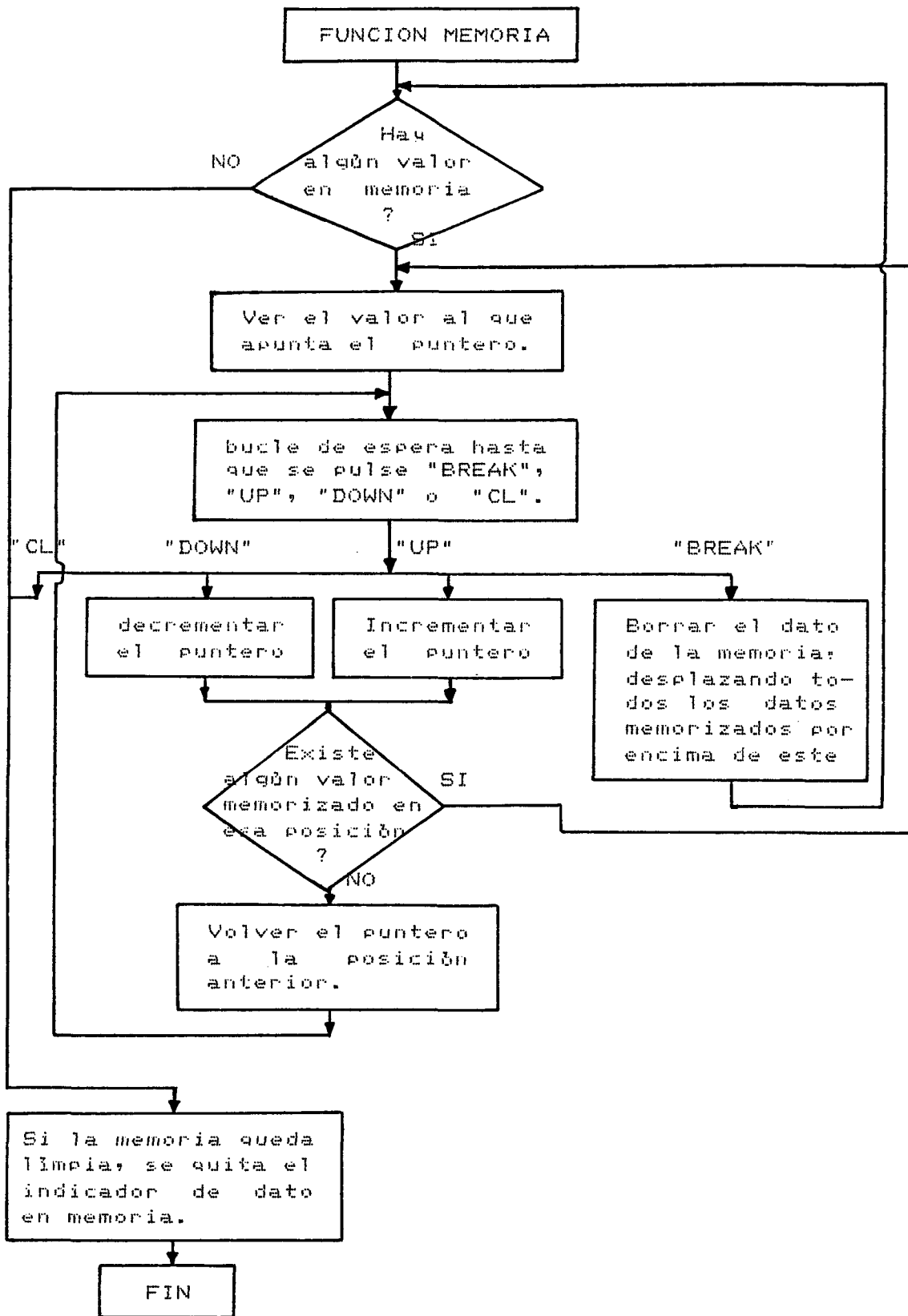
Seguidamente, se introduce en un bucle de espera donde se ofrece la posibilidad de salir de esta función; de ver el dato que se encuentra en la posición anterior del vector; de ver el dato de la posición superior; o de borrar de la memoria el dato que se encuentra en el display.

Si la tecla pulsada es "DOWN" el puntero "N" es decrementado; y en caso de que fuera "UP", éste sería incrementado. Posteriormente, se comprueba si existe algún dato en la posición de memoria a la que apunta "N". Si existe, es mostrado en el display y se vuelve a introducir en el bucle de espera anterior. Si no existe, vuelve el puntero "N" a la posición anterior y se introduce en el bucle de espera mencionado.

Si la tecla pulsada es "BREAK" el dato que se encuentra en el display es borrado de la memoria y se produce un desplazamiento de todos los datos memorizados por encima de este.



Finalmente, se comprueba si la memoria a quedado limpia. En caso afirmativo, se apaga el led indicador de datos en memoria.



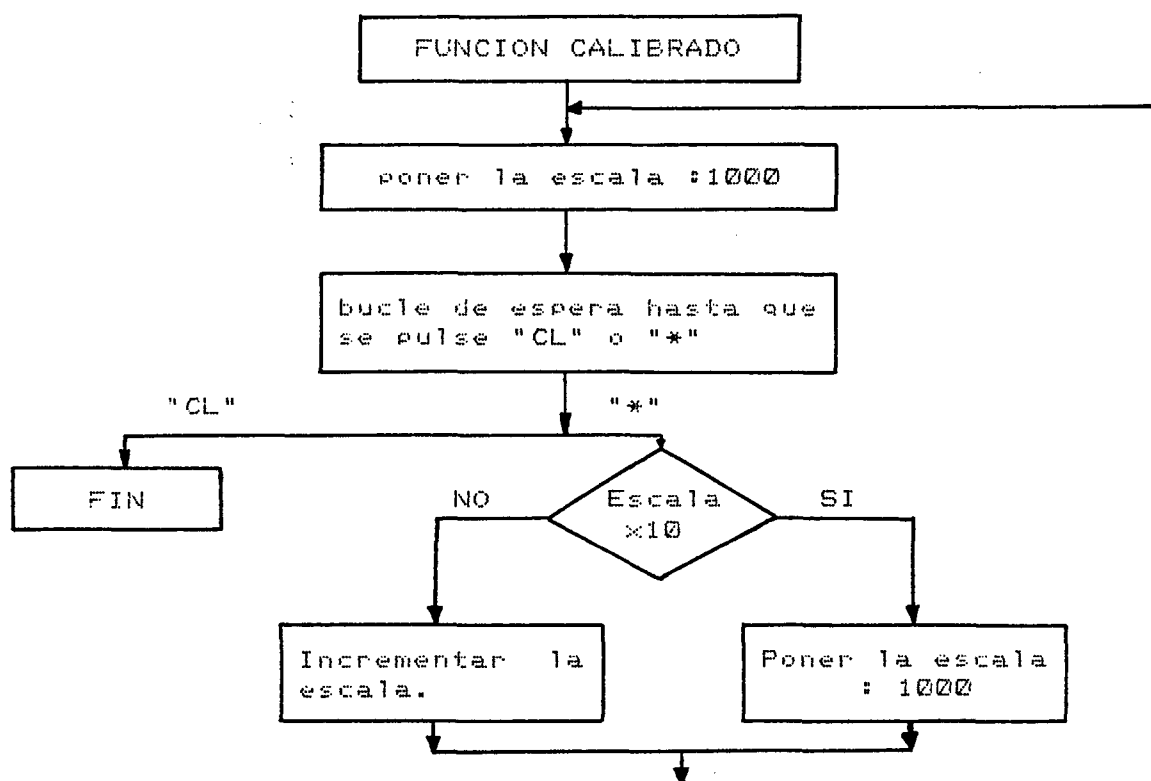
2.1.8. Función Calibrado.

La función del calibrado es poder regular el multímetro para que a una entrada de 2V, haya una salida de 2V.

Para ello, se ofrece la posibilidad de ir colocando las escalas posibles, y con ello, poder hacer dicho calibrado.

Una vez introducido en esta función, es colocada la escala :1000; sucesivamente, cada vez que se pulse la tecla "*", irá variando las escalas (:1000, :100, x1 y x10). Al llegar a la escala x10 y pulsar "*" volverá a empezar en la escala :1000.

Cuando se haya hecho el calibrado y se desee salir de esta función se pulsará "CL".



2.1.9. Las Principales Rutinas.

-Subrutina VOLT\$AMP:

Esta subrutina es utilizada por las funciones Voltímetro y Amperímetro. Su función es seleccionar si la señal de entrada es continua o alterna; fijar, si se desea, el límite para si es superado disparar un zumbador; y ofrecer la posibilidad de hacer la medida de forma repetitiva o de forma única cada vez que se pulse una tecla.

Esta rutina comienza programando el contador de la MIOT1 (8155) para que divida por dos. La finalidad de esto está en el proceso de medida. Este proceso se compone de dos partes: integración de la señal e integración de la tensión de referencia. La MIOT1 (8155) contará el primer pulso cuando termine la integración de la señal. El segundo pulso sólo será contado cuando se produzca una superación del rango de medida. Cuando ocurre esto, se produce a la salida del contador de la MIOT1 (8155) un impulso que provoca la interrupción IR5 para indicar que ha habido dicha superación de rango y hacer un cambio de escala.

Seguidamente, se introduce en un bucle de espera hasta que se pulse una de las siguientes teclas: "CL" para salir de la rutina; "AC" para seleccionar la medida de tensión o de intensidad en alterna; "DC" para seleccionar la medida en continua; ó "LIM" para fijar el límite.

Si la tecla presionada es "LIM", entra en un bucle de espera hasta que se seleccione la escala deseada:

		ESCALA
-	X X X \ X - V	----- 1
-	X X \ X X - V	----- 2
-	X \ X X X - V	----- 3
-	X X X \ X m V	----- 4
-	X X \ X X m V	----- 5

-	X \ X X X - A	----- 1
-	X X X \ X m A	----- 2
-	X X \ X X m A	----- 3
-	X \ X X X m A	----- 4
-	X X X \ X / A	----- 5

No hace falta conocer el número que le corresponde a cada una de las escalas, ya que presionando cualquier número del uno al cinco irán apareciendo en el display la colocación de la coma y la unidad que le corresponda a la escala seleccionada.

Presionando la tecla "NEXT" se sale de dicho bucle quedando la escala fijada.

Posteriormente, se pasa a introducir los cuatro números por desplazamientos sucesivos de derecha a izquierda cada vez que se introduzca uno de dichos números.

Luego queda a la espera de que se introduzca un número, que produciría un desplazamiento perdiéndose el número que estaba más a la izquierda y colocándose el nuevo a la derecha; o se puede salir del bucle presionando la tecla "CL".

El valor del límite es almacenado en la variable LIMIT; y regresa al bucle de espera inicial.

Si la tecla presionada es "DC", se selecciona mediante la variable "SIGNO" el modo Vcc ÷ Acc, según sea.

A continuación, se produce un salto a la rutina "INICIA" para comenzar a hacer las medidas en modo repetitivo.

Si la tecla presionada fuera "AC" se produce el salto a dicha rutina directamente.

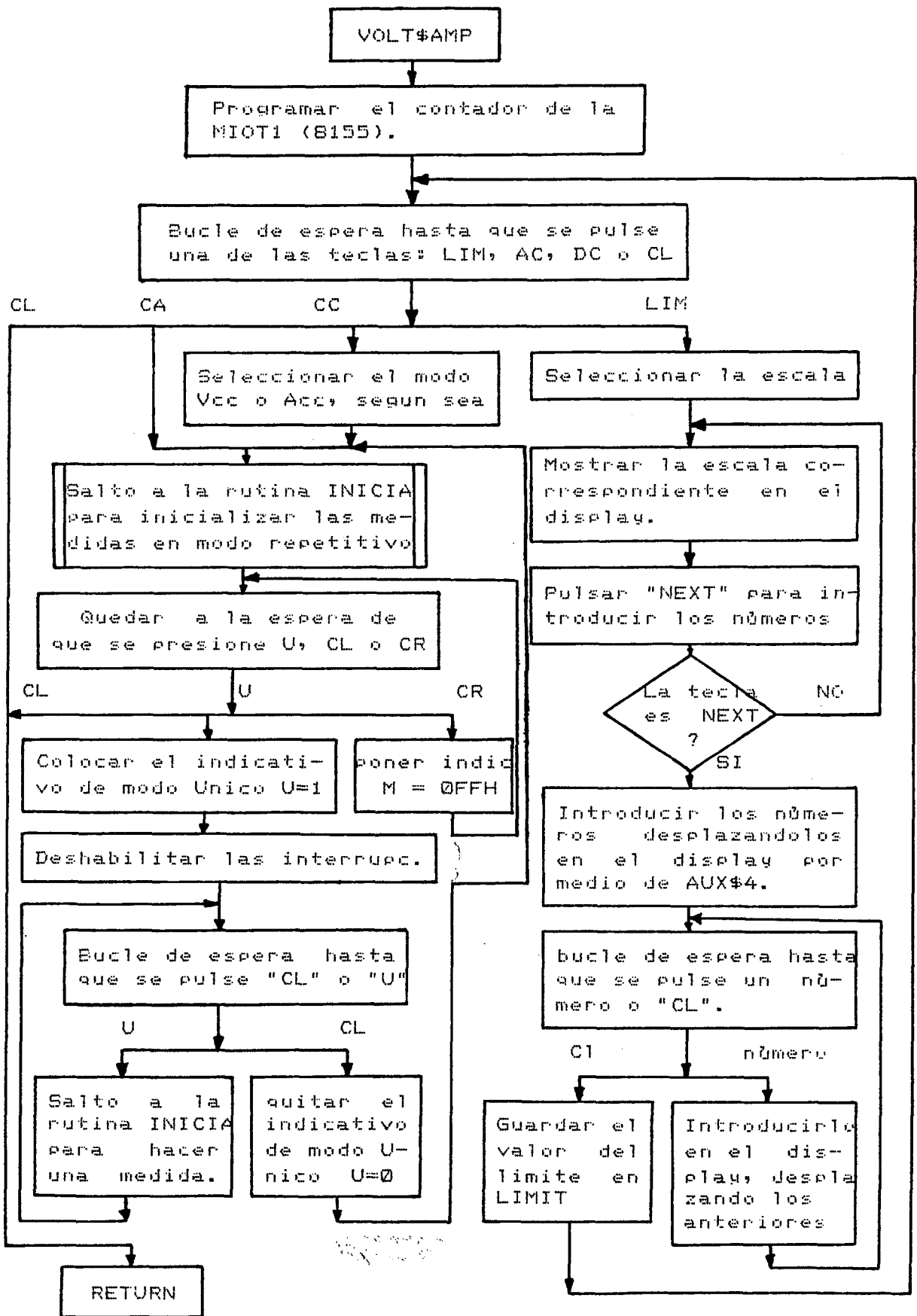
Secuencialmente, se introduce en un bucle de espera hasta que se presione la tecla "CL" para salir de la función; "U" para realizar las medidas en modo Único; o "RD" para que se memorice el dato que se está midiendo en ese instante.

Si la tecla pulsada es "CR" se coloca el indicativo para que una vez se termine de hacer la medida en curso, esta sea colocada en memoria (M=0FFH).

Si se pulsa "U", se coloca el indicativo de modo Único U=1 y se deshabilitan las interrupciones, con lo cual se deja de hacer medidas; quedando a la espera de que se pulse "CL" para pasar a hacer medidas en modo repetitivo; o "U" para hacer una medida.

Cada vez que se presione "U" se hace una medida, volviendo al bucle de espera anterior.

Al pulsar "CL", se quita el indicativo de modo Único U=0 y sale de dicho modo para volver a hacer las medidas en modo Repetitivo.



-Subrutina INICIA:

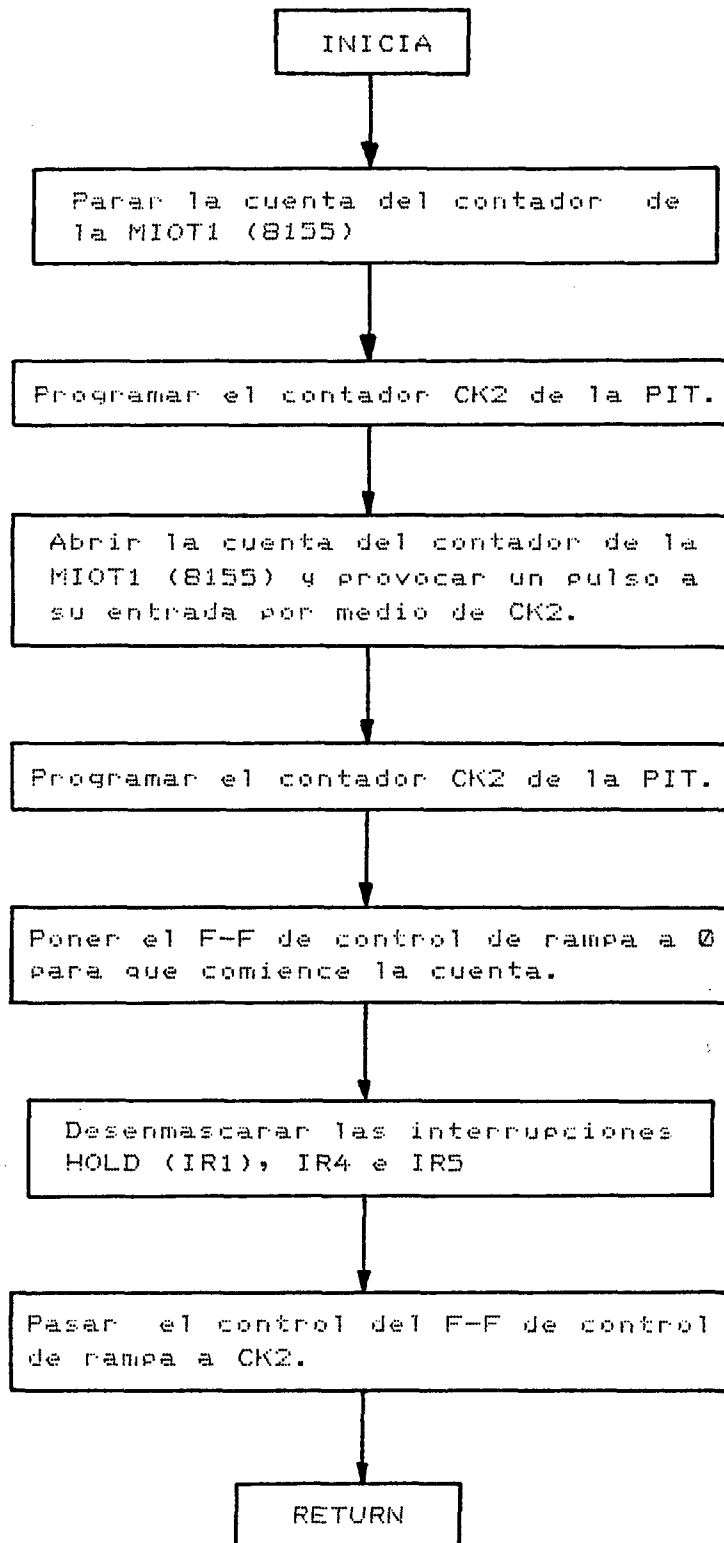
La función de esta subrutina es inicializar las medidas de tensión, intensidad y resistencia.

Comienza parando la cuenta del contador de la MIOT1 (8155); y programando el contador CK2 de la PIT. Seguidamente, se abre la cuenta del contador de la MIOT1 y se provoca un pulso a su entrada por medio de CK2. La finalidad de esto es hacer que el contador de la MIOT1 cargue la cuenta.

Posteriormente, se vuelve a programar a CK2 para comenzar a hacer otra medida. Para ello, se pone el flip-flop de control de rampa a cero para que comience la cuenta; empieza la carga del condensador por medio de la señal de entrada.

Luego se desenmascaran las interrupciones HOLD (IR1), IR4 e IR5. La interrupción IR5 se produce cuando ocurre una superación del rango de medida. La interrupción IR4 se produce cuando la integración de la referencia llega a cero; tomando la medida del contador CK2; comprobando si la escala es correcta; y sacando la medida en el display si es correcta, o modificando la escala si no lo es.

Finalmente, se pasa el control del flip-flop de control de rampa a CK2.



-Subrutina CUENTA:

La función de esta rutina es el inicializar las medidas de frecuencia o periodo, dependiendo de la variable REG#B.

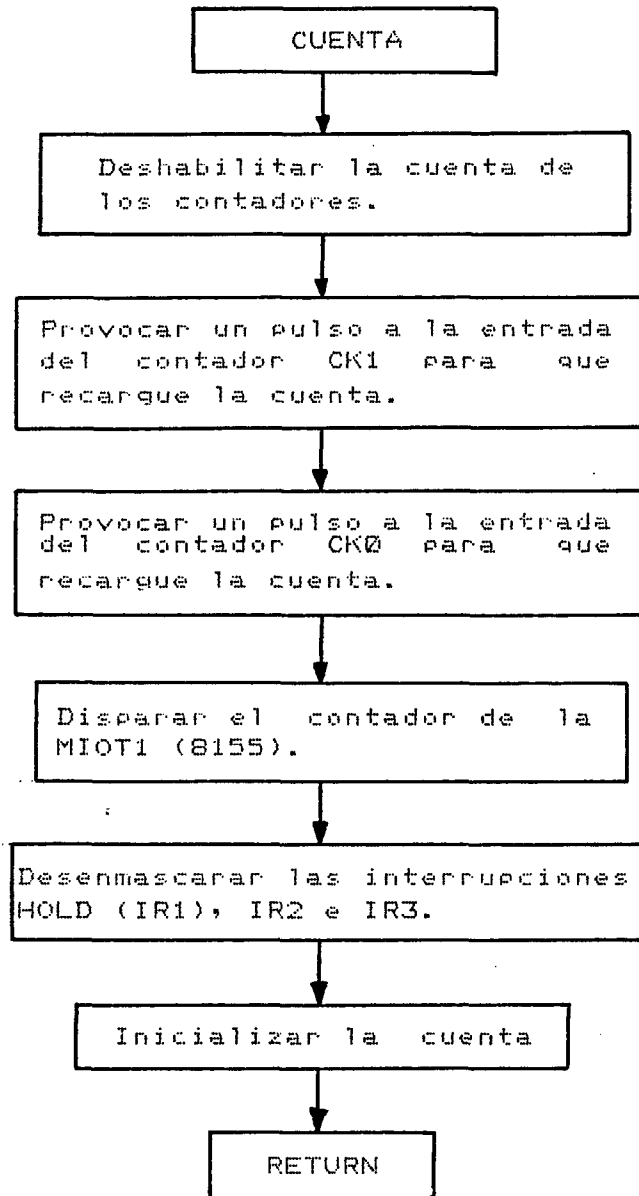
Comienza deshabilitando la cuenta de los contadores.

