

870116

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México

ESCUELA DE INGENIERIA

J. J. E. G.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

GUIA PARA MEDICION Y COMPROBACION DE RESISTENCIAS,  
CAPACITORES, TRANSISTORES Y DIODOS CON  
INSTRUMENTOS BASICOS

## TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO EN COMPUTACION

PRESENTA:

ANA HERLINDA MANZANO ACEVEDO

GUADALAJARA, JALISCO, 1989.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

# I N D I C E

INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I RESISTENCIAS Y SU MEDICION	
1.1. La resistencia.....	5
1.2. Tipos de resistencias.....	7
1.3. Capacidad de potencia.....	11
1.4. Medición de resistencias.....	12
1.4.1. Código de colores.....	12
1.4.2. Método del voltímetro-amperímetro.....	14
1.4.3. Medición con óhmetro.....	15
1.4.4. Puente de resistencias.....	16
CAPITULO II CAPACITORES Y SU MEDICION	
2.1. El capacitor.....	21
2.2. Tipos de condensadores.....	23
2.3. Medición de capacitores.....	28
2.3.1. Código de colores.....	28
2.3.2. Prueba de condensadores con multímetro...30	
CAPITULO III COMPONENTES DE ESTADO SOLIDO Y SU MEDI-- CION.	
3.1. El diodo.....	37
3.2. Comprobación básica de los diodos.....	40
3.2.1. Prueba de continuidad del diodo.....	41
3.2.2. Comprobación de la corriente inversa y de la caída de tensión directa de un diodo..42	
3.2.3. Prueba dinámica del diodo.....	44
3.3. Diodo zener.....	46
3.4. Pruebas de diodos zener.....	47
3.4.1. Prueba estática del diodo zener.....	48
3.4.2. Prueba dinámica de un diodo zener.....	48
3.5. El transistor.....	50

3.5.1. Análisis práctico de las tensiones en un transistor.....	53
3.5.2. Precauciones en el manejo de los transistores.....	54
3.6. Comprobación básica de un transistor.....	54
3.6.1. Verificación de las pérdidas de un transistor (con óhmetro).....	55
3.6.2. Verificación de la ganancia de un transistor (con óhmetro).....	56
3.6.3. Prueba de transistores en circuito.....	57
3.6.4. Comprobación de la ganancia de un transistor	60

#### CAPITULO IV EL OSCILOSCOPIO

4.1. Introducción.....	64
4.2. Mediciones utilizando las escalas calibradas.....	64
4.2.1. Mediciones de amplitud.....	65
4.2.2. Medición de tensiones de cc. e instantáneas.	66
4.2.3. Medición de tensiones compuestas y pulsatorias.....	68
4.2.4. Medición de tiempo.....	70
4.2.5. Medición de frecuencia.....	70
4.2.6. Medición de desplazamiento de fase.....	71
4.3. Controles del osciloscopio.....	73

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
BIBLIOGRAFIA.....	80

## I N T R O D U C C I O N

A menudo, durante la práctica de la electrónica y debido generalmente a un mal funcionamiento del circuito que está siendo probado, surge la imperiosa necesidad de comprobar el funcionamiento de algún componente electrónico, así como también, de conocer alguna magnitud de éste.

Esta tesis pretende mostrar los procedimientos básicos de medidas y comprobaciones de algunos elementos electrónicos.

Los procedimientos que se presentan pueden efectuarse con los instrumentos básicos disponibles en un laboratorio o taller electrónico. Asimismo, se ha buscado que sean sencillos para una comprobación rápida pero no menos eficaz.

Los elementos de los cuales se hace referencia en esta tesis (diodos, transistores, resistencias y condensadores), se podría decir que son los más utilizados o encontrados en los circuitos electrónicos con los que trabaja generalmente un estudiante.

Los dos primeros capítulos se refieren a la medición y comprobación de resistencias y capacitores respectivamente. Los procedimientos de comprobación van precedidos de una descripción general de las características de los componentes, así como también, de los diferentes tipos fabricados y sus características particulares, para que de esta manera poder elegir correctamente el más beneficioso en alguna aplicación particular.

El tercer capítulo referente a diodos y transistores de unión también incluye, además de los procedimientos de comprobación, una descripción de las características generales de estos componentes.