La medida es hecha por los contadores CK0-CK1 de la PIT. Cada vez que se va a hacer una nueva medida, los contadores deben recargar la cuenta. Para ello, utilizan el primer pulso de reloj que les llega. Al estar los dos contadores CK0 y CK1 unidos puede suceder que a CK1 no le llegue ningún pulso durante el proceso de una medida, con lo cual este contador mantendrá el valor de una medida anterior. Para evitar esto, hay que resetear dicho contador; es decir, hay que hacer que éste cargue una nueva cuenta. Por todo ello, la solución que se ha tomado es programar CK0 con una cuenta pequeña, para que al final de dicha cuenta produzca un pulso. La señal que va a llegar a CK0 para hacer la cuenta va a ser 1 MHz. Terminada la cuenta, se produce un impulso a la entrada de CK1 para que cargue la cuenta, con lo que queda reseteado.

Seguidamente, se programa CK0 para hacer la cuenta normal, y provoca un pulso a su entrada para que recargue este también la cuenta.

Luego, se dispara el contador de la MIOT1 (B155).

Finalmente, se desenmascaran las interrupciones HOLD (IR1), IR2 e IR3. La interrupción IR2 se produce cuando se completa el proceso de medida. La interrupción IR3 se produce cuando ocurre una superación del rango de medida.



-Subrutina TECL:

Esta subrutina se encarga del control del teclado.

Comienza haciendo un barrido continuo del teclado hasta que se pulse una tecla. Mediante el uso de las variables

COLM (columnas) y FILA (filas) se colocan ceros en una fila y se comprueba si en cada una de las columnas existe algún cero (=tecla pulsada). Luego pasa a la siguiente fila y se repite el proceso hasta barrer toda la matriz. Este proceso se irá repitiendo hasta que se pulse una tecla.

Cuando es pulsada alguna tecla, se reconoce de que tecla se trata, codificándola.

Seguidamente se produce un retardo para evitar rebotes en los contactos. Además, si se pulsa una tecla, el sistema no actúa hasta que no se suelte dicha tecla.

Las acciones realizadas, según la tecla pulsada, una vez considerado válido el tecleo, son:

-1,T: Selecciona la medida del periodo.

-2,V: Selecciona la medida de tensión.

-3,A: Selecciona la medida de intensidad.

-4,OHM/LIM: OHM selecciona la medida de resistencia. LIM, si estamos en medida de tensión o de intensidad, y antes de hacer las medidas, se utiliza para fijar el límite, que si es superado se dispara un zumbador.

-5,U/CR: U se utiliza cuando se están haciendo las medidas de tensión o de intensidad para seleccionar el modo Único. Una vez dentro de dicho modo, se utiliza para hacer una medida cada vez que es pulsada. CR selecciona la función Crono. una vez dentro de esta función, se utiliza para disparar la cuenta.

-6,RD: Selecciona la función Memoria; también se

utiliza para memorizar una medida.

-7,AC: Selecciona la medida de tensión o corriente alterna, según cual de las dos magnitudes haya sido seleccionada anteriormente.

-8,DC/BREAK: DC selecciona la medida de tensión o corriente continua, según cual de las dos magnitudes haya sido seleccionada anteriormente. BREAK se utiliza dentro de la función Memoria para borrar un dato memorizado.

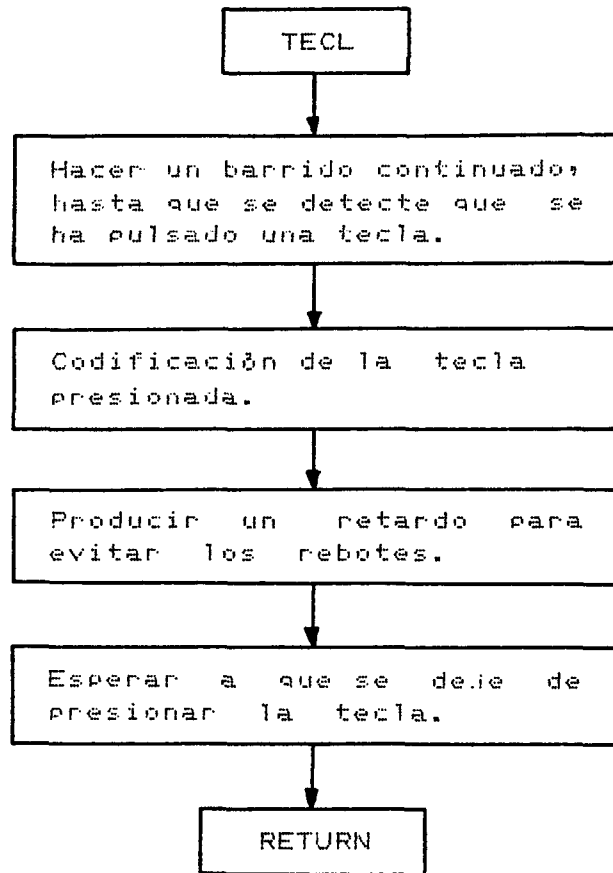
-9,DOWN: Se utiliza dentro de la función Memoria para visualizar en el display el dato que se encuentra una posición por debajo del que se encuentra en el display en ese momento.

-0AH,NEXT/UP: NEXT se utiliza en la subrutina VOLT*AMP para fijar la escala del límite. UP se utiliza dentro de la función Memoria para visualizar en el display el dato que se encuentra una posición por encima del que está en ese momento en el display.

-0,f: Selecciona la medida de frecuencia.

-0BH,CL: Se utiliza durante el desarrollo del programa muchas veces. Su finalidad es la de dar por concluido el proceso que se encontraba hasta ese momento en curso.

-Las teclas del 0 al 9: Se utilizan durante el proceso de fijar el límite en la medida de tensión o de corriente.

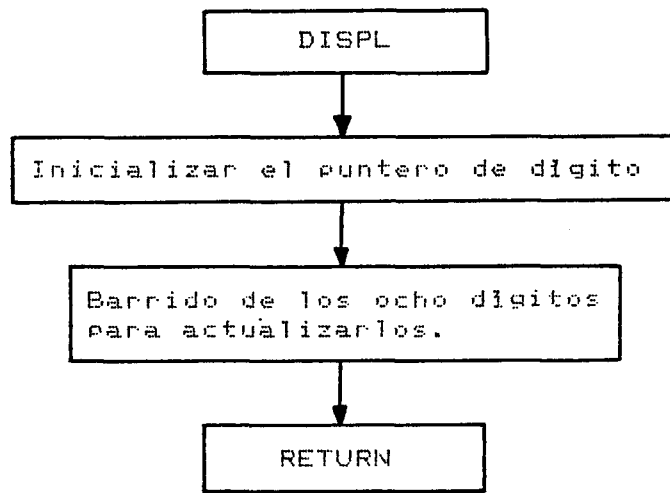


-Subrutina DISPL:

Esta subrutina hace un barrido del display para actualizarlo.

Para hacer dicho barrido se utiliza un puntero que apunta en cada momento al dígito que se va a actualizar.

La rutina comienza inicializando dicho puntero de dígito. Luego, se introduce en un bucle encargado de hacer el barrido de los ocho dígitos para actualizarlos. Para renovar un dígito hay que poner primero la dirección del dígito y entonces se coloca el valor actualizado.

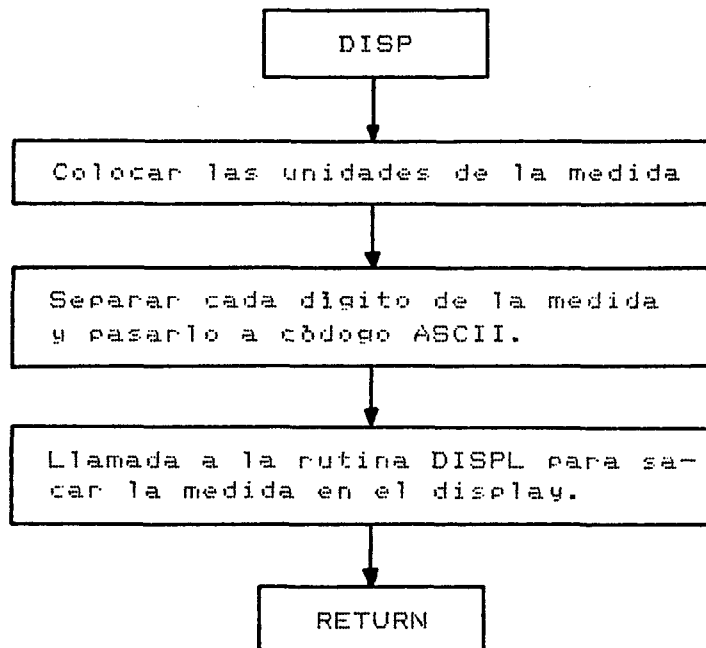


-Subrutina DISP:

Esta subrutina se encarga de tomar una medida y sacarla en el display.

Al display hay que entregar los dígitos en código ASCII. Para ello, la rutina toma la medida para separar cada dígito y pasarlos a código ASCII.

La rutina termina haciendo una llamada a la subrutina DISPL para sacar la medida en el display.



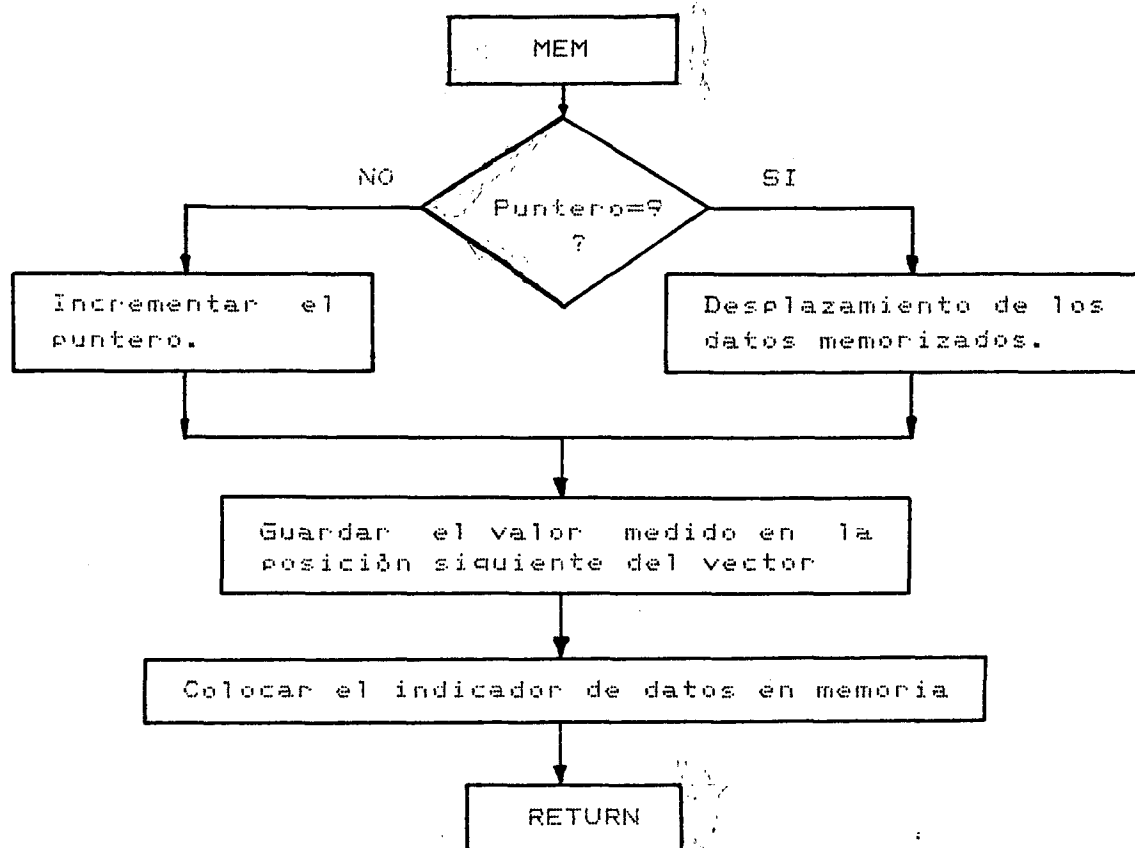
Subrutina "MEM":

Esta Subrutina se utiliza durante la realización de cualquiera de las medidas (de frecuencia, periodo, tensión, intensidad o resistencia) para memorizar la medida.

Durante el proceso de medida se tantea el teclado hasta que se pulse la tecla RD, en cuyo caso se coloca el indicador M=0FFH para que cuando se produzca la interrupción de toma del valor de la medida, se produzca un salto a esta rutina para que dicha medida sea memorizada.

Las medidas son guardadas en un vector de diez elementos. Cada vez que se memoriza una medida el puntero "PUNT" es incrementado. Si la memoria se encuentra llena, se produce un desplazamiento de los datos memorizados, perdiéndose el dato de la posición 0 del vector y memorizándose el nuevo dato en la última posición.

Seguidamente, se enciende el indicador de datos en memoria.



Subrutina FORMATEO:

Esta subrutina se encarga de tomar la medida de tensión, intensidad o resistencia y formatearlas: coloca la coma en la posición que le corresponde según la escala en que fue hecha la medida, y le añade las unidades que le corresponden, también según la escala tomada.

Los posibles formateos que se pueden hacer son:

-Medida de tensión:

Formateo	Escala	intervalos de tensión
- X X X \ X - V	----- 1 -----	100V - 999,9V
- X X \ X X - V	----- 2 -----	10V - 99,99V

```

- X \ X X X - V ----- 3 ----- 1V - 9,999V
- X X X \ X m V ----- 4 ----- 100mV - 999,9mV
- X X \ X X m V ----- 5 ----- 0 - 99,99mV

```

-Medida de intensidad:

Formateo	Escala	Intervalos de intensidad
- X \ X X X - A ----- 1 -----	1	1A - 9,999A
- X X X \ X m A ----- 2 -----	2	100mA - 999,9mA
- X X \ X X m A ----- 3 -----	3	10mA - 99,99mA
- X \ X X X m A ----- 4 -----	4	1mA - 9,999mA
- X X X \ X / A ----- 5 -----	5	0 - 999,9/A

-Medida de resistencia:

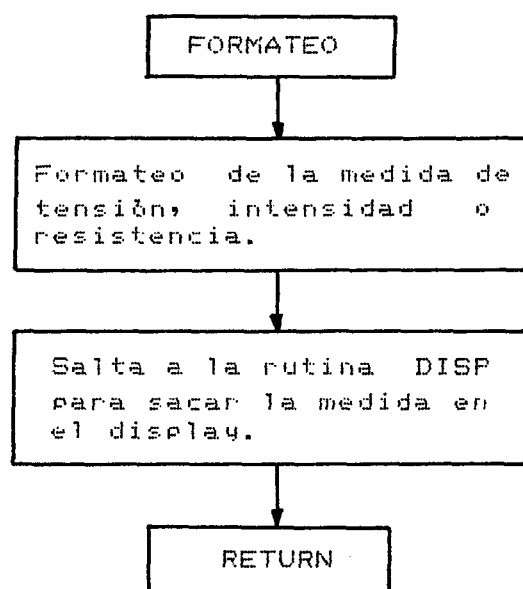
Formateo	Escala	Intervalos de resistencia
- X X X \ X K O ----- 1 -----	1	100K - 999,9K
- X X \ X X K O ----- 2 -----	2	10K - 99,99K
- X \ X X X K O ----- 3 -----	3	1K - 9,999K
- X X X \ X O H ----- 4 -----	4	1000H - 999,90H
- X X \ X X O H ----- 5 -----	5	0 - 99,990H

De esta forma podrá ser mostrada la medida en el display.

Además, al formatear la medida se facilita que pueda ser memorizada y leída sin tener en cuenta el tipo de medida.

Para hacer el formateo, esta subrutina utiliza cuatro rutinas auxiliares FORM#1, FORM#2, FORM#3 y MOV para hacer los desplazamientos de los bits y situar la posición de la

coma.



-Otras subrutinas:

A continuación, se detallan una serie de rutinas de ayuda utilizadas durante el desarrollo del programa.

-CAMBIO\$ESC: Se utiliza para las medidas de tensión, intensidad o resistencia, con la finalidad de hacer un cambio de escala dejando un tiempo de retardo para que se estabilice la señal después de dicho cambio.

-PON\$DIV: Se utiliza dentro de las medidas de periodo para hacer un cambio de escala: es decir, aumentar el tiempo de puerta de la base de tiempos.

-DESPL: Rutina encargada de producir un desplazamiento de las medidas memorizadas en el vector de

Memoria. Se utiliza para introducir un dato nuevo cuando el vector está lleno; con lo que hay que desplazar todos los datos memorizados anteriormente, perdiéndose el último. También se utiliza para producir un desplazamiento de los datos cuando es borrado un dato de memoria, moviendo los datos para cubrir el espacio dejado.

-TEXTO: Esta rutina se encarga de sacar en el display una serie de palabras, que son utilizadas para informar al usuario de la situación en que se encuentra el multímetro.

-FIN\$FUNC: Rutina utilizada durante el proceso de medida para detectar cuando se pulsa la tecla "CL" para terminar el proceso en curso; o la tecla "RD" para colocar el indicador M=0FFH, con la finalidad de que sea memorizada la medida que se está haciendo en ese instante.

-DELAY: La única función de esta rutina es producir un retardo.

-AUX\$4: Rutina auxiliar utilizada durante el proceso de fijación de un límite en la medida de tensión o de intensidad.

-ESC\$1, ESC\$2 y ESC\$3: Son unas rutinas auxiliares utilizadas dentro de las medidas de frecuencia o periodo, para hacer los desplazamientos de bits y situar la coma, en el formateo de la medida.

-DIG\$3: Rutina auxiliar utilizada para el desplazamiento de bits de una variable dada.

2.2.Las Rutinas de Atención a las Interrupciones.

2.2.1.Interrupción "HOLD" (IR1).

Esta interrupción se utiliza en cualquiera de las funciones (frecuencia, periodo, tensión, intensidad, resistencia o crono) para memorizar la medida en el display. Esta quedará retenida aunque las puntas de prueba se retiren.

Inicialmente, se deshabilitan las interrupciones.

Esta situación de retención de la medida en el display es mostrada encendiendo el led indicador de estado "HOLD".

La situación de espera se mantiene hasta que se pulse la tecla "CL", deshabilitando la función presedente, que en este caso es "HOLD". Seguidamente, se apaga el led indicador de "HOLD".

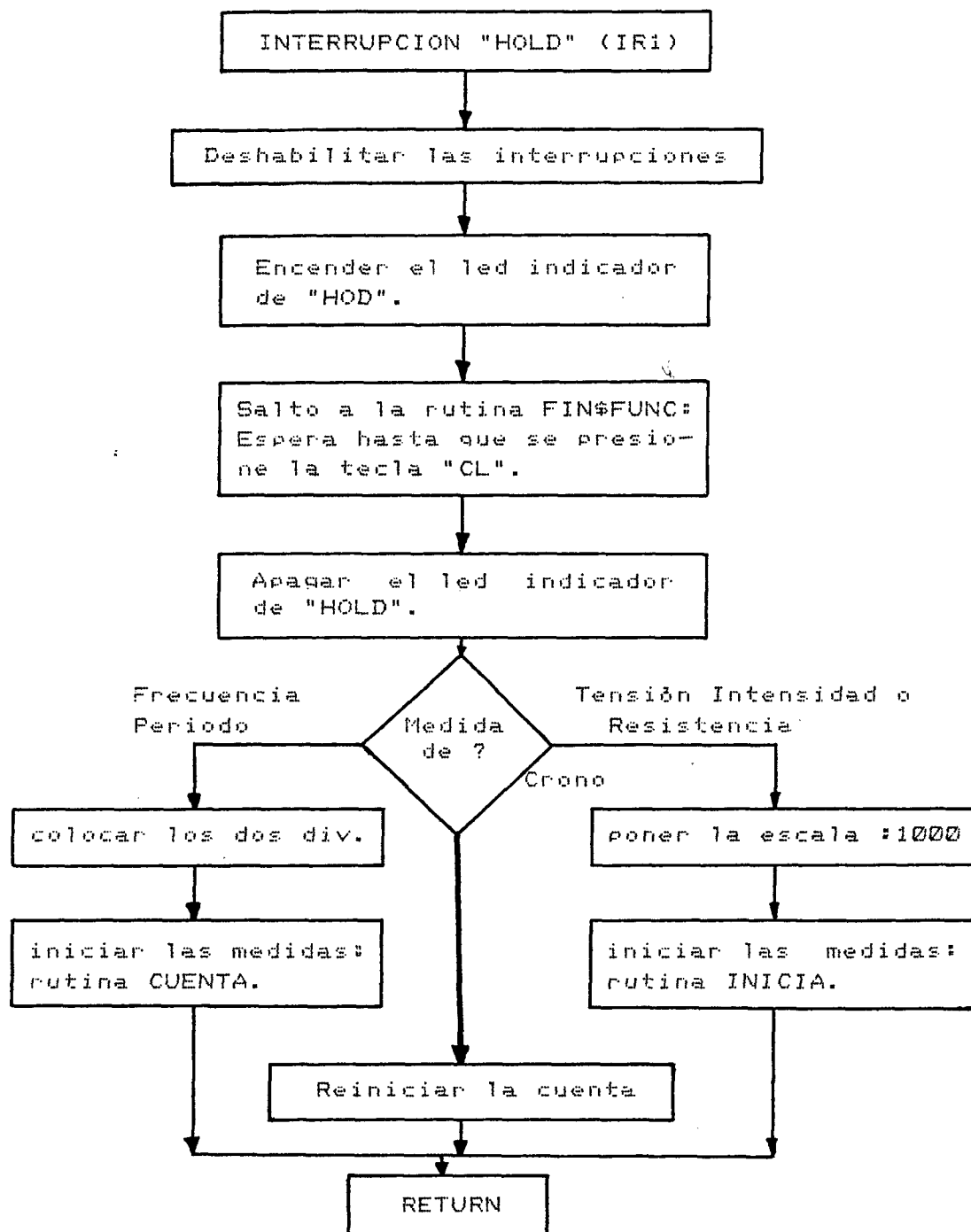
Finalmente, se reinicia el proceso de medida según la medida que se estuviera haciendo.