Por último se incluye un capítulo dedicado a la medición de varias magnitudes con el osciloscopio, y una descripción de sus controles, ya que es una herramienta muy útil en el laboratorio o taller electrónico y es importante saber utilizarlo correctamente.

Muchas veces se conoce el funcionamiento de un elemento electrónico pero no su comprobación de correcto funcionamiento, que es lo que se muestra aquí.

**CAPITULO I**  
**"RESISTENCIAS Y SU MEDICION"**

## RESISTENCIAS Y SU MEDICION

## 1.1. LA RESISTENCIA.

La resistencia, hablando simplemente, describe la tendencia de un material de impedir el flujo de la corriente a través de él. La unidad de medida de la resistencia, R, es el ohmio. ( $\Omega$ )

Cuando se aplica un voltaje en un conductor una corriente fluye a través de él. Este voltaje está asociado con un campo eléctrico que acelera los portadores móviles de carga del conductor. El campo acelera cada uno de los electrones hasta cuando colisionan con los átomos del material conductor. Estas colisiones causan que los electrones cambien la dirección de su movimiento y transfieran parte de su energía a los átomos del material. Posteriormente los electrones se aceleran de nuevo hasta la próxima colisión. Este proceso colisión-aceleración-colisión continúa mientras el voltaje es té aplicado. El efecto neto de las colisiones es la entrega de energía a los átomos del material con lo cual se limita la velocidad promedio de los electrones y, consecuentemente, el flujo de corriente en el conductor. El proceso de transferencia de energía da origen al efecto de resistencia, esto es, que los electrones pierden energía cinética al fluir a través de una resistencia. Esta energía es convertida en calor. Las vibraciones mecánicas de los átomos de metal (originados por los choques entre electrones y átomos) son percibidas por nuestros sentidos como calor.

La propiedad de un material que indica qué tanto impide el flujo de la corriente se llama resistividad. En un buen conductor (cobre y plata), la resistividad es muy baja y los electrones se mueven suavemente sin perder mucha energía. Conductores pobres (llamados aisladores) tales como la madera y el vidrio tienen una resistividad muy alta y casi no fluye corriente, aún con la presencia de un voltaje alto.



Si un circuito o dispositivo requiere el efecto que -- produce una cantidad específica de resistencia (tal como para limitar la corriente que fluye a través de él o para disipar energía), se utiliza un elemento resistivo que incremente la resistencia total del circuito. A continuación se enumeran algunos usos y aplicaciones de las resistencias en los circuitos.

1. Limitar la corriente que fluye en una rama de un circuito. En estas aplicaciones pueden actuar para proteger otros -- elementos en la rama tales como los dispositivos semiconductores o los movimientos de medidores muy sensibles.
2. Como divisores de voltaje de tal forma que únicamente un voltaje deseado aparezca a través de una sección de un circuito.
3. Como elementos eléctricos de calefacción y en las lámparas incandescentes.
4. Como elementos que sirven como caminos de baja resistencia (como en las resistencias en derivación o shunts).
5. Amortiguar (reducir) oscilaciones indeseadas. En estas -- aplicaciones disipan la energía de las oscilaciones.

Las resistencias se construyen con materiales que conducen la electricidad, pero que poseen una gran resistencia -- comparada con la de los alambres y contactos. Las resistencias no sólo limitan la corriente sino que también extraen -- energía de la rama del circuito donde se colocan.

El voltaje instantáneo en una resistencia es directamente proporcional a la corriente que fluye a través de ella. La ecuación que describe esta relación fue descubierta por -- Georg Ohm. Esta dada por:

$$v = Ri$$

y se conoce como la ley de Ohm.

## 1.2. TIPOS DE RESISTENCIAS

Las resistencias se utilizan para muchos propósitos tales como en los calentadores eléctricos, equipo telefónico, elementos para los circuitos eléctricos y electrónicos y en los dispositivos limitadores de corriente. Los valores y las tolerancias de las resistencias varían ampliamente. Las resistencias se construyen desde 0.1 ohm hasta muchos megaohmios. Las tolerancias van desde  $\pm 20$  por ciento (en los calentadores eléctricos) hasta  $\pm 0.001$  por ciento (resistencias de precisión utilizadas en los instrumentos de medición). Existen diferentes tipos de resistencias porque con un solo material o clase de diseño no se pueden conseguir todos los rangos y tolerancias. La tabla siguiente resume las propiedades de las resistencias que se consiguen en el comercio.