Si se encuentra en la medida de tensión intensidad o resistencia, y para evitar que se pueda estropear el circuito al cambiar la señal de entrada se coloca la escala :1000. Se reinician las medidas haciendo una llamada a la rutina INICIA.

En el caso de la frecuencia o de periodo, se colocan los dos divisores por si la frecuencia de la señal de entrada

supera los 2 MHz para evitar que se saturen los contadores. Se reinician las medidas haciendo una llamada a la rutina CUENTA.

Si se encuentra en la función CRONO se reinicia la cuenta desenmascarando la interrupción IR7.

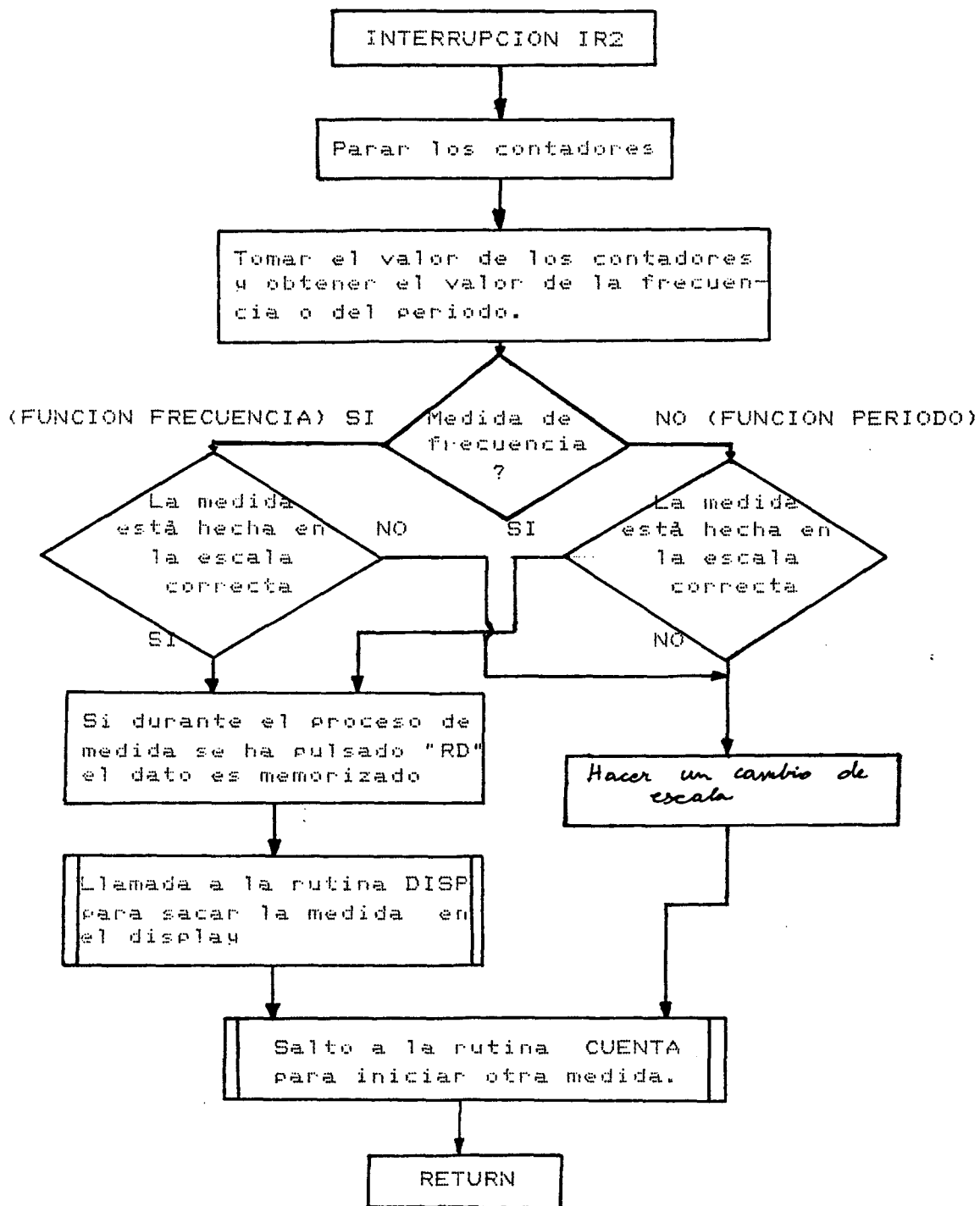


M.M.M. Interrupción IRB.

Esta interrupción es la que se produce al completarse una medida de frecuencia o de periodo, según sea. La rutina de atención a esta interrupción se encarga de tomar la medida; comprobar si se ha hecho en la escala correcta; si es la correcta, es sacada la medida en el display; y si no lo es, se produce el cambio a la escala que le corresponda.

Si la medida es correcta, se comprueba si durante el proceso de medida se pulsó la tecla "RD" y en caso afirmativo la medida es memorizada.

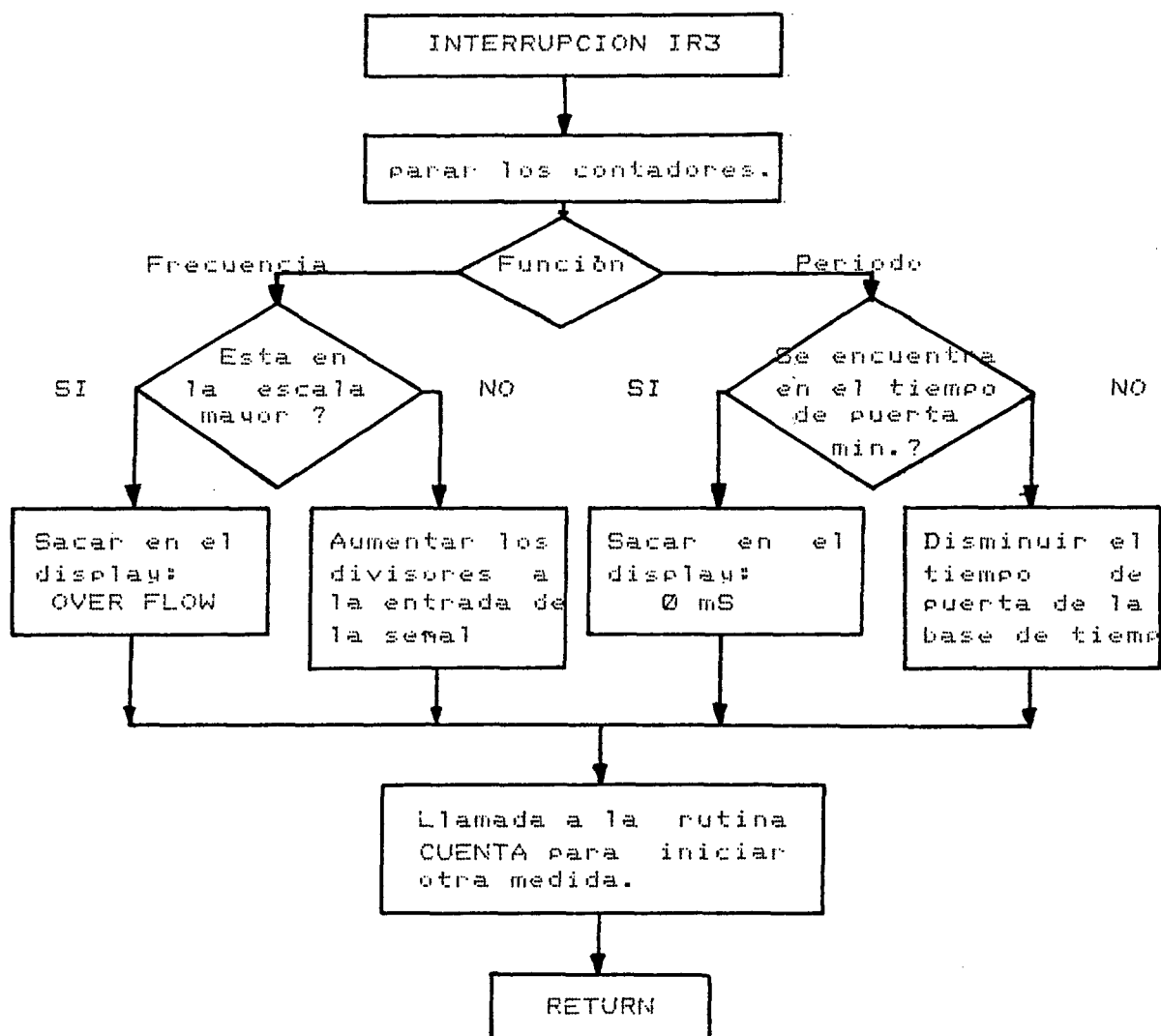
Finalmente, se disparan los contadores para volver a hacer otra medida.



2.2.3. Interrupción IR3.

Esta interrupción se produce cuando los contadores CK0-CK1 llegan a la máxima cuenta en medidas de frecuencia o de periodo; es decir, se supera el rango de medida de la escala en que se encuentre.

Cuando se produzca esta interrupción, el sistema debe parar los contadores, y comprobar si se encuentra en la escala mayor; en cuyo caso, mostrará en el display "OVER FLOW"; o si no, hace un cambio de escala y reinicia otra medida.



2.2.4. Interrupción IR4.

Esta interrupción es la que se produce al completarse una medida de tensión, intensidad o de resistencia, según sea.

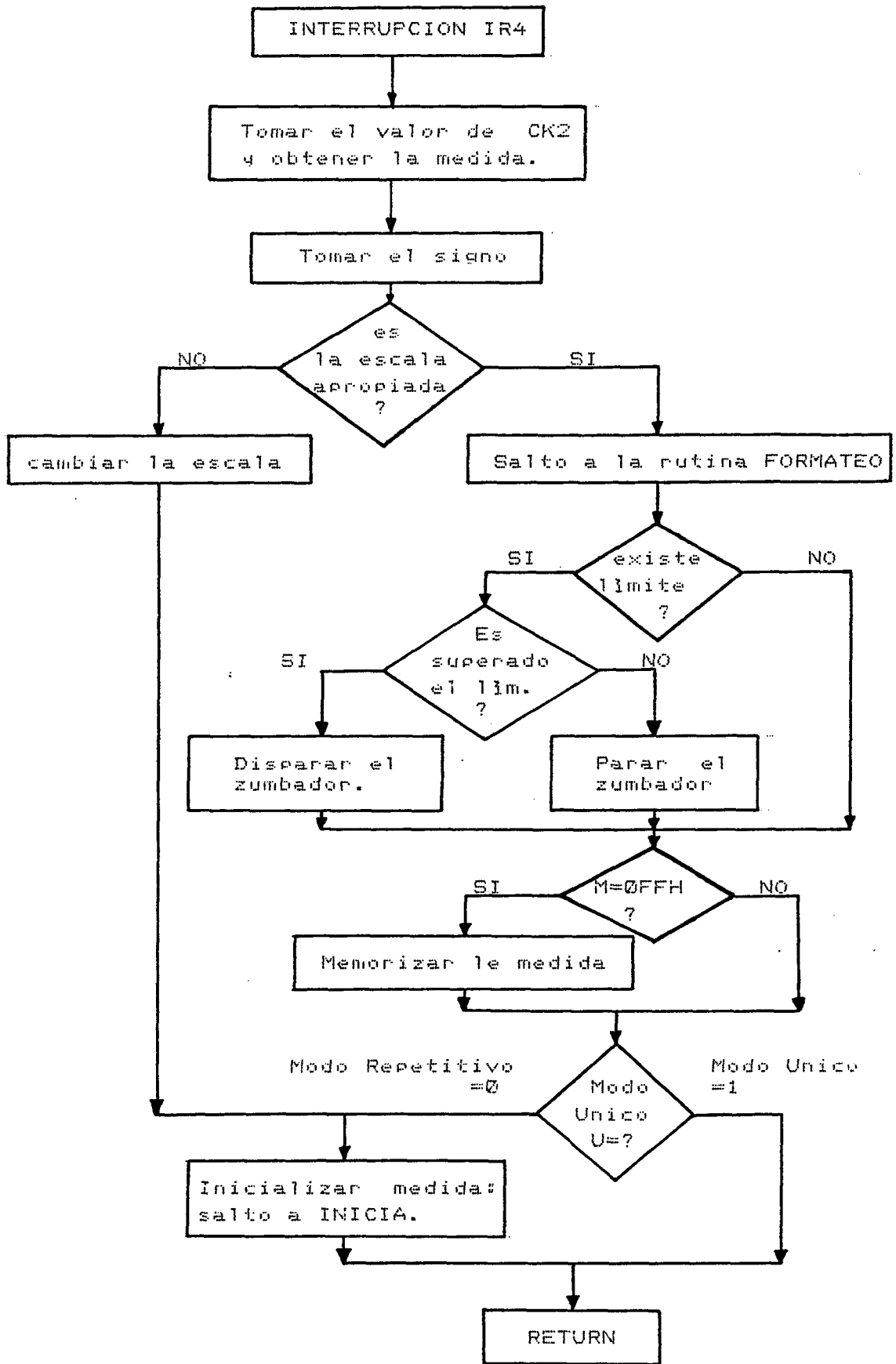
Su función es tomar la medida; comprobar si se ha hecho en la escala correcta; si es la correcta, formatearla y sacarla en el display; y si no lo es, producir el cambio a la escala que le corresponda.

Si la medida está en la escala correcta, se comprueba si hay algún límite prefijado. En caso que lo haya, se compara con la medida hecha para, si es superada, disparar el zumbador.

Seguidamente, se comprueba si durante el proceso de medida se pulsó la tecla "RD"; y en caso afirmativo, se memoriza la medida.

Luego, se comprueba si la medida fue hecha en modo Único ($U=1$) o en modo Repetitivo ($U=0$). Cuando sea hecha en modo Único se coloca la escala :1000 para evitar que si hay un cambio de tensión durante la espera, pueda dañar el sistema. Al salir de la rutina de atención a esta interrupción, el sistema quedará a la espera de que se pulse S/U para hacer otra medida.

Esta rutina termina haciendo una llamada a la subrutina INICIA para inicializar otra medida. Esto sólo ocurre en el caso de modo Repetitivo.

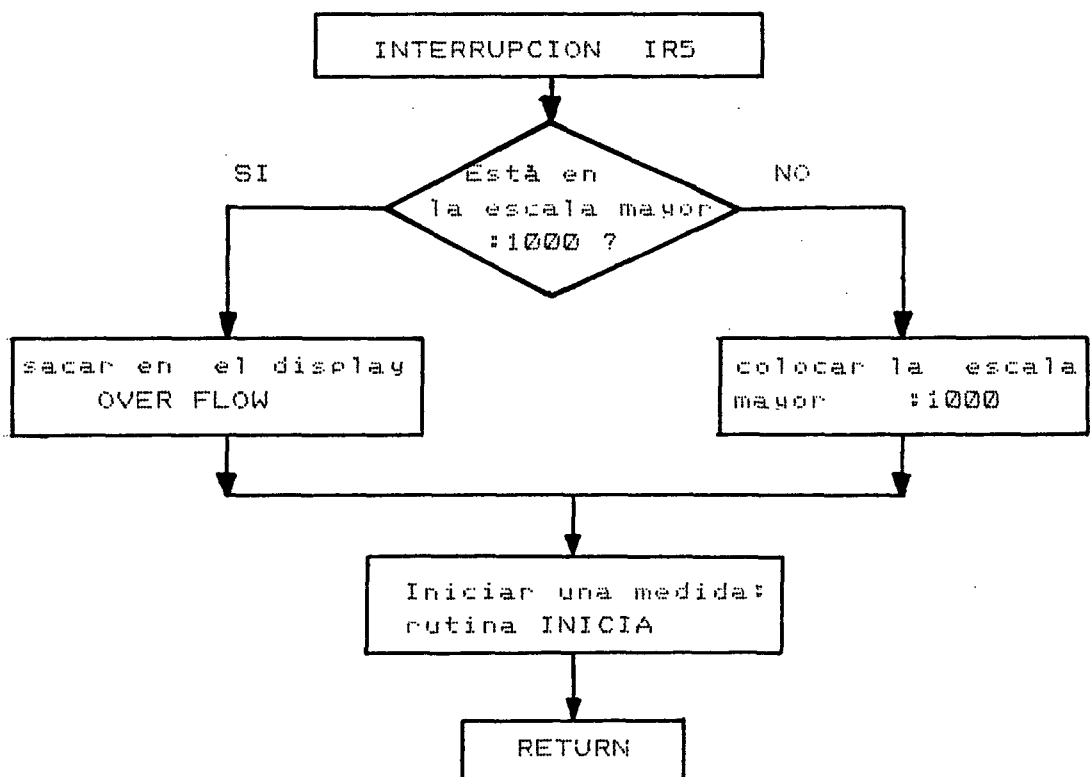


2.2.5. Interrupción IR5.

Esta interrupción se produce cuando el contador CK2 llega a la máxima cuenta, durante la integración de la señal de referencia (en las medidas de tensión, intensidad o resistencia); es decir, se supera el rango de medida de la escala en que se encuentre.

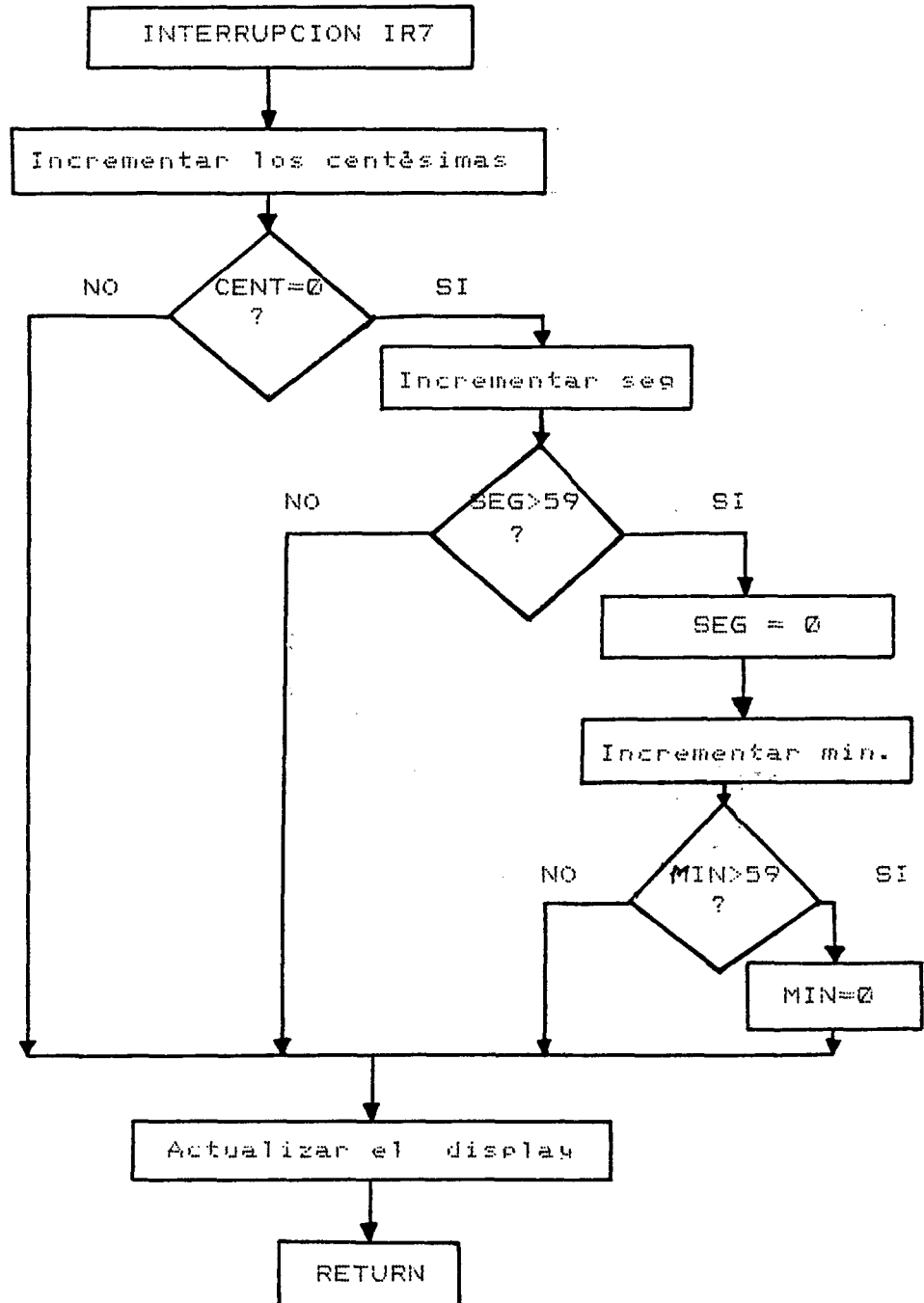
Cuando se produzca esta integración, el sistema comprueba si se encuentra en la escala mayor :1000; en cuyo caso, mostrará en el display "OVER FLOW"; o si no, se coloca la escala mayor :1000.