### CARACTERISTICAS DE DIFERENTES TIPOS DE RESISTENCIAS

TIPO	RANGO DISPONIBLE	TOLERANCIA	MAX. POTENCIA (VATIO)
Composición de carbón	1 $\Omega$ a 22M $\Omega$	5 a 20%	2 W
Alambre devanado	1 $\Omega$ a 100K $\Omega$	0.0005%	200 W
Película de metal	0.1 $\Omega$ a 10 <sup>10</sup> $\Omega$	0.005%	1 W
Película de carbón	10 $\Omega$ a 100M $\Omega$	0.5%	2 W

### RESISTENCIAS DE COMPOSICION DE CARBON

Las resistencias hechas de una composición de carbón llamadas simplemente de carbón son el tipo más comúnmente utilizado en los circuitos discretos eléctricos y electrónicos. Se consiguen desde 1 $\Omega$  hasta 22 M $\Omega$  y tienen la ventaja de ser baratas y tener una estabilidad alta durante su vida útil. Sin embargo, su tolerancia del 5 al 20% es desfavorable con respecto a la mayoría de los otros tipos y su coeficiente de temperatura (CT)<sup>1</sup> es relativamente alto. Debido a su régimen moderado de potencia (máximo 2 vatios) no se utilizan en algunas aplicaciones.

La forma más común de las resistencias de carbón con--

(1) El coeficiente de temperatura (CT) de una resistencia es el porcentaje de cambio en el valor por cada grado centígrado.

siste de grafito u otro tipo de carbón embebido en un material de relleno. El grafito es un conductor moderado y variando la mezcla grafito-relleno se obtiene un gran rango de valores de resistencias (a menor grafito mayor resistencia). El cuerpo de la resistencia tiene una forma cilíndrica, con un matiz de color castaño y con bandas coloreadas las cuales indican su valor en forma codificada. El código se explica en otra sección.

#### RESISTENCIAS DE ALAMBRE DEVANADO

Las resistencias de alambre devanado o simplemente de alambre son, como su nombre lo implica, una longitud de alambre devanado sobre un núcleo cilíndrico aislante. Normalmente el alambre es de constantan (60 por ciento de cobre y 40 por ciento de níquel) y manganina (aleación de cobre, níquel, manganeso y carbón), que tienen una resistividad alta y bajo coeficiente de temperatura. Puesto que se puede controlar cuidadosamente la longitud, resistividad y tamaño del alambre estas resistencias se pueden construir con mayor exactitud que las de carbón. La tolerancia varía entre 0.01 y el 1.0 por ciento y el rango de valores va aproximadamente desde 1 ohm hasta 1 megaohm. Para aplicaciones en alta potencia se fabrican con capacidades de disipación entre 5 y 200 vatios (tolerancia del 5 al 10 por ciento). Las resistencias de alambre se utilizan cuando las de carbón no pueden reunir las condiciones de tolerancia, seguridad o potencia requeridas por una aplicación particular.

Cuando se desea una precisión extremadamente alta, se utilizan resistencias de alambre de una aleación especial que suministre estabilidad por un largo tiempo y un pequeño CT. Tolerancias tan bajas como  $\pm 0.0005$  por ciento se logran de esta manera.

La principal desventaja de las resistencias de alambre

se debe a la inductancia que presentan al tener una estructura como la de las bobinas. A altas frecuencias, este problema impide su utilización. Para vencer este inconveniente se usa un devanado bifilar. Una mitad del alambre se devana en una dirección y la otra mitad en dirección opuesta. Se obtiene una resistencia no inductiva pero mucho más costosa que una resistencia ordinaria de alambre.

#### RESISTENCIAS DE PELICULAS DE METAL Y CARBON

Una capa muy delgada de metal se puede depositar sobre un material aislante, para conseguir un camino con una resistencia muy alta. Los valores de estas resistencias de película de metal pueden llegar hasta 10,000 M $\Omega$  ( $10^{10}\Omega$ ) y son mucho más pequeñas que las de alambre devanado. Los problemas de inductancia y tamaño del alambre, que limitan los valores de las resistencias de alambre, se superan. Además, se mantienen las ventajas de alta precisión y CT bajo al utilizar metales como material de la resistencia. Estos atributos, -- junto con el ruido muy bajo que presentan, han difundido su uso en los amplificadores de señales de bajo nivel y en los computadores.