Finalmente, se reinicia otra medida por medio de la rutina INICIA.



2.2.6. Interrupción IR7.

Esta interrupción se produce cada centésima de segundo durante la cuenta del cronómetro. Su finalidad es incrementar el cronómetro y renovar el display.



3. CARACTERÍSTICAS DEL MULTIMETRO.

-Características de conversión:

Tipo de conversión: lineal.

Modo de operación básico: disparo repetitivo.

Modo opcional: disparo a voluntad del usuario en medidas de tensión o de intensidad.

Colocación del rango de medida: automático.

Colocación de polaridad: automático en tensión e intensidad continua.

-Representación visual:

Representación de salida: display alfanumérico de ocho dígitos y dos leds indicadores.

Número de dígitos: Cuatro para medida de tensión, intensidad o resistencia y seis-cinco para medidas de frecuencia o periodo.

Representación de polaridad: automática + u -.

Representación de las unidades: automática en el display.

Representación de superación de rango: indicando en el display OVER FLOW.

Representación del punto decimal: indicación automática según el rango de medida.

Retención de la medida en el display: a voluntad del usuario cuando se pulse la tecla HOLD (se indicará esa situación encendiéndose el led HOLD).

Memorización de medidas: se pueden memorizar hasta diez medidas indistintas y visualizarse cuando se desee.

-Características funcionales:

a) Medida de tensión continua:

Tensión máxima: 250V.

Rangos de medida: 250V, 100V, 10V, 1V y 100mV.

resolución máxima: 100/V.

Impedancia de entrada: 1M.

Tono audible: a voluntad del usuario se puede fijar un límite de medida que si es superado se dispara el zumbador.

b) Medida de tensión alterna:

Tensión máxima: 250V.

Rangos de medida: 250V, 100V, 10V, 1V y 100mV.

Resolución máxima: 100/V.

Medida de la tensión eficaz real de cualquier señal ya sea senoidal, triangular, etc.

Respuesta en frecuencia:

Ancho de banda para un error adicional del 1% (0,09dB)

$10\text{mV} < V_{in} \leq 100\text{ mV}$ 6KHz

$100\text{mV} < V_{in} \leq 1\text{V}$ 40KHz

1V < Vin <= 7V

100KHz

Tono audible: preseleccionado por el usuario.

c) Medida de corriente continua:

Intensidad máxima: 2Amp.

Rangos de medida: 2A, 1A, 100mA, 10mA y 1mA.

resolución máxima: 1/A.

Tono audible: preseleccionado por el usuario.

d) Medida de corriente alterna:

Intensidad máxima: 2Amp.

Rangos de medida: 2A, 1A, 100mA, 10mA y 1mA.

Resolución máxima: 100/A.

Tono audible: preseleccionado por el usuario.

e) Medida de resistencia:

Resistencia máxima: 1M.

Rangos de medida: 1M, 100K, 10K, 1K y 100ohm.

resolución máxima: 100mohm.

f) Medida de frecuencia:

Frecuencia máxima: 100MHz.

Rangos de medida: 100MHz, 10MHz, 1MHz, 100KHz y
10KHz.

Resolución máxima: 1Hz.

sensibilidad:

Frecuencia	Voltios eficaces
100Hz	15mV

1KHz	8mV
10KHz	8mV
1MHz	10mV
10MHz	16mV
30MHz	20mV
50MHz	32mV
80MHz	45mV
100MHz	60mV

a) Medida de periodo:

Periodo máximo: 0,1seg.

Rangos de medida: 0,1seg, 10mS, 1mS, 100/S u 10/S.

Resolución máxima: 10nS.

Sensibilidad: la misma que en medida de frecuencia.

-Características de alimentación:

Alimentación: 220V (50 Hz).

consumo aproximado: 750 mA.

-características externas:

Dimensiones de la caja:

Altura: 10,5cm

Ancho: 25cm

Profundidad: 25cm

Peso aproximado: 2,5Kg

4. INSTRUCCIONES DE MANEJO

4.1. Introducción.

La finalidad de esta sección es la descripción de los procedimientos y precauciones necesarias para el manejo del multímetro. Identifica y describe brevemente las funciones de los controles, conectores e indicadores, y explica los aspectos prácticos del manejo para facilitar que el usuario pueda utilizar rápidamente las funciones principales del instrumento.

4.2. Encendido.

Después de que el instrumento ha sido conectado a la red eléctrica, se puede poner en la posición ON el interruptor de encendido. El instrumento está dispuesto para su uso.

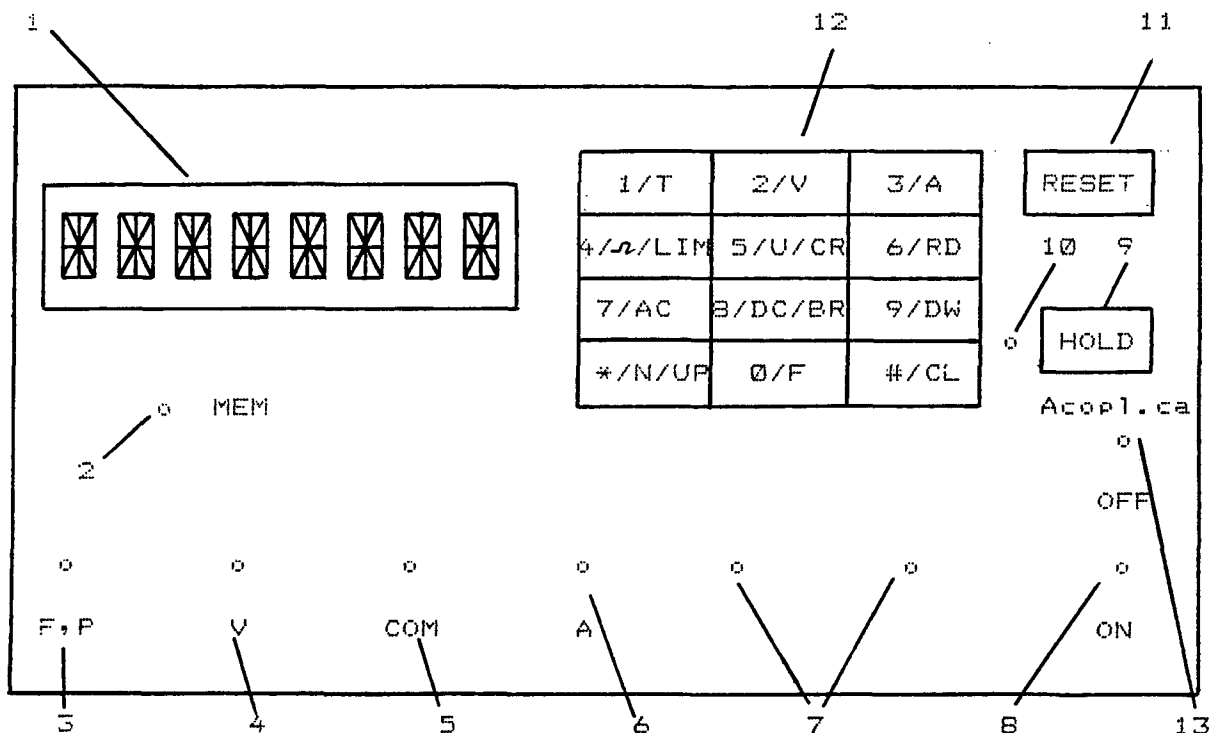
Para indicar que el instrumento está a la espera de

que se introduzca un comando, aparece en el display

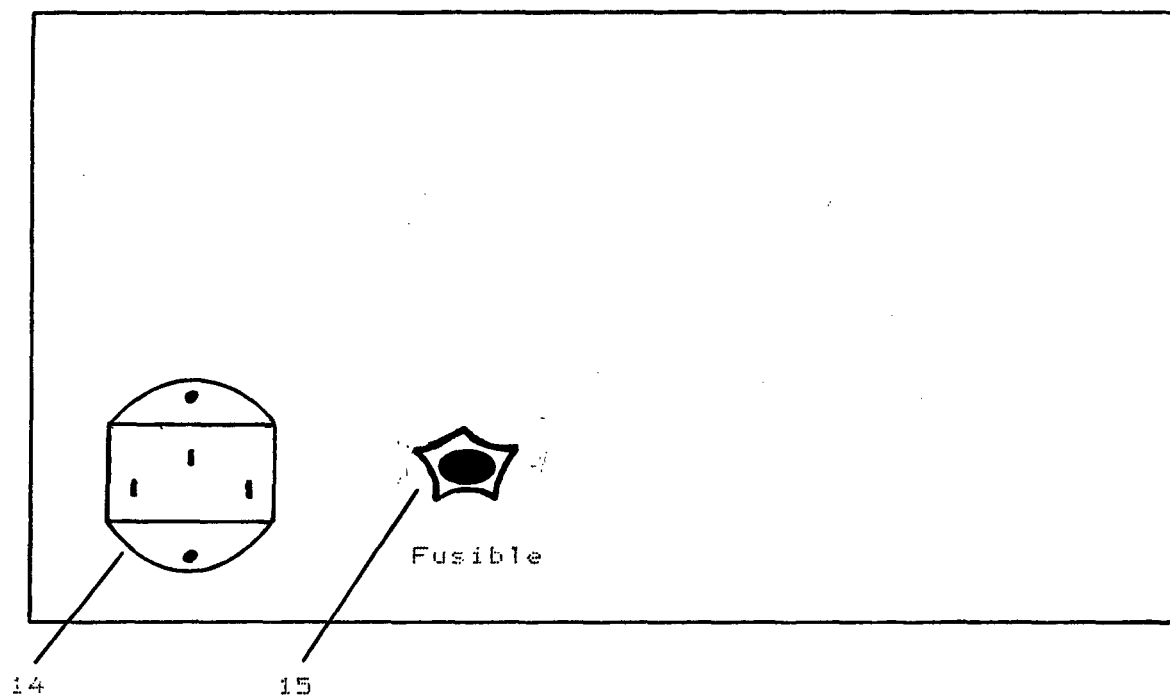
c E D @ 1 9 8 8

Si al encender el aparato, no aparece en el display el indicativo mencionado, se pulsa la tecla "RESET" para reinicializar el sistema; entonces, debe aparecer en el display el indicativo de que el sistema está a la espera de que se introduzca un comando.

4.3. Localización de los Controles y Conectores.



Panel delantero del Multímetro.



Panel trasero del multímetro.

- 1 Display: dispositivo de lectura alfanumérico.
- 2 Led MEM: indicador de datos en memoria.
- 3 Terminal de entrada para medida de frecuencia o de periodos.
- 4 Terminal de entrada de tensión: se utiliza en conjunto con el terminal COM para la medida de voltaje en c.c. o c.a.
- 5 Terminal de entrada COM: terminal común para la medida de voltios c.c./c.a. y amperios c.c./c.a.
- 6 Terminal de entrada de intensidad: se utiliza en conjunto con el terminal COM para la medida de corriente en c.c. o en c.a.
- 7 Terminales de entrada para medida de resistencia.
- 8 Interruptor de conexión: conecta el instrumento a la alimentación.

9 Pulsador selector de "HOLD": cuando es pulsado, retiene en el display la medida que se está haciendo, aunque se quiten las puntas de prueba.

10 Led "HOLD": indicador de la situación de "HOLD".

11 Pulsador "RESET": reinicializa todo el sistema.

12 Teclado: se utiliza para seleccionar las distintas funciones del multímetro, y para introducir una serie de parámetros. A continuación se explica la utilidad de cada una de las teclas.

1/T : Se utiliza para seleccionar la función Periodo.

2/V : Selecciona la función medida de Tensión.

3/A : Selecciona la función medida de Intensidad.

4/~~A~~/LIM : Se utiliza para seleccionar la función Ohmetro y para fijar un límite cuando nos encontremos en las funciones medida de tensión o de intensidad.

5/CRONO/U : Se utiliza para seleccionar la función Cronómetro y cuando nos encontramos en las funciones tensión o intensidad para seleccionar el modo de medida en forma Única; es decir, si se pulsa esta tecla durante la medida de tensión o de intensidad, se pasa del Modo Repetitivo al Modo Único, en el que cada vez que se pulse esa tecla hará una sola medida.

6/RD : Si se pulsa esta tecla durante el desarrollo de cualquiera de las funciones, se memoriza el dato medido en ese momento. Si por el contrario, se pulsa cuando el sistema se encuentra en el estado de espera de comandos, se pueden visualizar en el display los distintos datos que se habían

memorizado.

7/AC : Si se pulsa esta tecla después de haber seleccionado la función tensión o la de intensidad, comienzan a hacerse medidas de forma Repetitiva en alterna (midiendo el valor eficaz real de la señal de entrada).

8/DC/BREAK : Si se pulsa esta tecla después de haber seleccionado la función tensión o la de intensidad, comienzan a hacerse medidas de la señal de entrada en continua y de forma repetitiva. Si, por el contrario, es pulsada durante la función memoria RD, el dato que se encuentra en ese momento en el display será borrado de memoria, pasando a visualizarse el siguiente dato que se encuentre memorizado.

9/PAUSE : Si se pulsa esta tecla durante el desarrollo de la función de visualización de los datos memorizados, se mostrará en el display el dato que se encuentre memorizado una posición por debajo del que se encontraba en el display anteriormente.

*/NEXT/UP : Si es pulsada durante la función cronómetro, cuando éste se encuentre parado después de hacer una cuenta, continuará la cuenta a partir del valor anterior. Es también utilizada durante la función tensión o intensidad, para fijar un límite. Por último, si es pulsada durante el desarrollo de la función de visualización de los datos memorizados, se mostrará en el display el dato que se encuentra memorizado una posición por encima del que se encontraba en el display anteriormente.

@/F : Selecciona la función medida de frecuencia.

#/CL : Es una tecla muy utilizada que tiene por misión

primordial deshabilitar la función precedente. Más adelante, se verá cuando tiene que utilizarse.

13 interruptor para acoplamiento en ca o en cc.

14 Conector para proporcionar al aparato la alimentación de 220 V.

15 Portafusibles.

4.4.El Display.

La unidad de visualización es un display alfanumérico de ocho dígitos.

En el se visualizará la medida hecha acompañada de sus unidades: Hz, KH, MH, mS, /S, nS, V, mV, A, mA, /A, KO y OH.

Si se produce una superación del margen de medida se visualizará en el display

O V E R F L O W

Estos márgenes se encuentran detallados, en posteriores apartados.

En el display también aparecen una serie de palabras, según la situación en que se encuentre el sistema, que se detallarán, según la medida realizada, en apartados posteriores.

4.5. Características de los controles.

4.5.1. RESET

Este control se utiliza para reinicializar el sistema.

Si en alguna ocasión, el aparato queda bloqueado, se debe pulsar dicha tecla para salir de esa situación, reinicializando el sistema.

Cuando se esté realizando cualquier medida, si se desea salir rápidamente de ella, se pulsa esa tecla. Hay que tener en cuenta que al reinicializar el sistema los contadores son programados y parados, y el puntero de memoria es colocado en la posición cero, con lo que los datos que estuvieran almacenados son perdidos.

Siempre que se reinicialice el sistema aparece en el display el indicativo

c	E	D	0	1	9	8	8
---	---	---	---	---	---	---	---

4.5.2. HOLD

Este control se utiliza para retener en el display la medida que es visualizada en ese momento. Esto permite separar las puntas de prueba de donde se esté tomando la señal, sin que se pierda, por ello, la medida visualizada.

Siempre que el aparato se encuentre en el estado de HOLD se encenderá el "Led HOLD" para indicar esa situación.

En el estado de HOLD el sistema no realiza ninguna medida hasta que se salga de dicho estado. El sistema sale del estado de HOLD cuando se pulsa la tecla #/CL.

4.5.3. Memoria

Este control se utiliza para memorizar la medida visualizada en ese momento. Se puede utilizar en cualquiera de las funciones menos en la de Cronómetro.

El número máximo de medidas que pueden ser memorizadas es de diez.

Para memorizar la medida que se encuentra en ese momento en el display, se pulsa la tecla 6/RD. En memoria pueden estar medidas de distintas funciones.

El sistema indica que hay algún dato memorizado, encendiendo el "Led MEM".

Para visualizar los datos memorizados, tiene que haberse salido antes de la función en que se encontrara, y el sistema estar a la espera de que se introduzca un comando. Seguidamente, hay que pulsar la tecla 6/RD, y si existe algún dato memorizado, se visualiza la última medida introducida en memoria.

Pulsando la tecla 9/DOWN, se visualizará la medida que se encuentra memorizada en una posición por debajo de la anterior.

Se visualizará el dato que se encuentra por encima pulsando la tecla */NEXT/UP. Haciendo uso de dichas dos teclas se podrá ver el dato que se desee en un momento dado.

Si se desea borrar un dato de la memoria, primeramente ha de ser visualizado en el display y luego se pulsa la tecla B/BREAK. El dato será borrado, apareciendo el dato que se encontraba a continuación. Si el dato borrado era el único que estaba memorizado, el sistema saldrá de la función memoria quedando a la espera de que se introduzca un comando.

Al borrar el último dato que se encontraba en memoria el "Led MEM" se apagará.

Se puede salir de la función memoria en cualquier momento con solo pulsar la tecla #/CL.

Hay que tener en cuenta que siempre que se pulse la tecla "RESET", se perderán todos los datos memorizados ya que aunque físicamente seguirán dichos datos en memoria, el puntero será inicializado con lo que indicará que no hay datos en memoria.

4.5.4. Filación de límite

En las funciones tensión o intensidad se puede fijar una tensión o una corriente límite que si es superada se dispara un zumbador para avisar al usuario de este hecho.

Cuando se trata de c.c., el límite fijado es tanto para tensiones o corrientes positivas como negativas.

4.5.4.1. Filación del límite para medidas de tensión.

Inicialmente, se selecciona la función tensión

pulsando la tecla 2/V. Con lo que aparece en el display

- V O L T I M -

Seguidamente, se pulsa 4/ /LIM para fijar un límite, visualizándose en el display

- V O L T - L I M

Esto indica que el dispositivo está preparado para que se fije el límite que se desee. Para ello, primero hay que introducir la escala deseada mediante un número del 1 al 5, apareciendo en el display la posición de la coma y las unidades que correspondan:

1	- - - 0 ' 0 - V	(100V - 999'9V)
2	- - 0 ' 0 0 - V	(10 V - 99'99V)
3	- 0 ' 0 0 0 - V	(1 V - 9'999V)
4	- - - 0 ' 0 m V	(100mV-999'9mV)
5	- - 0 ' 0 0 m V	(0V - 99'99mV)

Se pulsarán los números del 1 al 5 hasta que se encuentre la escala deseada, en cuyo caso se pulsará la tecla */NEXT/UP. Al hacer esto, el sistema queda a la espera de que

se introduzca los números que formarán la tensión límite. Estos se irán desplazando de derecha a izquierda hasta que se consiga que en el display se visualice la tensión límite deseada. Cuando esto sea así, se pulsa */NEXT/UP, y el límite quedará fijado.

Finalmente se selecciona c.c. o c.a. pulsando B/DC/BREAK o 7/AC y el sistema comienza a realizar las medidas en Modo Repetitivo.

4.5.4.2. Fijación del límite para medidas de Intensidad.

Inicialmente, se selecciona la función Intensidad pulsando la tecla 3/A. Con lo que aparece en el display

- A M P E R . -

Seguidamente, se pulsa 4/ /LIM para fijar un límite, visualizándose en el display

- A M P E - L I M

Esto indica que el sistema está preparado para que se fije el límite deseado. Para ello, primero hay que introducir la escala deseada mediante un número del 1 al 5, apareciendo en el display la posición de la coma y las unidades que le correspondan:

1

- 0 ' 0 0 0 - A

(1 A - 9'999A)

2	- - - 0 ' 0 m A	(100mA-999'9mA)
3	- - 0 ' 0 0 m A	(10 mA-99'99mA)
4	- 0 ' 0 0 0 m A	(1 mA-9'999mA)
5	- - - 0 ' 0 / A	(0 -999'9/A)

Se pulsarán los números del 1 al 5 hasta que se encuentre la escala deseada; en cuyo caso se pulsará la tecla */NEXT/UP. Al hacer esto, el sistema queda a la espera de que se introduzcan los números que formarán la intensidad límite. Estos se van desplazando de derecha a izquierda hasta que se consiga que en el display se visualice la intensidad límite deseada. Cuando esto sea así, se pulsa */NEXT/UP, y el límite quedará fijado.

Finalmente, se selecciona la medida en c.c. o c.a. pulsando 8/DC/BREAK o 7/AC y el sistema comienza a hacer medidas en Modo Repetitivo.

4.5.5. Modo Repetitivo y Modo Unico.

En cualquiera de las funciones (sin contar el cronómetro) al ser seleccionada, el sistema comenzará a realizar medidas constantemente: en Modo Repetitivo.

En las funciones de Tensión e Intensidad se ofrece, además, la posibilidad de que en cualquier momento se pueda pasar de hacer medidas de forma repetitiva a hacerlas de forma única: es decir, que el sistema haga una medida cada vez que se pulse una tecla.

Nos introducimos en el Modo Unico al pulsar la tecla 5/U/CRONO. Cada vez que se vuelva a pulsar dicha tecla, se realizará una medida.

Pasaremos del Modo Unico al Modo Repetitivo, al pulsar la tecla */NEXT/UP.

4.6. Funciones de control.

Las funciones de medida disponibles en el aparato se seleccionan mediante un teclado de membrana. A continuación, se describen los procedimientos de medida de las distintas funciones y los requerimientos necesarios.

4.6.1. Medidas de Frecuencia.

-Seleccionar la función pulsando la tecla 0/F.

-Conectar al terminal de entrada de frecuencia el circuito bajo control.

-Rangos de medida seleccionados automáticamente:

X X X X X X H z (0 Hz - 999.999 Hz)

X X X X X K H (1 MHz - 9.999'9 KHz)

X X ~ X X X M H (10 MHz - 99'999 MHz)

- Atenuación de entrada automática.
- La entrada acoplada en c.a.
- Se sale de la función pulsando la tecla #/CL.

4.6.2. Medidas de Periodo.

- Seleccionar la función pulsando la tecla 1/T.
- Conectar al terminal de entrada para medida de frecuencia o periodo el circuito bajo control.
- Rangos de medida seleccionados automáticamente:

X X ~ X X X m S	(10'000mS - 99'999mS)
X ~ X X X X m S	(1'0000mS - 9'9999mS)
X X X ~ X X / S	(100'00/S - 999'99/S)
X X ~ X X X / S	(10'000/S - 99'999/S)
X ~ X X X X / S	(1'0000/S - 9'9999/S)
X X X ~ X X n S	(100'00nS - 999'99nS)
X X ~ X X X n S	(10'000nS - 99'999nS)

- Atenuación de entrada automática.
- Acoplamiento de entrada en c.a.
- Se sale de la función pulsando la tecla #/CL.

4.6.3. Medidas de tensión continua.

- Seleccionar la función tensión pulsando la tecla 2/V.

- En este momento se debe fijar el límite si se desea.
- Seleccionar la medida en c.c. pulsando 8/DC/BREAK.
- Conectar las puntas de prueba a los conectores V y COM.
- Rangos de medida seleccionados automáticamente:

+ X X X	~	X	-	V	(100V - 999'9V)
+ X X	~	X X	-	V	(10V - 99'99V)
+ X	~	X X X	-	V	(1 V - 9'999V)
+ X X X	~	X	m	V	(100mV-999'9mV)
+ X X	~	X X	m	V	(0 V -99'99mV)

-Para que la circuitería del multímetro no sea dañada la tensión de entrada no debe exceder de los 250V.

-Se sale de la función pulsando la tecla #/CL.

4.6.4. Medidas de tensión alterna (Valor Eficaz)

- Seleccionar la función Tensión pulsando la tecla 2/V.
- Se puede quitar la componente continua que pueda tener la señal alterna con el interruptor de acoplamiento en c.a.
- En este momento se debe fijar el límite si se desea.
- Seleccionar la medida en c.a. pulsando 7/AC.
- Conectar las puntas de prueba a los conectores V y COM.
- En el display se diferencia la tensión continua de la alterna en que esta última aparece sin signo.
- Rangos de medida seleccionados automáticamente:(son los mismos que para la tensión continua).
- El aparato proporciona la tensión eficaz real de

cualquier tipo de señal alterna (senoidal, triangular, tren de impulsos, etc).

-Respuesta en frecuencia:

ancho de banda para un error adicional del 1% (0,09 dB)

10 mV < Vin < 100 mV	6 KHz
100 mV < Vin < 1 V	40 KHz
1 V < Vin < 7 V	100 KHz

+ 3 dB Ancho de Banda

10 mV < Vin < 100 mV	50 KHz
100 mV < Vin < 1 V	300 KHz
1 V < Vin < 7 V	2 MHz

-Para que la circuiteria del multmetro no sea danada, la tensión de entrada no debe exceder de los 250 V eficaces.

-Se sale de la función pulsando la tecla #/CL.

4.6.5. Medida de Intensidad en c.c.

-Seleccionar la función Intensidad pulsando la tecla 3/A.

-En este momento se debe fijar el limite si se desea.

-Seleccionar la medida en c.c. pulsando 8/DC/BREAK.

-Conectar las puntas de prueba a los conectores A y COM.

+ X \ X X X - A	(1 A - 9'999 A)
+ X X X \ X m A	(100 mA - 999'9 mA)
+ X X \ X X m A	(10 mA - 99'99 mA)
+ X \ X X X m A	(1 mA - 9'999 mA)
+ X X X \ X / A	(0 A - 999'9 /A)

-Para que la circuiteria del multmetro no sea danada, la corriente de entrada no debe exceder de los 2A.

-Se sale de la función pulsando la tecla #/CL.

4.6.6. Medida de Intensidad en c.a.

-Seleccionar la función Intensidad pulsando la tecla 3/A.

-Se puede quitar la componente continua que pueda tener la señal alterna con el interruptor de acoplamiento en c.a.

-En este momento se debe fijar el limite si se desea.

-Seleccionar la medida en c.a. pulsando 7/AC.

-Conectar las puntas de prueba a los conectores A y COM.

-Rangos de medida seleccionados automáticamente: (son los mismos que para la corriente continua).

-El aparato proporciona la corriente eficaz de cualquier tipo de señal alterna en un amplio margen de frecuencia (senoidal, triangular, tren de impulsos, etc).

-Para que la circuiteria del multmetro no sea danada la corriente de entrada no debe exceder de los 2 A.

-Se sale de la función pulsando la tecla #/CL.

4.6.7. Medida de resistencia eléctrica.

-Seleccionar la función Ohmetro pulsando 4/ /LIM.

-Conectar las puntas de prueba a los conectores .

-Rangos de medida seleccionados automáticamente:

- X X X ~ X K 0 (100 K - 999'9 K)

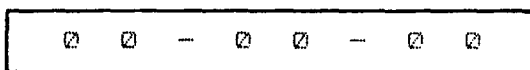
- X X ^ X X K O (10 K - 99'99 K)
- X ^ X X X K O (1 K - 9'999 K)
- X X X ^ X O H (100 - 999'9)
- X X ^ X X O H (0 - 99'99)

-La resistencia máxima que puede medir es de 1 M .

-Se sale de la función pulsando la tecla #/CL.

4.6.8. Cronómetro.

-La función se selecciona pulsando la tecla 5/C/CRONO, con lo que se visualiza en el display



que se corresponden con los minutos, segundos y décimas de segundo.

-La cuenta comienza al pulsar 5/U/CRONO.

-Se para al pulsar #/CL manteniendo la medida.

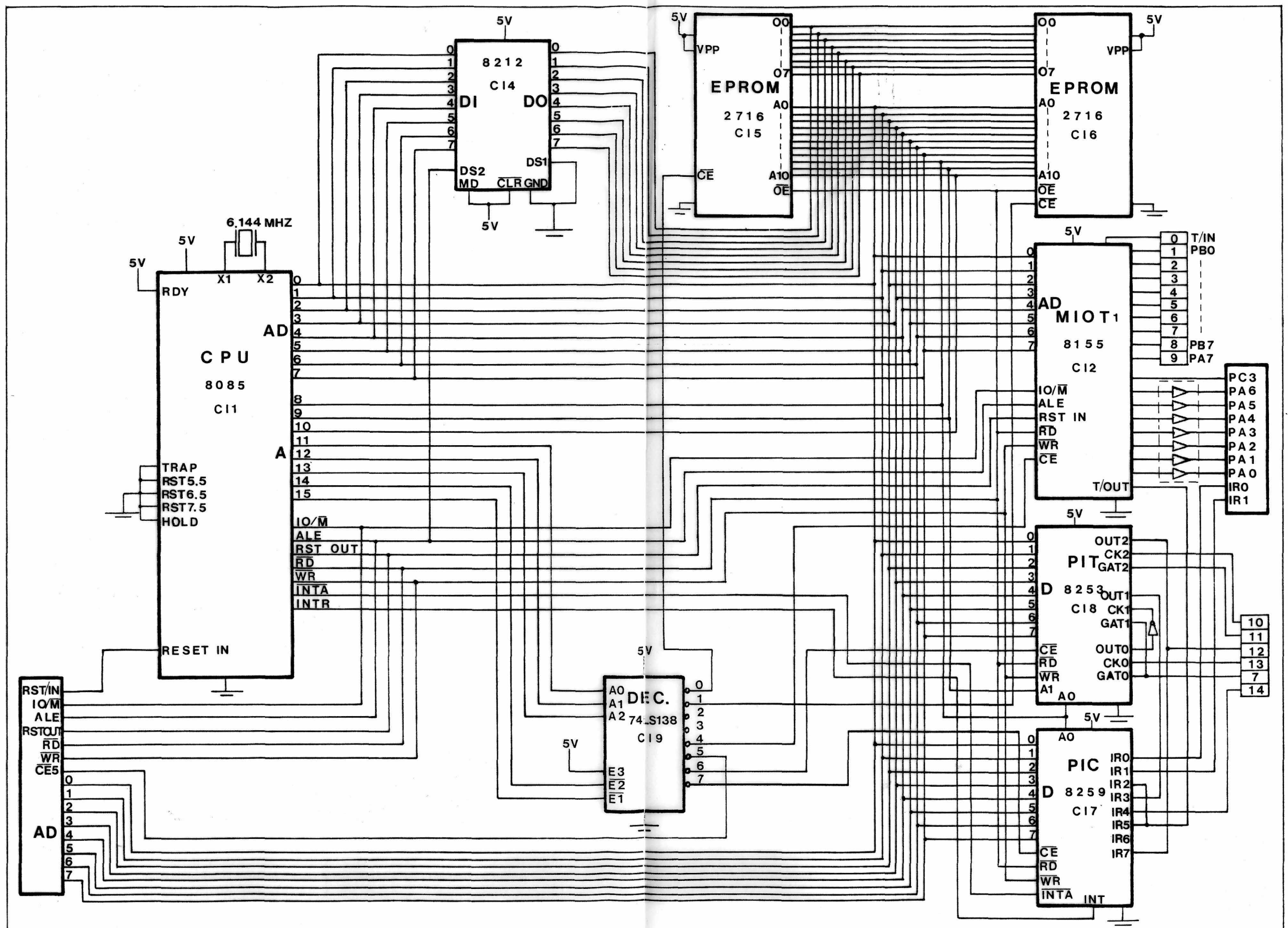
-Si se desea continuar la cuenta a partir de ahí, se vuelve a pulsar 5/U/CRONO.

-Si, por el contrario, se quiere poner la cuenta a cero se pulsa */NEXT/UP.

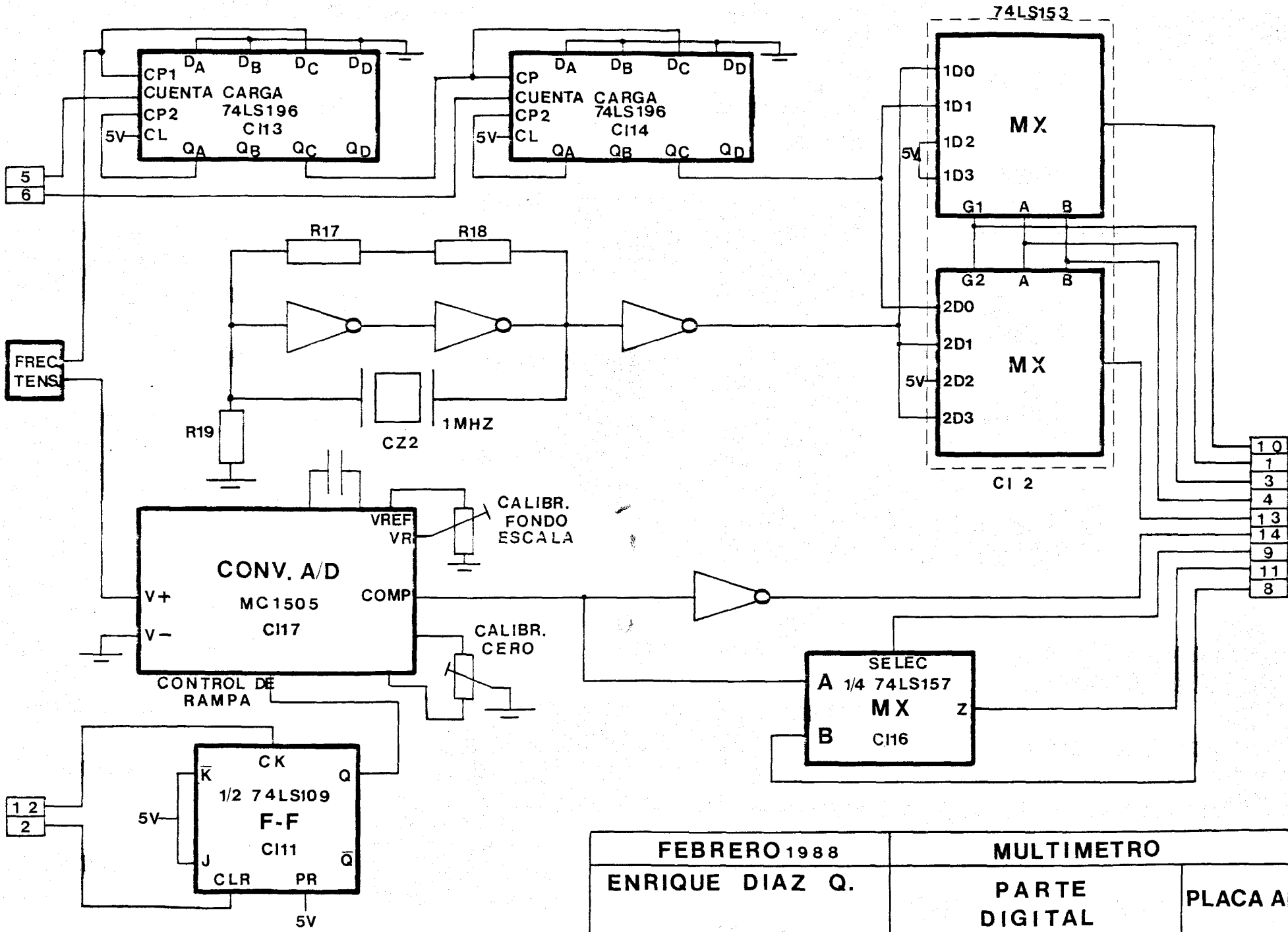
-para poder salir de la función, primero hay que poner a cero el cronómetro y luego pulsar #/CL.