La estructura de la resistencia consiste de dos electrodos montados en una base de material aislante conectados por medio de una película de metal muy delgada. El cuerpo de la resistencia tiene una forma cilíndrica.

Las resistencias de película de carbón depositan una capa de carbón en vez de la de metal. Se obtienen resistencias de menor valor pero de menor tolerancia que las obtenidas con películas de metal. Sin embargo, la película de carbón posee un CT ligeramente negativo el cual es útil en ciertos circuitos electrónicos.

## RESISTENCIAS VARIABLES

Se requieren resistencias variables en los circuitos donde se requiere ajustar el valor de la resistencia, pero manteniéndola conectada (por ejemplo, el control de volumen de un radio). Normalmente tienen tres alambres, dos fijos y uno móvil. Si se hace uso de únicamente dos de los terminales (uno fijo y el móvil), la resistencia se emplea como un reóstato (fig. 1.1.). Los reóstatos se utilizan normalmente para limitar la corriente en la rama de un circuito. Si los tres contactos se usan, la resistencia se utiliza como un potenciómetro. Los potenciómetros se utilizan a menudo como divisores de voltaje o para variar el voltaje a través de una rama de un circuito.

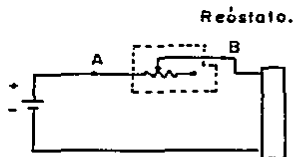
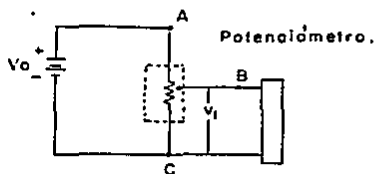
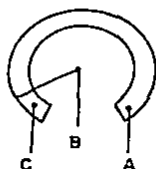


FIG. 1.1. POTENCIOMETRO Y REOSTATO

Para resistencias variables de uso general se utiliza una resistencia fija y un contacto capaz de rotar sobre un eje (fig. 1.2). El contacto se conecta al cuerpo de la resistencia entre los terminales fijos. Cuando el eje rota, el tercer terminal se mueve a lo largo de la resistencia; variando la resistencia entre él y cualquiera de los otros terminales. Normalmente, una rotación de 270 grados mueve el contacto deslizante sobre toda la longitud del elemento resistivo.



FIG. 1.2. RESISTENCIA VARIABLE VISTA EXTERNA

En las resistencias variables para propósitos generales, el cuerpo puede ser de una composición de carbón o del tipo de alambre devanado. Se consiguen rangos de  $100\ \Omega$  a  $1\text{M}\Omega$  para el tipo de carbón y entre  $5\ \Omega$  y  $50\text{k}\Omega$  para el tipo de alambre devanado. La resistencia total y el régimen de potencia se encuentran normalmente estampados en el cuerpo de la unidad.

Los potenciómetros de precisión se construyen con una gran exactitud en su variación paso a paso, pero no en su resistencia total. Es decir, la tolerancia de la variación normalmente es de  $\pm 0.05$  por ciento a  $\pm 0.5$  por ciento, mientras que la tolerancia total es generalmente del  $\pm 5$  por ciento.

### 1.3. CAPACIDAD DE POTENCIA

La capacidad de potencia de una resistencia es la máxima potencia que puede disipar como calor antes de quemarse. Si esta potencia se excede, la corriente que fluye en la resistencia transferirá (por medio del proceso de colisión --

con la red cristalina) demasiada energía al material. La energía toma la forma de calor y la resistencia se destruye o daña debido al excesivo proceso térmico. Normalmente una resistencia de carbón se quiebra y abre (algunas veces explota) debido al calor excesivo que genere, mientras que una de alambre devanado se puede fundir. Debido a los daños o destrucción que puede resultar de una sobrecarga, se deben revisar visualmente las resistencias antes de usarlas. Si el cuerpo de una resistencia aparece torcido, descolorido o quebrado, indica que la resistencia ha sufrido una violación de su capacidad máxima de potencia. Antes de usarla, se debe medir y asegurarse que todavía satisface el valor codificado en su cuerpo.

La máxima potencia que una resistencia de carbón puede manejar depende de su tamaño. Se fabrican con capacidades de 1/8, 1/4, 1/2, 1 y 2 vatios. El tamaño de la resistencia es de acuerdo a la potencia que pueden manejar.

Cuando se requiere una capacidad mayor de 2 vatios se utilizan resistencias de alambre. Su capacidad de potencia se encuentra impresa directamente en la resistencia.

Para determinar la potencia de una resistencia se debe estimar el máximo voltaje o corriente que pasará a través del elemento y calcular la potencia a partir de

$$P = \frac{V^2}{R} = I^2 R$$

Por seguridad y para un diseño conservador este valor se multiplica por 4.

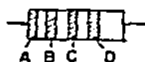
#### 1.4. MEDICION DE RESISTENCIAS.

##### 1.4.1. Código de colores.

La mayoría de las resistencias grandes tienen su valor y tolerancia impresos en sus cuerpos. Sin embar

go, las resistencias de carbón y algunas de alambre devanado son muy pequeñas para utilizar este método de identificación. Se utilizan un código de colores para identificar visualmente el valor y tolerancia de las resistencias de carbón, sin tener que medirlas. Se pintan tres o cuatro bandas de colores en el cuerpo de la resistencia para identificar estos datos. El código se lee de izquierda a derecha. Los resistores de composición de carbón se identifican mediante cuatro bandas o anillos de color, mientras que las de precisión poseen cinco anillos. En ambos casos, el último anillo de la derecha indica la tolerancia del valor de la resistencia. A continuación se lista la tabla.

#### Tipo COMPOSICION

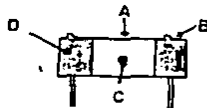


A=1º DIGITO  
B=2º DIGITO  
C=3º DIGITO  
D=EXPONENTE  
D=TOLERANCIA

#### PRECISION



$$R = (10A + B) \cdot 10^C \pm D$$



Resistencia con alambre de conexión Radial.

DISPOSICION DE CODIGO EN DIFERENTE TIPO DE RESISTENCIAS



COLOR	DIGITO	EXPONENTE	TOLERANCIA
Negro	0	0	
Café	1	1	
Rojo	2	2	
Naranja	3	3	
Amarillo	4	4	
Verde	5	5	
Azul	6	6	
Violeta	7	7	
Gris	8		
Blanco	9		
Plata		-2	+ 10%
Oro		-1	+ 5%
Sin banda			+ 20%

El valor indicado por el código de colores en las resistencias de carbón se llama su valor nominal. Se fabrican únicamente en un conjunto específico de valores. La figura siguiente muestra los valores nominales para las tolerancias del 5%, 10% y 20%.

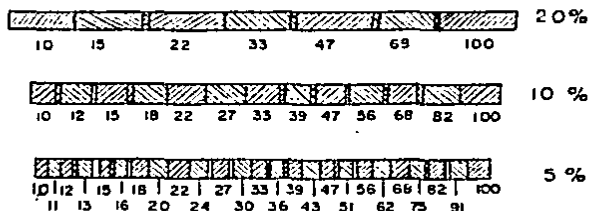


TABLA DE VALORES NOMINALES Y RANGOS DE TOLERANCIAS PARA RESISTENCIAS DE CARBÓN (ESCALA LOGARITMICA).

#### 1.4.2. METODO DEL VOLTIMETRO-AMPERIMETRO

El método del voltímetro-amperímetro es una técnica para medir resistencias cuando sólo se dispone de voltímetro y amperímetro y es satisfactoria una exactitud del 1 ó

2 por ciento. Una corriente que pasa a través de una resistencia se mide por medio de un amperímetro. Al mismo tiempo el voltaje a través del elemento se registra por medio de un voltímetro. La resistencia se calcula a partir de la razón entre el voltaje y la corriente leídos de los instrumentos. La exactitud de la medición depende de los instrumentos usados.

Existen dos formas posibles de conectar los instrumentos para efectuar esta medición (fig. 1.3). Si se utiliza la conexión mostrada en la figura 1.3 (a) y la resistencia del voltímetro es muy alta comparada con  $R_x$ , entonces el voltímetro tomará solamente una pequeña corriente de  $R_x$  y podemos desprestigiar su efecto de carga. Por consiguiente esta conexión es la mejor para medir resistencias de valores bajos.