III. Planos:

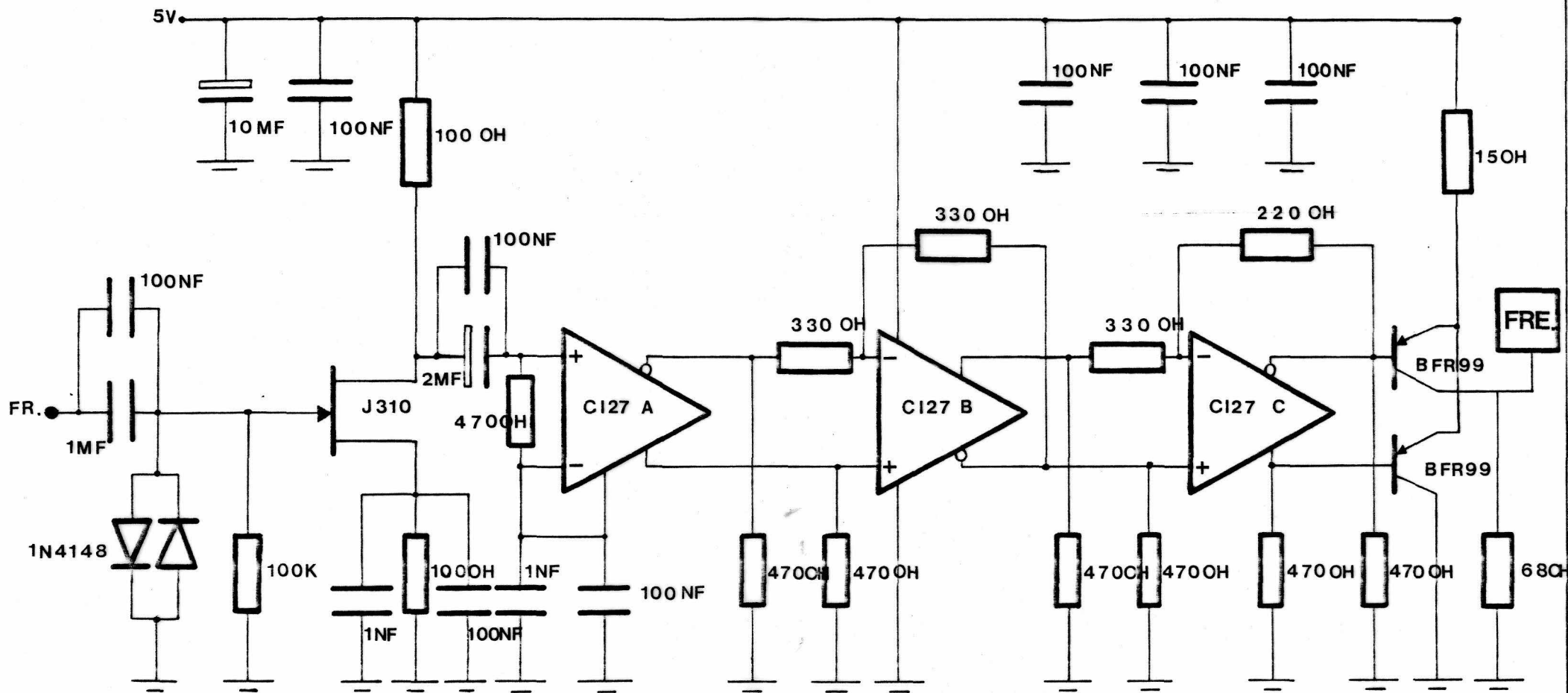
Esquemas Electricos



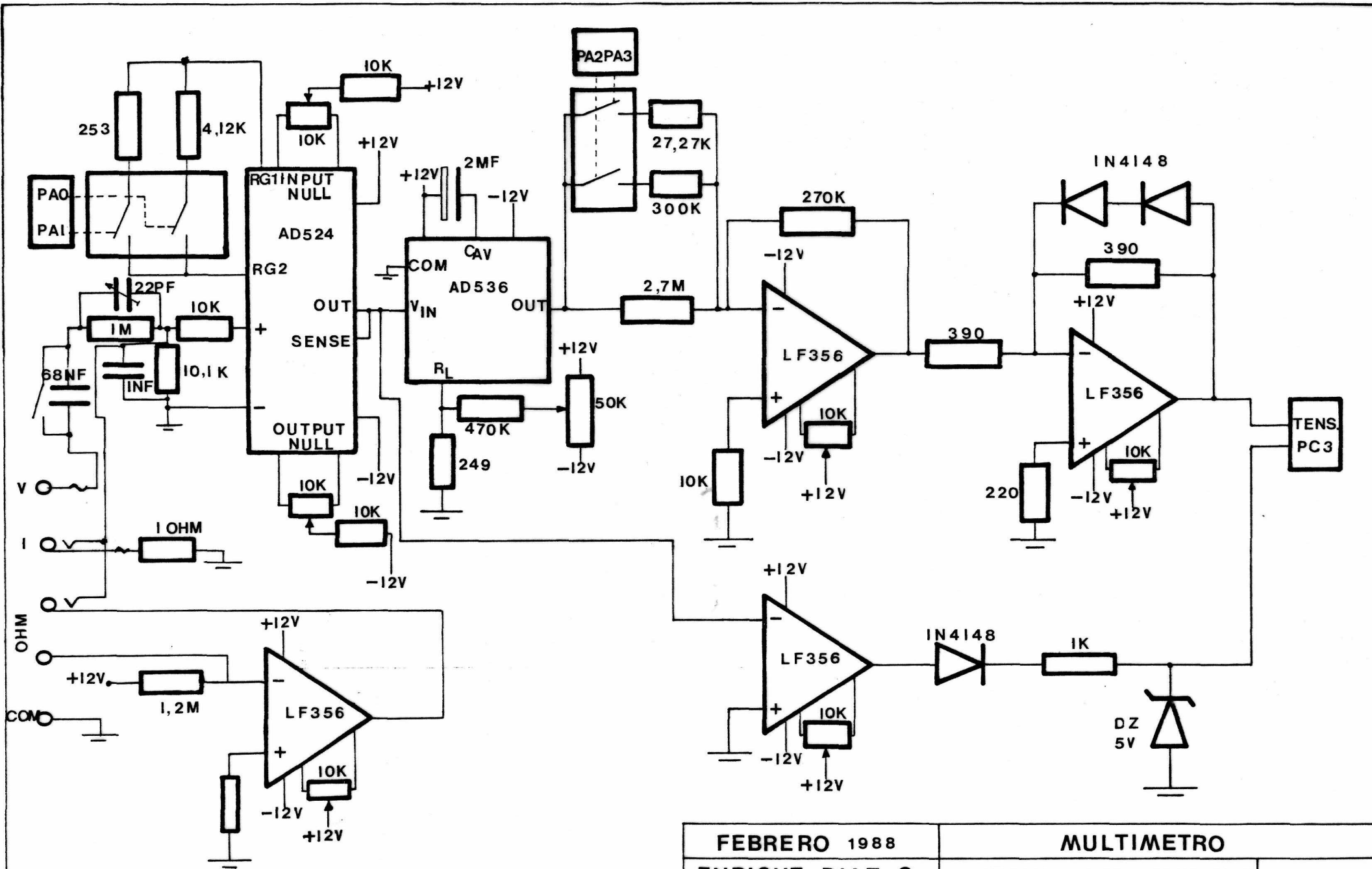
FEBRERO 1988	MULTIMETRO
ENRIQUE DIAZ Q.	SISTEMA MICROPROCESADOR
	PLACA AI



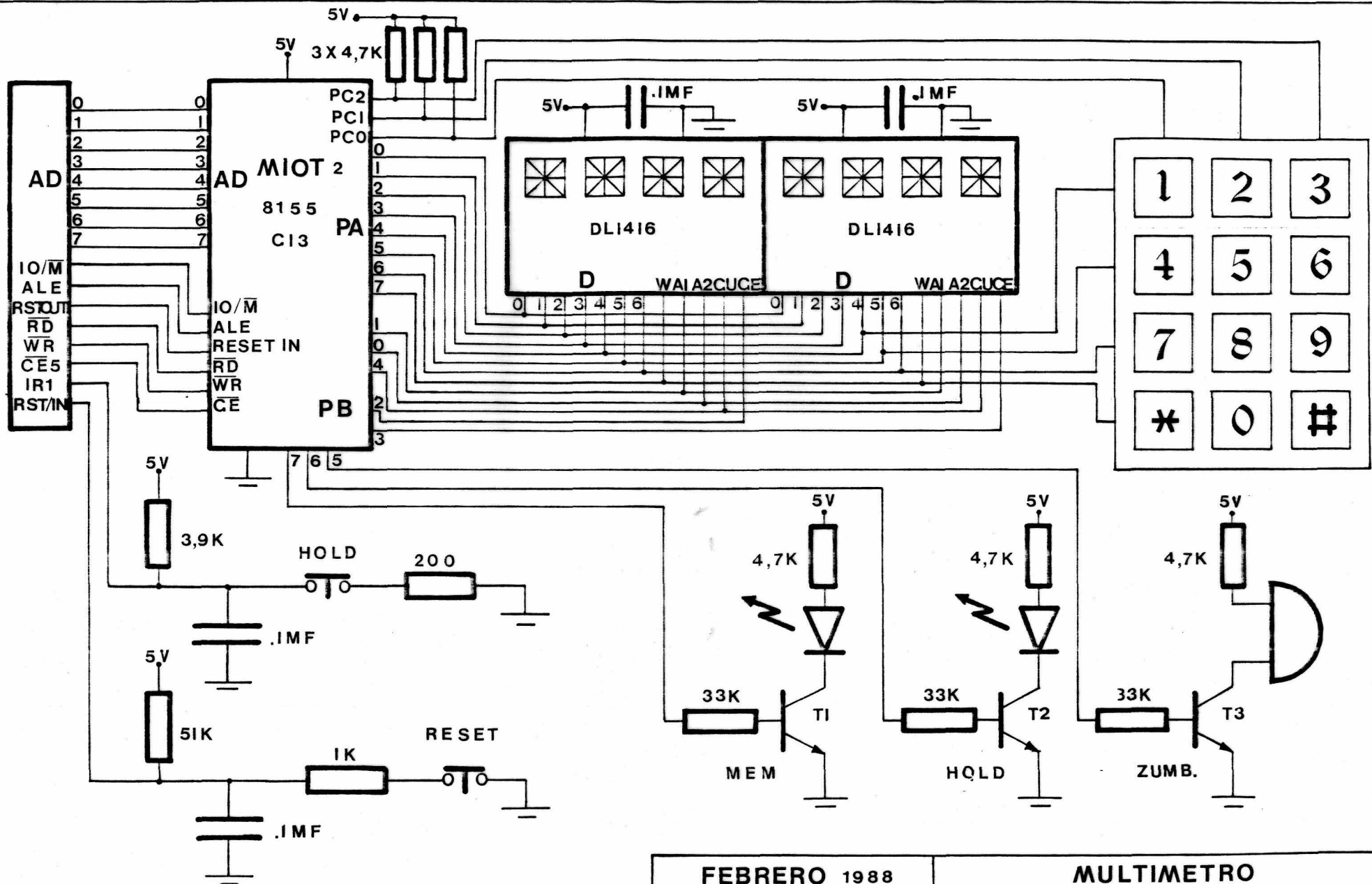
FEBRERO 1988		MULTIMETRO	
ENRIQUE DIAZ Q.		PARTE DIGITAL	PLACA A11



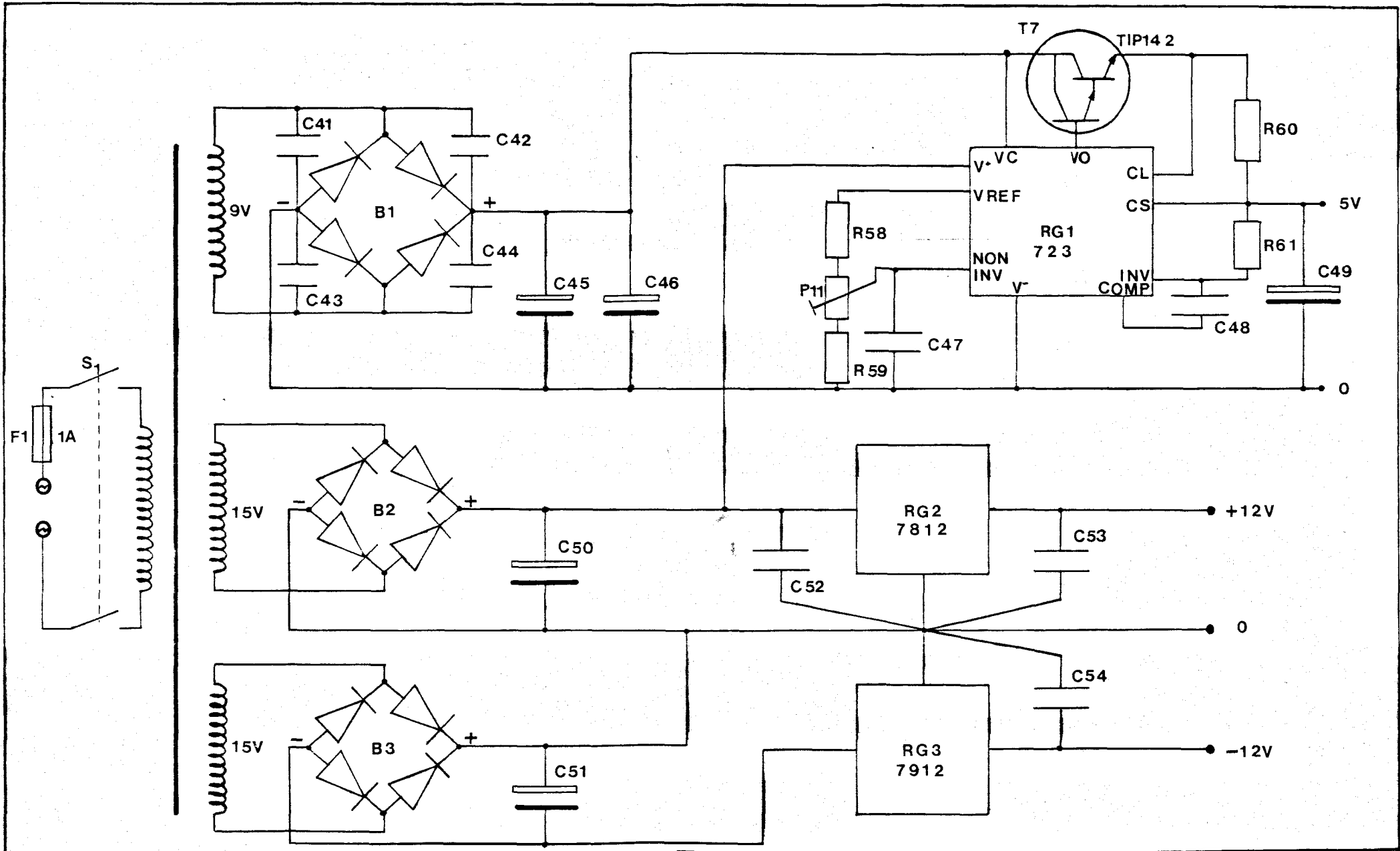
FEBRERO 1988		MULTIMETRO	
ENRIQUE DIAZ Q.		ETAPA DE ENTRADA	
		DE FREQ. Y PER.	
		PLACA BI	



FEBRERO 1988		MULTIMETRO	
ENRIQUE DIAZ Q.		ETAPA DE ENTRADA	PLACABII
		DE TENS., INTENS. Y RES.	



FEBRERO 1988	MULTIMETRO	
ENRIQUE DIAZ, Q.	DISPLAY, TECLADO E INDICADORES	PLACA BIII



FEBRERO 1988		MULTIMETRO	
ENRIQUE DIAZ Q.		FUENTE DE ALIMENTACION	PLACA C

III. Presupuesto:

III. PRESUPUESTO

1. Material.

Los precios que se dan en este presupuesto son los precios venta al público al por menor en el mercado.

1.1. Componentes Activos.

1.1.1. Circuitos integrados.

CI1	8085	CPU	1.000
CI2, CI3	8155	RAM con puertos	1.272
CI4	8212	Puerto de entrada/salida	823
CI5, CI6	2716	EPROM	2.628
CI7	8259	Controlador de interrupciones	600
CI8	8253	Contadores programables	684
CI9	74LS138	Decodificador	125
CI10	74LS14	Inversores	100
CI11	74LS109	Flip-flop J-K	100
CI12	74LS153	Dos multiplexores	90
CI13, CI14	74LS196	Contador	378
CI15	74LS244	Buffers	300
CI16	74LS157	Multiplexores	125
CI17	MC1505	Convertidor A/D	6.134
CI18	AD524AD	Amplificador de instr.	8.250
CI19	AD536A	Convertidor c.a./v eficaz	6.456
CI20, CI21	4016B	Interruptores analógicos	120
CI22, CI23, CI24, CI25	LF356	Amplificador operacional	944
CI26	LM324	Amplificadores operacionales	60
CI27	MC10116P	Amplificadores	270

1.1.2. Display inteligente

(2)	DL1416		11.000
-----	--------	--	--------

1.1.3. transistores

T1,T2	107B	Transistor NPN	70
T3	BC237B	Transistor NPN	35
T4	J310	FET canal N	250
T5,T6	BFR99	Transistor PNP	928
T7	TIP142	Darlington	300

Total de Componentes Activos34.042

1.2. Componentes pasivos

1.2.1. Diodos

LD1,LD2	Led		60
D1-D11	1N4148	Diodo de silicio	220
DZ1	Zener de 5V		25
B1,B2,B3	Puente rectificador		300

1.2.2. Cuarzos

CZ1	6,144M		539
CZ2	1M		1.500

1.2.3. condensadores

C1, C4, C6, C7, C10, C11, C12, C13, C53, C14-C25, C27-C32	100nF		700
C2, C26	1/F	polièster	180
C3, C54	10/F	electrolitico 25V	60
C5, C9, C38	1nF	polièster	75
C8	2/F	electrolitico 63V	30
C33-C37	1/F	electrolitico 50V	150
C39	condensador ajustable de 22pF		75
C41-C44	47nF	polièster	100
C45	4700/F	electrolitico 25V	150
C46	2200/F	electrolitico 25V	150
C47	220nF	polièster	25
C48	470pF	polièster	25
C49	470/F	electrolitico 10V	40
C50, C51	470/F	electrolitico 40V	80
C52	330nF	polièster	25

1.2.4. Resistencias

R1	100K	1/4wat.	5
R2, R3	100ohm	1/4wat.	10
R4, R5, R7, R9, R10, R13, R14	470ohm	1/4wat.	35
R6, R8, R11	330ohm	1/4wat.	15

R12, R39, R54	220ohm	1/4wat.	15
R15	15ohm	1/4wat.	5
R16	68ohm	1/4wat.	5
R17, R18	8,2ohm	1/4wat.	10
R19, R28, R29, R36, R42	10k	1/4wat.	25
R20	1M	1wat.	10
R21, R22	10k	1wat.	20
R23	1ohm	7wat.	25
R24	33ohm	1/4wat.	5
R25, R26	220ohm	1/4wat.	10
R27	3,9K	1/4wat.	5
R30	2,7M	1/4wat.	5
R31, R32	150K	1/4wat.	10
R33	27K	1/4wat.	5
R34, R43	270ohm	1/4wat.	10
R35	270k	1/4wat.	5
R37, R38	390	1/4wat.	10
R40	8,2K	1/4wat.	5
R41	1,2M	1/4wat.	5
R44, R57	470K	1/4wat.	10
R45, R47, R55, R59	4,7K	1/4wat.	20
R48, R50, R52	33K	1/4wat.	15
R49, R51, R53	1K	1/4wat.	15
R56	1,2K	1/4wat.	5
R58, R61	1,5K	1/4wat.	10
R60	0.1ohm	5wat.	25

1.2.5. Potenci6metros

P1-P8	10k	400
P9	50k	50
P10	500ohm	50
P11	1K	50

1.2.6. Reguladores de tensi6n

R61	LM723	92
R62	7812	60
R63	7912	120

Total de los componentes pasivos5.606

1.3. Otros materiales

-Z6calos:

4 de 40 pines	1.168
1 de 28 pines	171
4 de 24 pines	700
1 de 20 pines	147
6 de 16 pines	702
6 de 14 pines	516

4 de 14 pines	200
-Teclado de membrana de 12 teclas	850
-Dos pulsadores TB5	202
-Zumbador	300
-Tres cables de 10 pines	150
-Tres fusibles	30
-Conmutador	150
-Cable 25-10-25	3.375
-25 cm de cable plano	150
-Conector para cable plano AWP34	319
-Conector para cable plano AWP366	550
-Conector cable plano zócalo de 40 pines	780
-Conector norma europea CEE-22	152
-Cable de conexión a la red	593
-Conector GSE254	270
-Cinco bornas	250
-Tres radiadores	135
-Transformador	2.000
-Placas de circuito impreso	2.500
-Espadines	120
-Tornillos, tuercas u arandelas	100

Total de este material16.580

Total del material utilizado65.228

2. Coste de edición de las tres copias de la memoria

Fotocopias:	1.500
Encuadernación:	4.500
Portada:	300

Total del coste de edición.....6.300

3. Mano de obra

350 horas de trabajo aproximadamente a 1000 la hora:350.000

El presupuesto asciende a la cantidad de 421.528 ptas.

Apendice I:

Programa en Plm.

ISIS-II PL/M-80 V3.1 COMPILATION OF MODULE MULTPROG

NO OBJECT MODULE REQUESTED

COMPILER INVOKED BY: PLM80 MULT.LIS WORKFILES(:F0:, :F0:) INTVECTOR(4,7000H) NOOBJECT PAGELength(45)

```

1      MULT$PROG: DO;
2      1      DECLARE (TECLA,PUNT,N,REG,REG$B,UN,LIMITE,ESCALA,CENT,SEG,MIN,U,I,D,CY,R) BYTE,
              (DIR,S,CONT,C,FILA,COLM,BAS$T1,BAS$T2,M,SIGNO,E$VB) BYTE,
              DIM$1(*) BYTE DATA (48H,4BH,4DH,4DH,2FH,4EH,20H,4DH,20H,4DH,2FH,4BH,4FH,2FH,20H),
              DIM$2(*) BYTE DATA (5AH,4BH,4BH,53H,53H,53H,56H,56H,41H,41H,41H,4FH,4BH,43H,20H),
              DIGITO(*) BYTE DATA (30H,31H,32H,33H,34H,35H,36H,37H,38H,39H,0,0,2DH,2BH,20H,27H),
              INTR(*) BYTE DATA (38H,38H,39H,31H,51H,44H,45H,20H),
              OV(*) BYTE DATA (57H,4FH,4CH,46H,52H,45H,56H,4FH),
              VL(*) BYTE DATA (2DH,4DH,49H,54H,4CH,4FH,56H,2DH),
              AM(*) BYTE DATA (2DH,2EH,52H,45H,50H,4DH,41H,2DH),
              PR(*) BYTE DATA (4FH,44H,4FH,49H,52H,45H,50H,2DH),
              E$VA(*) BYTE DATA (0,0FH,0EH,0DH,09H,05H),

              MED$A (4) BYTE,
              MED$B (2) ADDRESS AT (.MED$A),
              MED$C (8) BYTE,
              LIMIT (4) BYTE,
              LIMITE$1 (2) ADDRESS AT (.LIMIT),
              (M$1,M$2) (10) ADDRESS;
3      1      DIG$3: PROCEDURE (B) BYTE REENTRANT; /*ROUTINA AUXILIAR PARA EL DESPLAZAMIENTO DE BITS DE UNA VARIABLE DADA
              - A*/
4      2      DECLARE B BYTE;
5      2      RETURN (ROL(B,4) AND 0FH);
6      2      END DIG$3;

7      1      DISPL: PROCEDURE REENTRANT; /*SUBROUTINA QUE HACE UN BARRIDO DEL DISPLAY PARA ACTUALIZARLO*/
8      2      DIR=14H; /*INICIALIZA EL PUNTERO DE DIGITO*/
9      2      DO S=0 TO 7; /*BARRIDO DE LOS OCHO DIGITOS PARA ACTUALIZARLOS*/
10     3      OUTPUT(2AH)=DIR; /*COLOCA LA DIRECCION DEL DIGITO A ACTUALIZAR*/
11     3      OUTPUT(29H)=MED$C(S); /*COLOCA EN ESE DIGITO EL VALOR ACTUALIZADO*/

```

```

12 3          OUTPUT(29H)=MED#C(S) OR B0H; /*QUEDA ACTUALIZADO DICHO DIGITO*/
13 3          DIR = DIR + 1; /*INCREMENTA EL PUNTERO DE DIGITO*/
14 3          END;
15 2          OUTPUT(2AH)=REG;
16 2          OUTPUT(29H)=FILA;
17 2          RETURN;
18 2          END DISPL;

19 1          DISP: PROCEDURE REENTRANT; /*SUBROUTINA ENCARGADA DE TOMAR UNA MEDIDA Y SACARLA EN EL DISPLAY*/

20 2          MED#C(0)=DIM#2(MED#A(3)); /*COLOCA LAS UNIDADES DE DICHA MEDIDA*/
21 2          MED#C(1)=DIM#1(MED#A(3));
22 2          D=7;
23 2          DO I=0 TO 2; /*BUCLE ENCARGADO DE TOMAR UNA MEDIDA, SEPARAR CADA DIGITO Y*/
24 3              MED#C(D)=DIGITO(ROL(MED#A(I),4) AND 0FH); /*PASARLO A CODIGO ASCII*/
25 3              D=D - 1;
26 3              MED#C(D)=DIGITO(MED#A(I) AND 0FH);
27 3              D= D - 1;
28 3              END;
29 2          IF MED#A(3)>5H THEN D=6H;
31 2          ELSE D=7H;
32 2          IF MED#C(D)=30H THEN DO; /*BUCLE ENCARGADO DE TOMAR LA MEDIDA Y TRANSFORMAR LOS CEROS*/
34 3              DO WHILE MED#C(D - 1)=30H; /*A LA IZQUIERDA EN ESPACIOS EN BLANCO*/
35 4                  MED#C(D)=20H;
36 4                  D = D - 1;
37 4                  END;
38 3              IF (MED#C(D)=30H AND MED#C(D-1)<>27H) THEN MED#C(D)=20H;
40 3              END;
41 2          CALL DISPL; /*LLAMADA A LA RUTINA DISPL PARA SACAR EN EL DISPLAY LA MEDIDA YA ACONDICIONADA*/
42 2          RETURN;
43 2          END DISP;

44 1          DELAY: PROCEDURE REENTRANT; /*SUBROUTINA PARA PRODUCIR RETARDOS*/

45 2          DO CONT=0 TO 0FFH; /*BUCLE QUE PRODUCE EL RETARDO*/
46 3              END;
47 2          RETURN;
48 2          END DELAY;

```



```
49 1    TECL:  PROCEDURE BYTE REENTRANT;          /*SUBROUTINA PARA TOMAR UN CARACTER DESDE EL TECLADO*/
50 2          DECLARE TEC BYTE;
51 2          OUTPUT(29H),FILA=0EFH;
52 2          TEC=1H;
53 2          DO WHILE (COLM:=(INPUT(2BH) AND 07H))=07H; /*ESPERA A QUE SE APRETE UNA TECLA*/
54 3              TEC=TEC + 3;
55 3              IF (FILA:=ROL(FILA,1))=0FEH THEN DO;
56 4                  FILA=0EFH;
57 4                  TEC=1H;
58 4                  END;
59 4              OUTPUT(29H)=FILA;
60 3              END;
61 3          IF COLM=5H THEN TEC=TEC + 1;          /*CODIFICA LA TECLA PRESIONADA*/
62 2          ELSE IF COLM=3H THEN TEC=TEC + 2;
63 2          IF TEC=0BH THEN TEC=0;
64 2          ELSE IF TEC=0CH THEN TEC=0BH;
65 2          CALL DELAY; /*RETARDO PARA EVITAR REBOTES*/
66 2          DO WHILE (INPUT(2BH) AND 07H)<>07H; /*SE ESPERA A QUE SE DEJE DE APRETAR LA TECLA*/
67 3              END;
68 2          RETURN TEC;
69 2          END TECL;

70 1    CAMBIO$ESC: PROCEDURE REENTRANT;          /*SUBROUTINA PARA HACER UN CAMBIO DE ESCALA*/
71 2          OUTPUT(21H)=E$VA(E$VB);
72 2          DO CY=0 TO 2FH;
73 3              CALL DELAY;
74 3              END;
75 2          RETURN;
76 2          END CAMBIO$ESC;

77 1    INICIA:  PROCEDURE REENTRANT;          /*SUBROUTINA PARA COMENZAR UNA MEDIDA DE TENSION, INTENSIDAD U OHMIOS*/
78 2          OUTPUT(20H)=43H;          /*PARA LA CUENTA DEL CONTADOR DE LA MIOT1(8155)*/
79 2          OUTPUT(21H)=E$VA(E$VB) OR 80H; /*SELECCIONA LA ENTRADA B PARA GATE2 DE CK2*/
80 2          OUTPUT(33H)=0B3H;          /*PROGRAMA EL CONTADOR CK2*/
81 2          OUTPUT(32H)=3H;
82 2          OUTPUT(32H)=0H;
83 2          OUTPUT(20H)=0C3H;          /*ABRE LA CUENTA DEL CONTADOR DE LA 8155*/
```

```

89  2      OUTPUT(22H)=82H;      /*PROVOCA UN PULSO A LA SALIDA DE CK2*/
90  2      DO CY=0 TO 0AH;
91  3          CALL DELAY;
92  3      END;
93  2      OUTPUT(21H)=E#VA(E#VB); /*SELECCIONA LA ENTRADA A PARA GATE2 DE CK2*/
94  2      OUTPUT(33H)=0B5H;      /*PROGRAMA EL CONTADOR CK2*/
95  2      OUTPUT(32H)=99H;
96  2      OUTPUT(32H)=99H;
97  2      OUTPUT(22H)=0H;      /*PONE EL F-F DE CONTROL DE RAMPA A CERO*/
98  2      OUTPUT(38H)=16H;
99  2      OUTPUT(39H)=70H;
100 2      OUTPUT(39H)=0CCH;      /*DESENMASCARAR LAS INTERRUPCIONES HOLD (IR1), IR4 E IR5*/
101 2      OUTPUT(22H)=2H;      /*PASA EL CONTROL DEL F-F DE CONTROL DE RAMPA A CK2*/
102 2      RETURN;
103 2      END INICIA;

104 1      DESPL: PROCEDURE (A,B) REENTRANT; /*SUBROUTINA ENCARGADA DE PRODUCIR UN DESPLAZAMIENTO DE LAS */
          /*MEDIDAS MEMORIZADAS EN EL VECTOR DE MEMORIA*/

105 2      DECLARE (A,B) BYTE;
106 2      DO C=A TO B;
107 3          M#1(C)=M#1(C+1);
108 3          M#2(C)=M#2(C+1);
109 3      END;
110 2      RETURN;
111 2      END DESPL;

112 1      TEXTO: PROCEDURE (PTR) REENTRANT; /*RUTINA ENCARGADA DE SACAR EN EL DISPLAY UNA PALABRA*/

113 2      DECLARE PTR ADDRESS;
114 2      DECLARE (VECTOR BASED PTR)(8) BYTE;
115 2      DO I=0 TO 7H;
116 3          MED#C(I)=VECTOR(I);
117 3      END;
118 2      CALL DISPL;
119 2      RETURN;
120 2      END TEXTO;

121 1      FIN#FUNC: PROCEDURE REENTRANT;      /*SUBROUTINA PARA TERMINAR EL PROCESO*/