Considerando la conexión (B) podemos decir que es más exacta para medir resistencias de valores altos, dado que  $R_{amp} \ll R_x$

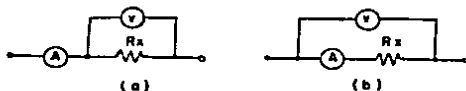


FIG. 1.3. CONEXION DE LOS INSTRUMENTOS PARA MEDIR RESISTENCIAS POR EL METODO DEL VOLT.-AMP.

#### 1.4.3. MEDICION DE RESISTENCIA CON EL OHMETRO.

El óhmetro es un instrumento simple que aplica el voltaje fijo de una batería a dos resistencias en serie. Una resistencia es de valor conocido y la otra es la resistencia que se desea medir.

Los óhmetros son útiles para medir rápidamente resistencias desconocidas en muchos rangos. El rango de los valo-

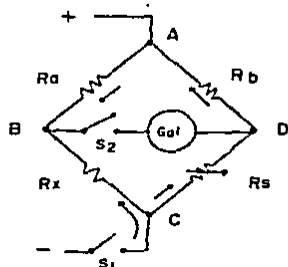
res que se pueden medir va desde los miliohmios hasta los 50-megaohmios. Sin embargo, existen algunas limitaciones en su uso. Puesto que su mejor exactitud es cerca del 2 por ciento generalmente no son convenientes para mediciones de una exactitud alta. También, ciertas precauciones especiales se deben seguir al utilizarlos para medir circuitos con inductancias o capacitancias altas. Finalmente, porque contienen baterías, se deben usar únicamente en circuitos pasivos o en circuitos que no dañen éstos.

#### 1.4.4. PUENTE DE RESISTENCIAS

Un puente es el nombre utilizado para indicar una clase especial de circuitos de medición. Se utilizan a menudo para medir resistencia, capacitancia e inductancia. Los puentes se utilizan para medir resistencias cuando se requiere una gran exactitud. El puente de resistencia más conocido y más ampliamente utilizado es el puente de Wheastone. Se utiliza para medir valores de resistencias mayores de un ohmio. Otro tipo, el puente de Kelvin, se usa para medir resistencias menores de un ohmio. Las mediciones que se obtienen con el puente son mucho más exactas que las obtenidas con el óhmetro o con el método del voltímetro-amperímetro.

En la fig. 1.4. se representa el circuito básico de un puente de Wheastone. Este consiste de cuatro brazos o ramas, un galvanómetro y una fuente de alimentación. Las cuatro ramas o brazos son:

- A) La resistencia desconocida  $R_x$ , que es conectada entre los terminales B y C.
- B) La resistencia estándar,  $R_s$ , que es un resistor variable - cuyo brazo móvil lleva incorporado un sistema que indica el valor de  $R_s$  correspondiente a la posición que ocupa.
- C y D) Los resistores  $R_a$  y  $R_b$  son fijos y de valor conocido, sirven para proveer la razón de multiplicación de  $R_s$ , en convenientes valores tal como 100, 10, 1, 1/10. A esta exactitud es obtenida con una relación 1-1.



$$R_x = \frac{R_d}{R_b} R_s$$

FIG. 1.4. PUENTE DE WHEASTONE DE RESISTENCIAS

Una batería o cualquier otra fuente de alimentación se conecta entre A y C. Usualmente en rangos de 1.5 a 9 volts.- para una útil sensibilidad.

Al cerrar el interruptor  $S_1$ , la corriente circula en la dirección de las flechas y se produce una caída de tensión en cada una de las cuatro resistencias. Las caídas en  $R_a$  y  $R_b$  son iguales (siempre que  $R_a$  sea igual a  $R_b$ ). La resistencia variable se ajusta para que el galvanómetro marque cero cuando se cierre el interruptor  $S_2$ . Entonces  $R_x$  tiene el mismo valor que  $R_s$ , el cual leeremos en el dial del brazo móvil.

Cuando la resistencia variable  $R_s$  se hace igual a  $R_x$ , la diferencia de potencial entre los puntos B y D será cero y no circulará corriente por el galvanómetro. Si  $R_s$  y  $R_x$  son distintos, los puntos B y D no tendrán la misma tensión y la corriente circulará por el galvanómetro que marcará un valor proporcional a dicha corriente. En la condición de no flujo de corriente a través del galvanómetro implica.

$$\frac{R_x}{R_3} = \frac{R_2}{R_1}$$

Si  $R_x$  es desconocida y  $R_1$ ,  $R_2$ , y  $R_3$  se conocen podemos hallar  $R_x$  de:

$$R_x = R_3 \left( \frac{R_2}{R_1} \right)$$

Como utilizar el puente de Wheastone.