```

```

122 2 DO WHILE (CY:=TECL)<>QBH; /*ESTAR A LA ESPERA DE QUE SE PULSE LA TELA CL PARA TERMINAR EL PROCESO*/
123 3 IF CY=6H THEN M=OFFH; /*O LA TECLA "RD" PARA QUE SE MEMORICE LA MEDIDA EN CURSO*/
125 3 END;
126 2 RETURN;
127 2 END FIN$FUNC;

128 1 MOV: PROCEDURE (X) REENTRANT; /*SUBROUTINA AUXILIAR PARA EL FORMATEO DE LA MEDIDA DE V., I. O R.*/

129 2 DECLARE X BYTE;
130 2 MED$A(X-1)=MED$A(X-1) OR ((MED$A(X):=ROL(MED$A(X),4)) AND 0FH);
131 2 MED$A(X)=MED$A(X) AND 0F0H;
132 2 RETURN;
133 2 END MOV;

134 1 FORM#1: PROCEDURE REENTRANT; /*SUBROUTINA AUXILIAR PARA EL FORMATEO DE LA MEDIDA DE V., I. O R.*/

135 2 CALL MOV(1);
136 2 MED$A(1)=MED$A(1) OR (ROL(MED$A(2),4) AND 0FH);
137 2 MED$A(2)=MED$A(2) OR 0F0H;
138 2 RETURN;
139 2 END FORM#1;

140 1 FORM#2: PROCEDURE REENTRANT; /*SUBROUTINA AUXILIAR PARA EL FORMATEO DE LA MEDIDA DE V., I. O R.*/

141 2 CALL MOV(1);
142 2 MED$A(1)=MED$A(1) OR 0FH;
143 2 RETURN;
144 2 END FORM#2;

145 1 FORM#3: PROCEDURE REENTRANT; /*SUBROUTINA AUXILIAR PARA EL FORMATEO DE LA MEDIDA DE V., I. O R.*/

146 2 MED$A(0)=MED$A(0) OR (ROL(MED$A(1),4) AND 0FH);
147 2 MED$A(1)=MED$A(1) OR 0F0H;
148 2 RETURN;
149 2 END FORM#3;

```

```

150 1      FORMATEO: PROCEDURE REENTRANT; /*FORMATEAR LA MEDIDA Y SACARLA EN EL DISPLAY*/
151 2          IF TECLA<>3H THEN DO;
153 3              IF TECLA=2 THEN MED#A(3)=6H;
155 3              ELSE MED#A(3)=0BH;
156 3              IF E#VB>3H THEN MED#A(3)=MED#A(3) + 1;
158 3              IF E#VB=1H OR E#VB=4H THEN CALL FORM#1;
160 3                  ELSE DO;
161 4                      IF E#VB=3H THEN CALL FORM#3;
163 4                      ELSE CALL FORM#2;
164 4                  END;
165 3              END;
166 2              ELSE DO;
167 3                  IF E#VB=5H THEN DO;
169 4                      MED#A(3)=0AH;
170 4                      CALL FORM#1;
171 4                      END;
172 3                  ELSE DO;
173 4                      IF E#VB=1H THEN DO;
175 5                          MED#A(3)=8H;
176 5                          CALL FORM#3;
177 5                          END;
178 4                      ELSE DO;
179 5                          MED#A(3)=9H;
180 5                          IF E#VB=2H THEN CALL FORM#1;
182 5                          ELSE DO;
183 6                              IF E#VB=3H THEN CALL FORM#2;
185 6                              ELSE CALL FORM#3;
186 6                          END;
187 5                      END;
188 4                  END;
189 3              END;
190 2          CALL DISP;
191 2          RETURN;
192 2          END FORMATEO;

193 1      CUENTA: PROCEDURE REENTRANT; /*SUBROUTINA PARA EMPEZAR UNA MEDIDA DE FRECUENCIA O PERIODO*/
194 2          OUTPUT(22H),R=(REG#B AND 3EH) OR 0CH; /*DESHABILITA LA CUENTA DE LOS CONTADORES*/
195 2          OUTPUT(33H)=33H; /*PROGRAMA CK0: MODO 1,CUENTA BINARIA CODIFICADA EN DECIMAL*/
196 2          OUTPUT(30H)=3H;

```

```

197 2      OUTPUT(30H)=0H;
198 2      OUTPUT(22H),R=R OR 40H; /*ABRE LA CUENTA DE CK0 Y CK1; CK1 RECARGA LA CUENTA*/
199 2      OUTPUT(22H),R=R AND 0FBH; /*PARA EL PASO DE PULSOS HACIA CK0 Y CK1 PONIENDO LAS ENTRADAS A 1*/
200 2      OUTPUT(33H)=35H; /*PROGRAMA CK0: MODO 2, CUENTA DECIMAL*/
201 2      OUTPUT(30H)=99H;
202 2      OUTPUT(30H)=99H;
203 2      OUTPUT(22H),R=R OR 80H; /*ABRE LA CUENTA DE CK2*/
204 2      OUTPUT(22H)=R OR 1H; /*PROVOCA UN FLANCO DE BAJADA QUE HACE QUE LOS CONTADORES CK0 Y CK1*/
          /*RECARGUEN SUS CUENTAS*/
205 2      OUTPUT(20H)=43H; /*PARA LA CUENTA DEL CONTADOR DE LA MIOT1(8155)*/
206 2      OUTPUT(20H)=0C3H; /*RECARGA Y EMPIEZA LA CUENTA DEL CONTADOR DE LA MIOT1(8155)*/
207 2      OUTPUT(38H)=16H;
208 2      OUTPUT(39H)=70H;
209 2      OUTPUT(39H)=0F1H; /*DESENMASCARA LAS INTERRUPCIONES "HOLD" (IR1), IR2 E IR3*/
210 2      OUTPUT(22H)=REG#B; /*COMIENZA LA CUENTA DE FORMA NORMAL*/
211 2      RETURN;
212 2      END CUENTA;

213 1      ESC#1: PROCEDURE; /*SUBROUTINA AUXILIAR PARA EL FORMATEO DE LA MEDIDA DE FREQ. O DE PER.*/

214 2      MED#A(2)=(ROL(MED#A(2),4) AND 0FH) OR (ROL(MED#A(1),4) AND 0F0H);
215 2      MED#A(1)=MED#A(1) OR 0FH;
216 2      RETURN;
217 2      END ESC#1;

218 1      ESC#2: PROCEDURE; /*SUBROUTINA AUXILIAR PARA EL FORMATEO DE LA MEDIDA DE FREQ. O DE PER.*/

219 2      CALL ESC#1;
220 2      MED#A(1)=ROL(MED#A(1),4);
221 2      RETURN;
222 2      END ESC#2;

223 1      ESC#3: PROCEDURE; /*SUBROUTINA AUXILIAR PARA EL FORMATEO DE LA MEDIDA DE FREQ. O DE PER.*/

224 2      CALL ESC#2;
225 2      MED#A(1)=(ROL(MED#A(0),4) AND 0F0H) OR (MED#A(1) AND 0FH);
226 2      MED#A(0)=MED#A(0) OR 0FH;
227 2      RETURN;
228 2      END ESC#3;

```

```

229  1      MEM:      PROCEDURE; /*SUBROUTINA ENCARGADA DE MEMORIZAR UNA MEDIDA*/
230  2              IF PUNT=9H THEN CALL DESPL(0,B); /*SI LA PILA DE MEMORIA ESTA LLENA PROVOCA UN DESPLAZAMIENTO*/
232  2              ELSE PUNT = PUNT + 1; /*DE LOS DATOS MEMORIZADOS; Y SI NO, INCREMENTA EL PUNTERO DE MEMORIA*/
233  2              M#1(PUNT)=MED#B(0); /*MEMORIZA EN LA POSICION A LA QUE APUNTA EL PUNTARO, EL DATO QUE SE*/
234  2              M#2(PUNT)=MED#B(1); /*ENCUENTRA EN ESE MOMENTO VISUALIZADO EN EL DISPLAY*/
235  2              OUTPUT(2AH),REG=REG OR 80H; /*ENCIENDE EL INDICADOR DE DATOS EN MEMORIA*/
236  2              RETURN;
237  2              END MEM;

238  1      PON#DIV:   PROCEDURE; /*SUBROUTINA ENCARGADA DE HACER UN CAMBIO DE ESCALA EN LA MEDIDA DE PERIODO*/
239  2              CY=REG#B AND 30H;
240  2              IF BAS#T2=9H THEN BAS#T2=99H;
242  2              ELSE DO;
243  3                  IF BAS#T2=0H THEN DO;
245  4                      IF CY=30H THEN BAS#T2=9H;
247  4                      ELSE DO;
248  5                          IF CY=20H THEN REG#B=REG#B OR 30H;
250  5                          ELSE DO;
251  6                              IF CY=0 THEN DO;
253  7                                  IF BAS#T1=99H THEN REG#B=REG#B OR 20H;
255  7                                  ELSE DO;
256  8                                      IF BAS#T1=9H THEN BAS#T1=99H;
258  8                                      ELSE DO;
259  9                                          BAS#T1=9H;
260  9                                          OUTPUT(24H)=9D;
261  9                                          OUTPUT(25H)=0;
262  9                                          END;
263  8                                      END;
264  7                                  END;
265  6                                  END;
266  5                              END;
267  4                              END;
268  3                          END;
269  2                      RETURN;
270  2              END PON#DIV;

```

```

/*.....*/
/*                                INTERRUPTONES                                */
/*.....*/

```

```
/*INTERRUPCION PARA RETENER LA MEDIDA EN EL DISPLAY*/
```

```

271  1  HOLD:  PROCEDURE INTERRUPT 1;
272  2          DISABLE;
273  2          OUTPUT(39H)=0FFH;
274  2          OUTPUT(2AH)=REG OR 40H; /*ENCIENDE EL LED INDICADOR DE ESTADO DE ESPERA "HOLD"*/
275  2          CALL FIN#FUNC; /*BUCLE DE ESPERA HASTA QUE SE PULSE LA TECLA "CL" PARA SALIR DE ESTE ESTADO*/
276  2          OUTPUT(2AH)=REG; /*APAGA EL LED INDICADOR DE ESPERA "HOLD"*/
277  2          IF TECLA<2 THEN DO; /*REINICIALIZA LAS MEDIDAS*/
279  3              REG#B,OUTPUT(22H) = REG#B OR 30H; /*COLOCA LOS DOS DIVISORES*/
280  3              CALL CUENTA; /*REINICIA LAS MEDIDAS DE FRECUENCIA O DE PERIODO*/
281  3              END;
282  2          ELSE DO;
283  3              IF TECLA < 5 THEN DO;
285  4                  E#VB=1; /*PONER LA ESCALA :1000*/
286  4                  CALL CAMBIO#ESC;
287  4                  CALL INICIA; /*REINICIA LAS MEDIDAS DE TENSION, INTENSIDAD O RESISTENCIA*/
288  4                  END;
289  3              ELSE OUTPUT(39H)=7DH; /*REINICIA LA CUENTA DEL CRONOMETRO*/
290  3              END;
291  2          OUTPUT(38H)=61H;
292  2          RETURN;
293  2          END HOLD;

```

```
/*-----*/
```

```
/*INTERRUPCION PARA TOMAR LA MEDIDA DE FRECUENCIA O PERIODO; COMPROBAR SI LA MEDIDA ES CORRECTA; Y*/
/*EN CASO AFIRMATIVO SACARLA EN EL DISPLAY*/
```

```

294  1  INT#1:  PROCEDURE INTERRUPT 2;
295  2          DISABLE;
296  2          OUTPUT(22H)=3EH; /*PARA LOS CONTADORES*/

```

```

297 2      OUTPUT(39H)=0FCH;
298 2      MED#A(2)=INPUT(30H);      /*TOMA EL VALOR DE CK0*/
299 2      MED#A(1)=INPUT(30H);
300 2      MED#A(0)=INPUT(31H);      /*TOMA EL VALOR DE CK1*/
301 2      MED#A(3)=INPUT(31H);
302 2      MED#B(0)=9999H-MED#B(0);  /*RESTA PARA LA OBTENCION DE LA FRECUENCIA O EL PERIODO*/
303 2      MED#A(2)=99H-MED#A(2);
304 2      CY=REG#B AND 30H;
305 2      IF TECLA =0 THEN DO;

                /*FUNCION FRECUENCIA*/

307 3      IF CY=30H THEN DO; /*HACER SI SE UTILIZAN LOS DOS DIVISORES*/

                /*COMPROBAR SI LA ESCALA ES CORRECTA*/

309 4          IF MED#A(0) < 10H THEN DO;
311 5              IF MED#A(0)=0 THEN REG#B=REG#B AND 0CFH; /*QUITA LOS DOS DIVISORES*/
313 5              ELSE REG#B=REG#B AND 0EFH; /*QUITA UN DIVISOR*/
314 5              GO TO FIN#0; /*SALTO PARA HACER UNA NUEVA MEDIDA*/
315 5              END;

                /*FORMATEO DE LA MEDIDA*/

316 4          CALL ESC#2;
317 4          MED#A(3)=2H;      /*INDICADOR DE "MH"*/
318 4          END;
319 3          ELSE DO;
320 4          IF CY=20H THEN DO; /*HACER SI SE UTILIZA UN DIVISOR*/

                /*COMPROBAR SI LA ESCALA ES CORRECTA*/

322 5          IF MED#A(0) < 10H THEN DO;
324 6              REG#B=REG#B AND 0CFH; /*QUITA EL DIVISOR*/
325 6              GO TO FIN#0; /*SALTO PARA HACER UNA NUEVA MEDIDA*/
326 6              END;

                /*FORMATEAR LA MEDIDA*/

327 5          MED#A(2)=ROL(MED#A(2),4) OR 0F0H;
328 5          MED#A(3)=1H;      /*INDICATIVO DE "KH"*/

```



```
329 5          END;
330 4          ELSE MED#A(3)=0;      /*INDICATIVO DE "HZ"*/
331 4          END;
332 3          REG#B=REG#B OR 30H;    /*COLOCA LOS DOS DIVISORES*/
333 3          END;
```

```
/*FUNCION PERIODO*/
```

```
334 2          ELSE DO;

/*COMPROBAR SI LA ESCALA ES CORRECTA*/

335 3          IF MED#A(0)<10H THEN DO;
337 4              IF MED#A(0)=0 THEN DO;
339 5                  IF MED#A(1)<10H THEN DO;
341 6                      IF MED#A(1)=0 THEN CALL PON#DIV;
343 6                      CALL PON#DIV;
344 6                      END;
345 5                      CALL PON#DIV;
346 5                      END;
347 4                      CALL PON#DIV;
348 4                      OUTPUT(33H)=0B5H;
349 4                      OUTPUT(32H)=BAS#T1;
350 4                      OUTPUT(32H)=BAS#T2;
351 4                      GO TO FIN#0;
352 4                      END;
```

```
353 3          ELSE DO;
```

```
/*FORMATEO DE LA MEDIDA*/
```

```
354 4          IF BAS#T1 < 10H THEN DO;
356 5              MED#A(3)=3H;
357 5              IF BAS#T1=3H THEN CALL ESC#2;
359 5                  ELSE CALL ESC#3;
360 5              END;
361 4              ELSE DO;
362 5                  IF BAS#T2=0 THEN DO;
364 6                      MED#A(3)=4H;
365 6                      IF CY=0 THEN CALL ESC#1;
367 6                          ELSE IF CY=20H THEN CALL ESC#2;
```

```

369 6          ELSE CALL ESC#3;
370 6          END;
371 5          ELSE DO;
372 6          MED#A(3)=5H;
373 6          IF BAS#T2=9H THEN CALL ESC#1;
375 6          ELSE CALL ESC#2;
376 6          END;
377 5          END;
378 4          END;
379 3          END;

380 2          IF M=0FFH THEN DO; /*SI DURANTE EL PROCESO DE MEDIDA SE HABIA PULSADO LA TECLA "RD", ES*/
382 3          CALL MEM; /*COLOCADA EN MEMORIA DICHA MEDIDA*/
383 3          M=0;
384 3          END;

385 2          CALL DISP; /*INICIA OTRA MEDIDA*/
386 2          FIN#0: CALL CUENTA;
387 2          RETURN;
388 2          END INT#1;

/*-----*/

/*INTERRUPCION PARA INDICAR UNA SUPERACION DEL RANGO EN LAS MEDIDAS DE FRECUENCIA O PERIODO*/

389 1          I#1: PROCEDURE INTERRUPT 3;
390 2          DISABLE;
391 2          OUTPUT(22H)=3EH; /*PARA LOS CONTADORES*/
392 2          OUTPUT(39H)=0FCH;
393 2          CY = REG#B AND 30H;
394 2          IF TECLA = 0 THEN DO;

/*FUNCION FRECUENCIA*/

396 3          IF CY=30H THEN CALL TEXTO(.OV); /*SI SE ENCUENTRA EN EL RANGO MAYOR PONER OVER FLOW*/
398 3          ELSE DO; /*SI NO, SE HACE UN CAMBIO DE ESCALA*/
399 4          IF CY=20H THEN REG#B=REG#B OR 30H;
401 4          ELSE REG#B=REG#B OR 20H;
402 4          END;
403 3          END;

```

```

404 2      ELSE DO;

/*FUNCION PERIODO*/

405 3      IF BAS#T1=9H THEN DO; /*HACER UN CAMBIO DE ESCALA*/
407 4          BAS#T1=3H;
408 4          OUTPUT(24H)=2H;
409 4          OUTPUT(25H)=0;
410 4          MED#A(0),MED#A(1),MED#A(2)=0;
411 4          MED#A(3)=3H;
412 4          CALL DISP;
413 4          END;
414 3      ELSE DO;
415 4          IF BAS#T1=99H THEN DO;
417 5              IF CY=0 THEN BAS#T1=9H;
419 5              ELSE DO;
420 6                  IF CY=20H THEN REG#B=REG#B AND 0CFH;
422 6                  ELSE DO;
423 7                      IF CY=30H THEN DO;
425 8                          IF BAS#T2=0H THEN REG#B=REG#B AND 0EFH;
427 8                          ELSE DO;
428 9                              IF BAS#T2=9H THEN BAS#T2=0H;
430 9                              ELSE BAS#T2=9H;
431 9                              END;
432 8                          END;
433 7                      END;
434 6                  END;
435 5              END;
436 4          END;
437 3          OUTPUT(33H)=0B5H;
438 3          OUTPUT(32H)=BAS#T1;
439 3          OUTPUT(32H)=BAS#T2;
440 3          END;
441 2      CALL CUENTA; /*HACER OTRA MEDIDA*/
442 2      RETURN;
443 2      END I#1;

```

/*-----*/

/*INTERRUPCION PARA TOMAR LA MEDIDA DE TENSION, INTENSIDAD U OHMIOS*/

```

444 1      MIDE:  PROCEDURE INTERRUPT 4;
445 2          DISABLE;
446 2          OUTPUT(39H)=0FCH;
447 2          MED#A(2)=99H - INPUT(32H); /*TOMA EL VALOR DE CK2 Y LO RESTA PARA OBTENER */
448 2          MED#A(1)=99H - INPUT(32H); /*EL VALOR DE LA MEDIDA*/
449 2          IF SIGNO = 0FFH THEN DO; /*SI LA MEDIDA ES EN CONTINUA COLOCA EL SIGNO*/
451 3              LIMIT(0)=LIMIT(0) AND 0FH;
452 3              IF (8H AND INPUT(23H))=8H THEN DO;
454 4                  MED#A(0)=0C0H; /*COLOCA EL SIGNO NEGATIVO*/
455 4                  LIMIT(0)=LIMIT(0) OR 0C0H;
456 4                  END;
457 3              ELSE DO;
458 4                  MED#A(0)=0D0H; /*COLOCA EL SIGNO POSITIVO*/
459 4                  LIMIT(0)=LIMIT(0) OR 0D0H;
460 4                  END;
461 3              END;
462 2              ELSE MED#A(0)=0E0H; /*SI LA MEDIDA ES EN ALTERNA 0*/
                  /*DE RESISTENCIA,NO SE PONE EL SIGNO*/
463 2          IF (MED#A(1)=0) AND (MED#A(2)=0) THEN GO TO LABEL#4;

          /*COMPROBAR SI LA ESCALA ES CORRECTA*/

465 2          IF (MED#A(1)<19H) AND (E#VB<5) THEN DO;
467 3              E#VB=E#VB + 1;
468 3              CALL CAMBIO#ESC;
469 3              GO TO LABEL#4;
470 3              END;

471 2          MED#A(1)=MED#A(1) - 10H;
472 2          IF MED#A(1)>99H THEN MED#A(1)=MED#A(1) AND 0FH;
474 2          IF MED#A(1)=0 AND E#VB=5H THEN DO;
476 3              MED#A(2)=0;
477 3              E#VB=1;
478 3              CALL CAMBIO#ESC;
479 3              END;
480 2          CALL FORMATEO; /*FORMATEAR LA MEDIDA Y SACARLA EN EL DISPLAY*/

481 2          IF LIMITE=1 THEN DO; /*COMPRUEBA SI EXISTE LIMITE*/
483 3              IF ESCALA<E#VB THEN REG=REG AND 0DFH; /*PARA EL ZUMBADOR*/
485 3              ELSE DO;
486 4                  IF ESCALA=E#VB THEN DO;

```

```

488 5          IF (MED#A(0))>=LIMIT(0)) AND (MED#A(1)=LIMIT(1)) THEN DO;
490 6              IF (MED#B(0)=LIMITE#1(0)) AND (MED#A(2)<LIMIT(2)) THEN REG=REG AND 0DFH;
492 6                  ELSE REG=REG OR 20H; /*DISPARA EL ZUMBADOR*/
493 6                      END;
494 5                  ELSE REG=REG AND 0DFH;
495 5                      END;
496 4                  ELSE REG=REG OR 20H; /*DISPARA EL ZUMBADOR*/
497 4                      END;
498 3              OUTPUT(2AH)=REG; /*ACTUALIZA EL ESTADO DEL ZUMBADOR*/
499 3                  END;

500 2          IF M=0FFH THEN DO; /*SI DURANTE EL PROCESO DE MEDIDA SE HABIA PULSADO LA TECLA "RD", ES*/
502 3              CALL MEM; /*COLOCADA EN MEMORIA DICHA MEDIDA*/
503 3              M=0;
504 3              END;

505 2          IF U=1 THEN DO; /*SI LA MEDIDA SE HA HECHO EN MODO UNICO SE COLOCA LA ESCALA :1000 Y EL SISTEMA*/
507 3              E#VB=1; /*QUEDARA A LA ESPERA DE QUE SE PULSE LA TECLA U PARA HACER OTRA MEDIDA*/
508 3              CALL CAMBIO#ESC;
509 3              GO TO LABEL#5;
510 3              END;

511 2          LABEL#4: CALL INICIA; /*EN CASO DE MODO REPETITIVO, INICIALIZA OTRA MEDIDA*/

512 2          LABEL#5: RETURN;
513 2          END MIDE;

/*-----*/

/*INDICA QUE HAY UNA SUPERACION DEL RANGO DE MEDIDA*/

514 1          INT#3: PROCEDURE INTERRUPT 5;
515 2              DISABLE;
516 2              OUTPUT(39H)=0FCH;
517 2              IF E#VB=1 THEN CALL TEXTO(.0V); /*SI EL SISTEMA SE ENCUENTRA EN LA ESCAL :1000, MUESTRA EN EL DISP
-          LAY*/
519 2              ELSE DO; /*OVER FLOW; EN CASO CONTRARIO SE COLOCA LA ESCALA :1000*/
520 3                  E#VB=1;
521 3                  CALL CAMBIO#ESC;
522 3                  END;

```

```

523 2      CALL INICIA;          /*HACER OTRA MEDIDA*/
524 2      RETURN;
525 2      END INT#3;

```

```
/*-----*/
```

```
/*INTERRUPCION PARA INCREMENTAR EL CONTADOR*/
```

```

526 1      INT#7:  PROCEDURE INTERRUPT 7;
527 2          CY=CY XOR CY;
528 2          IF (CENT:=DEC(CENT + 1))=0 THEN DO; /*INCREMENTA LAS CENTESIMAS*/
530 3              CY=CY XOR CY;
531 3              IF (SEG:=DEC(SEG + 1))>59H THEN DO; /*INCREMENTA LOS SEGUNDOS*/
533 4                  SEG=0;
534 4                  CY=CY XOR CY;
535 4                  IF (MIN:=DEC(MIN + 1))>59H THEN MIN=0; /*INCREMENTA LOS MINUTOS*/
537 4                  MED#C(6)=(MIN AND 0FH) + 30H; /*ACONDICIONA LOS MINUTOS PARA SACARLOS EN EL DISPLAY*/
538 4                  MED#C(7)=DIG#3(MIN) + 30H;
539 4                  END;
540 3                  MED#C(3)=(SEG AND 0FH) + 30H; /*ACONDICIONA LOSSEGUNDOS PARA SACARLOS EN EL DISPLAY*/
541 3                  MED#C(4)=DIG#3(SEG) + 30H;
542 3                  END;
543 2                  MED#C(0)=(CENT AND 0FH) + 30H; /*ACONDICIONA LAS CENTESINAS PARA SACARLAS EN EL DISPLAY*/
544 2                  MED#C(1)=DIG#3(CENT) + 30H;
545 2                  CALL DISPL; /*ACTUALIZA EN EL DISPLAY EL VALOR ACTUAL DEL CRONO*/
546 2                  OUTPUT(38H)=67H;
547 2                  RETURN;
548 2                  END INT#7;

```

```
/*.....*/
```

```

549 1      AUX#4:  PROCEDURE; /*ROUTINA AUXILIAR PARA LA FIJACION DEL LIMITE*/
550 2          MED#A(0)=0E0H;
551 2          MED#A(1),LIMIT(0)=(ROL(LIMIT(0),4) AND 0F0H) OR ((LIMIT(1):=ROL(LIMIT(1),4)) AND 0FH);
552 2          MED#A(2),LIMIT(1)=(LIMIT(1) AND 0F0H) OR CENT;
553 2          CALL FORMATEO;
554 2          RETURN;
555 2          END AUX#4;

```

```

556 1      VOLT$AMP:  PROCEDURE;
557 2          OUTPUT(24H)=2H; /*PROGRAM EL CONTADOR DE LA MIOT1 PARA QUE DIVIDA POR DOS*/
558 2          OUTPUT(25H)=0;
559 2      LBL#1:      N=TECL; /*PULSAR UNA DE LAS TECLAS:LIM,AC,DC,O CL*/
560 2          IF N=4H THEN DO; /*SI LA TECLA PULSADA ES LIM, FIJAR EL LIMITE*/
562 3              MED$(0)=4DH; /*SACA EN EL DISPLAY EL INDICATIVO DE FIJACION DEL LIMITE "LM"*/
563 3              MED$(1)=4CH;
564 3              MED$(2)=2DH;
565 3              CALL DISPL;
566 3              LIMITE=1; /*INDICATIVO DE QUE EXISTE LIMITE*/
567 3              MED$(1),MED$(2),LIMIT(0),LIMIT(1)=0;
568 3              MED$(0)=0E0H;
569 3      LABEL#8:    MIN=TECL; /*SELECCION DE LA ESCALA*/
570 3              IF (MIN<6) AND (MIN>0) THEN CALL FORMATEO;
572 3              ELSE GO TO LABEL#8;
573 3      LABEL#9:    ESCALA=MIN;
574 3      LABEL#10:   CENT=TECL;
575 3              IF (CENT<6) AND (CENT>0) THEN DO;
577 4                  MIN=CENT;
578 4                  MED$(1),MED$(2)=0;
579 4                  MED$(0)=0E0H;
580 4                  CALL FORMATEO;
581 4                  GO TO LABEL#9;
582 4                  END;
583 3              IF CENT<>0AH THEN GO TO LABEL#10;
585 3              DO I=0 TO 3; /*INTRODUCIR LOS CUATRO NUMEROS*/
586 4      LABEL#11:   CENT=TECL;
587 4                  IF CENT<0AH THEN CALL AUX#4; /*CADA VEZ QUE SE INTRODUCE UN NUMERO SE PRODUCE */
589 4                  ELSE GO TO LABEL#11; /*UN DESPLASAMIENTO*/
590 4                  END;
591 3      LABEL#13:   IF (CENT:=TECL)<0AH THEN CALL AUX#4;
593 3              IF CENT<>0AH THEN GO TO LABEL#13;
595 3              DO I=0 TO 3;
596 4                  LIMIT(I)=MED$(I);
597 4                  END;
598 3              GO TO LBL#1;
599 3              END;

```

```

600 2      ELSE DO;
601 3          IF N=8H THEN SIGNO=0FFH; /*SELECCIONA EL MODO Vcc O Acc*/
603 3          ELSE IF (N<>7H AND N<>0BH) THEN GO TO LBL#1;
          END;
606 2      CALL CAMBIO#ESC;
607 2      CALL INICIA; /*SALTO A LA RUTINA INICIA PARA COMENZAR LAS MEDIDAS EN MODO REPETITIVO*/
608 2      ENABLE;

609 2      DO WHILE N<>0BH;
610 3          N=TECL;

611 3          IF N=6H THEN M=0FFH; /*COLOCAR EL INDICATIVO PARA MEMORIZAR LA MEDIDA EN CURSO*/

613 3          IF N=5H THEN DO; /*HACER LA MEDIDA EN MODO UNICO*/
615 4              U=1; /*INDICA MODO UNICO ACTIVADO*/
616 4              DISABLE;
617 4              DO WHILE (N:=TECL)<>0AH;

618 5                  IF N=5H THEN DO; /*CADA VEZ QUE SE PRESIONE LA TECLA U SE HACE UNA MEDIDA*/
620 6                      CALL INICIA;
621 6                      ENABLE;
622 6                      END;

623 5                  END;
624 4                  U=0; /*INDICA MODO UNICO DESACTIVADO*/
625 4                  CALL INICIA; /*CONTINUA EL MODO REPETITIVO*/
626 4                  ENABLE;
627 4                  END;

628 3          END;
629 2      RETURN;
630 2      END VOLT#AMP;

```

```

/*****
/*          PROGRAMA PRINCIPAL          */
/*****

/*.....*/
/*          INICIALIZACION DEL SISTEMA          */
/*.....*/

```



```
631 1      PUNT=0FFH;      /*INICIALIZACION DEL PUNTERO DE MEMORIA*/
632 1      REG=1CH;        /*INICIALIZACION DE LA VARIABLE DONDE SE VA A GUARDAR EL CONTENIDO DEL PUERTO 2AH*/

633 1      OUTPUT(28H)=3H;    /*PROGRAMACION DE LA MIOT2 E INICIALIZACION DEL DISPLAY*/
634 1      OUTPUT(2AH)=0;
635 1      OUTPUT(29H)=0;
636 1      OUTPUT(2AH)=1FH;

637 1      LBL#2: LIMITE=0;   /*INICIALIZACION DEL INDICADOR DE SI EXISTE LIMITE*/
638 1      REG = REG AND 8CH; /*REINICIALIZACION DE LA VARIABLE REG*/
639 1      SIGNO,U=0;        /*INICIALIZACION DEL INDICADOR DE MODO UNICO Y DE SIGNO*/
640 1      E#VB=1;

/*          PROGRAMACION DE LA MIOT1(8155)          */

641 1      OUTPUT(20H)=03H;   /*PROGRAMA LOS PUERTOS A Y B COMO SALIDA Y EL C COMO ENTRADA*/
642 1      OUTPUT(21H)=0FFH; /*INICIALIZA EL PUERTO A*/
643 1      OUTPUT(22H)=32H;  /*INICIALIZA EL PUERTO B*/
644 1      OUTPUT(24H)=63H;  /*CARGA LOS 8 BITS DE MENOR PESO DEL CONTADOR DE LA MIOT1*/
645 1      OUTPUT(25H)=0;    /*CARGA LOS SEIS BITS DE MAYOR PESO DEL CONTADOR Y EL MODO DE CUENTA*/

/*          PROGRAMACION DE LOS CONTADORES DE LA 8253          */

646 1      OUTPUT(33H)=35H;  /*PALABRA DE CONTROL PARA CARGAR EL CONTADOR 0*/
647 1      OUTPUT(30H)=99H;  /*BYTE MENOS SIGNIFICATIVO DEL CK0 */
648 1      OUTPUT(30H)=99H;  /*BYTE MAS SIGNIFICATIVO DEL CK0 */
649 1      OUTPUT(33H)=73H;  /*PALABRA DE CONTROL PARA CARGAR EL CONTADOR 1*/
650 1      OUTPUT(31H)=99H;  /*BYTE MENOS SIGNIFICATIVO DEL CK1 */
651 1      OUTPUT(31H)=0H;   /*BYTE MAS SIGNIFICATIVO DEL CK1 */
652 1      OUTPUT(33H)=0B5H; /*PALABRA DE CONTROL PARA CARGAR EL CONTADOR 2*/
653 1      BAS#T1,OUTPUT(32H)=99H; /*BYTE MENOS SIGNIFICATIVO DEL CK2 */
654 1      BAS#T2,OUTPUT(32H)=99H; /*BYTE MAS SIGNIFICATIVO DEL CK2 */

/*          PROGRAMACION DEL CONTROLADOR DE INTERRUPCIONES 8259          */

655 1      OUTPUT(38H)=16H;  /*PALABRAS DE INICIALIZACION*/
656 1      OUTPUT(39H)=70H;
657 1      OUTPUT(39H)=0FFH; /*ENMASCARA TODAS LAS INTERRUPCIONES*/
```

```
658 1          CALL TEXTO(.INTR);

/*          QUEDA A LA ESPERA DE QUE SE INTRODUZCA UNA FUNCION DESDE EL TECLADO          */

659 1          DO WHILE (TECLA:=TECL)>7;
660 2              END;

661 1          DO CASE TECLA;

/*-----*/

/*  FUNCION FRECUENCIA  */

662 2          FREC:  DO;
663 3              REG#B=0F2H; /*INICIALIZACION DE LA VARIABLE QUE VA A GUARDAR EL CONTENIDO DEL PUERTO 22H*/
664 3              CALL CUENTA; /*INICIALIZACION DE LAS MEDIDAS DE FRECUENCIA*/
665 3              ENABLE; /*HABILITAR LAS INTERRUPCIONES*/
666 3              CALL FIN#FUNC; /*QUEDAR A LA ESPERA DE QUE SE PRESIONE LA TECLA CL PARA TERMINAR*/
667 3              END;

/*-----*/

/*  FUNCION PERIODO  */

668 2          PER:  DO;
669 3              CALL TEXTO(.PR); /*MUESTRA EN EL DISPLAY "--PERIODO"*/
670 3              OUTPUT(24H)=9D; /*CARGA LOS OCHO BITS DE MENOR PESO DEL CONTADOR DE LA MIOT1*/
671 3              OUTPUT(25H)=0; /*CARGA LOS SEIS BITS DE MAYOR PESO Y EL MODO DE CUENTA*/
672 3              REG#B=0F6H; /*INICIALIZACION DE LA VARIABLE QUE VA A GUARDAR EL CONTANIDO DEL PUERTO 22H*/
673 3              CALL CUENTA; /*INICIALIZACION DE LAS MEDIDAS DE PERIODO*/
674 3              ENABLE; /*HABILITA LAS INTERRUPCIONES*/
675 3              CALL FIN#FUNC; /*ESPERAR QUE SE PULSE CL, PARA TERMINAR EL PROCESO*/
676 3              END;

/*-----*/

/*  FUNCION VOLTIMETRO  */

677 2          VOLT:  DO;
678 3              CALL TEXTO(.VL); /*MUESTRA EN EL DISPLAY "--VOLTIM-"*/
```

```

679 3          CALL VOLT$AMP;
680 3          END;

/*-----*/

/*  FUNCION AMPERIMETRO  */

681 2  AMP:    DO;
682 3          CALL TEXTO(.AM); /*MUESTRA EN EL DISPLAY "--AMPER.--"*/
683 3          CALL VOLT$AMP;
684 3          END;

/*-----*/

/*  FUNCION OHMETRO  */

685 2  OHM:    DO;
686 3          OUTPUT(21H)=0FH; /*PONER EL OHMETRO EN LA ESCALA MAYOR :10*/
687 3          OUTPUT(24H)=2H; /*PROGRAMAR EL CONTADOR DE LA MIOT1 PARAQUE DIVIDA POR DOS*/
688 3          OUTPUT(25H)=0;
689 3          CALL INICIA; /*SALTO A LA RUTINA INICIA PARA QUE DIVIDA POR DOS*/
690 3          ENABLE; /*COMIENZAN LAS MEDIDAS*/
691 3          CALL FIN$FUNC; /*BUCLE DE ESPERA*/
692 3          END;

/*-----*/

/*  FUNCION CRONO  */

693 2  CRONO:   DO;
694 3          OUTPUT(22H)=0B0H; /*DISPARA EL CONTADOR CK2*/
695 3          OUTPUT(39H)=7DH; /*DESENMASCARA LAS INTERRUPCIONES HOLD(IR1) e IR7*/
696 3  LABEL#0:  CENT,MIN,SEG=0; /*PONE A CERO EL CRONO*/
697 3          MED#C(0),MED#C(1),MED#C(3),MED#C(4),MED#C(6),MED#C(7)=30H; /*INICIALIZA EL CRONO*/
698 3          MED#C(2),MED#C(5)=2DH;
699 3          CALL DISPL;
700 3          IF (TECLA:=TECL)=5H THEN DO; /*SI LA TECLA PRESIONADA ES "CRONO" COMIENZA LA MEDIDA*/
702 4  LABEL#1:  ENABLE; /*COMIENZA LA CUENTA*/
703 4          DO WHILE TECL<>0BH; /*BUCLE DE ESPERA HASTA QUE SE PRESIONE LA TECLA "CL"*/
704 5          END;
705 4          DISABLE; /*DESHABILITA LA CUENTA*/
706 4  LABEL#2:  IF (TECLA:=TECL)=5H THEN GO TO LABEL#1; /*SI SE PRECIONA "CRONO" CONTINUA LA CUENTA*/

```

```

708 4           IF TECLA=0AH THEN GO TO LABEL#0;    /*Y SI ES "*" RESETEA EL CRONO*/
710 4                 ELSE GO TO LABEL#2;
711 4           END;
712 3           IF TECLA<>0BH THEN GO TO LABEL#0;
714 3           END;

```

-----*/

/* FUNCION MEMORIA */

```

715 2   RD:      DO;
716 3           N=PUNT;
717 3           DO WHILE (PUNT<>0FFH) AND (TECLA<>0BH); /*BUCLE HASTA QUE SE PULSE CL O QUEDE LIMPIA LA MEMORIA*/
718 4               MED#B(0)=M#1(N);           /*SACA EN EL DISPLAY EL VALOR MEMORIZADO AL QUE */
719 4               MED#B(1)=M#2(N);           /*APUNTA EL PUNTERO*/
720 4               CALL DISP;
721 4               IF (TECLA:=TECL)=8H THEN DO; /*SI LA TECLA PRESIONADA ES "BREAK", BORRA EL DATO*/
723 5                   PUNT=PUNT - 1;           /*QUE SE ENCUENTRA EN EL DISPLAY, DESPLAZANDO*/
724 5                   IF PUNT<>0FFH THEN DO;
726 6                       CALL DESPL(N,PUNT); /*TODOS LOS DATOS MEMORIZADOS QUE SE ENCUENTREN*/
727 6                       /*POR ENCIMA DEL BORRADO*/
728 6                       IF N>0 THEN N=N-1;
729 6                       END;
730 5                   END;
731 4                   ELSE DO;
732 5                       IF (TECLA=0AH) AND (PUNT>=N+1) THEN N=N+1; /*SI LA TECLA PRESIONADA ES "UP" SE*/
734 5                       /*INCREMENTA EL PUNTERO*/
735 5                       ELSE IF (TECLA=09H) AND (N>0) THEN N=N-1; /*SI LA TECLA PRESIONADA ES*/
736 5                       /*"DOWN" SE DECREMENTA EL PUNTERO*/
737 4                       END;
738 3           IF PUNT=0FFH THEN OUTPUT(2AH),REG=REG AND 7FH; /*SI LA MEMORIA QUEDA LIMPIA SE QUITA*/
740 3           /*EL INDICADOR DE DATOS EN MEMORIA*/
741 3           END;

```

-----*/

/*CALIBRADO DEL MULTIMETRO*/

```

741 2   CAL:      DO;
742 3           DO WHILE (TECLA:=TECL)<>0BH;
743 4               OUTPUT(21H)=E#VA(E#VB);

```

```
744 4          IF TECLA=0AH THEN DO;  
746 5          IF E#VB>5 THEN E#VB=1;  
748 5          ELSE E#VB=E#VB + 1;  
749 5          END;  
750 4          END;  
751 3          END;
```

/*-----*/

```
752 2          END;  
753 1          OUTPUT(39H)=0FFH;  
754 1          DISABLE;  
755 1          GO TO LBL#2;  
756 1          END MULT#PROG;
```

MODULE INFORMATION:

```
CODE AREA SIZE      = 0FB7H    4023D  
VARIABLE AREA SIZE = 0053H    83D  
MAXIMUM STACK SIZE = 0011H    17D  
929 LINES READ  
0 PROGRAM ERROR(S)
```

END OF PL/M-80 COMPILATION

Apendice III:

Bibliografía.

APENDICE II: BIBLIOGRAFIA

1) Libros utilizados:

-Medidores Digitales. Instrumentación Lineal y Digital. Edit. Paraninfo.

-Microprocesadores y Microcomputadores. Edit. Marcombo.

-Microprocesadores III. Deto. de Electrónica de la E.T.S.I. de Telecomunicación de la U.P.M.

-Circuitos Electrónicos I, II, III y IV Deto. de Electrónica de la E.T.S.I. de Telecomunicación de la U.P.M.

2) Revistas utilizadas:

-N 19 de Nueva Electrónica

-R. E. de Electrónica (N 376, 381, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 392 y 395)

3) Manuales utilizados:

-CMOS Databook de Fairchild.

- FET Databook de National Semiconductor.
- Analog Signal Processing Components VOL.I.
- Manual de RS Data.
- Circuitos Integrados TTL de Texas Instruments.
- Tablas towers para selección de transistores de Marcombo.
- Semiconductor Handbook de Muiderkring (Edit. Paraninfo).
- Manual de manejo del multímetro de Hewlett Packard Model 3476A.
- Manual del lenguaje ensamblador del microprocesador 8085.
- Manual del PLM80.
- Manual del ICE85.