1. Conecte la resistencia desconocida  $R_x$ , a los terminales -- del puente con contactos firmes y buenos.
2. Coloque el galvanómetro en su escala menos sensible. Esto evita daños si el puente está desbalanceado severamente.
3. Ajuste los diales de la resistencia variable hasta alcanzar una lectura nula. (marque cero el galvanómetro).
4. Cambie a una escala más sensible y repita el paso anterior continúe hasta alcanzar la escala más sensible.
5. Calcule la resistencia a partir de  $R_x = R_3 \left( \frac{R_2}{R_1} \right)$  ó léala a partir de los diales.

Errores del puente.

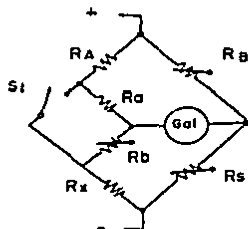
Los errores posibles que surgen al utilizar el puente son:

1. Discrepancias entre los valores verdaderos y establecidos en las tres ramas del circuito puente. Este error se puede estimar a partir de la tolerancia de las resistencias.
2. Cambios en los valores de las resistencias conocidas debido a los efectos del autocalentamiento.
3. Voltajes térmicos en el puente o galvanómetro causados por materiales diferentes en contacto.
4. Error en el punto de balance por falta de sensibilidad en el galvanómetro.
5. Resistencia inducida por los terminales y contactos, especialmente cuando se efectúan mediciones de bajo valor.

PUENTE DE KELVIN

El circuito básico de un kelvin está representado en la fig. 1.5. Es análogo al puente de Wheastone y se utiliza para medir pequeñas resistencias de hasta una milésima de ohmio con una precisión del  $\pm 2\%$ . Con el interruptor cerrado se variarán  $R_s$  y  $R_B$  hasta conseguir que el medidor marque cero. De esta forma se mantiene constante la relación  $R_a/R_b = R_B/R_s$ .

Con el interruptor abierto se ajustan  $R_a$  y  $R_b$  para obtener también una indicación nula en el medidor. Ambas operaciones se repiten hasta que el medidor marque cero, tanto con el interruptor abierto como cerrado.



$$R_x = \frac{R_A}{R_B} R_s$$

FIG. 1.5. PUENTE DE KELVIN DE RESISTENCIAS

**CAPITULO II**  
**"CAPACITORES Y SU MEDICION"**

## CAPACITORES Y SU MEDICION

## 2.1. EL CAPACITOR

Cuando dos superficies conductoras (llamadas placas) se colocan una cerca de la otra, con un material no conductor entre ellas, que se denomina dieléctrico, resulta el elemento conocido como capacitor, para este elemento un voltaje aplicado a las placas da por resultado un campo eléctrico entre ellas y la corriente que fluye por el capacitor es directamente proporcional a la razón de cambio respecto al tiempo de voltaje a través de él. La relación entre voltaje y corriente está dada por:

$$i = C \frac{dv}{dt}$$

En donde la constante C, es la capacitancia de la configuración particular. La capacitancia se refiere a la cantidad de carga que la configuración puede almacenar por cada voltio de diferencia de potencial que existe entre los dos cuerpos o placas. Los capacitores se construyen de tal forma que posean deliberadamente un valor particular de capacitancia. La unidad de capacitancia es el faradio (F).

En contraste con las resistencias cuyas características eléctricas ideales son idénticas bajo condiciones de operación estática y dinámica, los condensadores difieren.

En el caso de que se le aplique un voltaje constante al capacitor es obvio que  $i=0$ , es decir, no existe corriente a través del capacitor según la ecuación mostrada anteriormente. Sin embargo existe un voltaje  $v$  a través de él y una carga en las placas. La relación es:  $q=Cv$ . Puesto que la carga toma un tiempo finito para fluir hacia las placas, el voltaje total impreso en el condensador no aparecerá a través de él instantáneamente. Este efecto significa que un condensador es un elemento que no acepta cambios abruptos o instantáneos en su voltaje. El voltaje a través de él debe cambiar suave-



mente con el tiempo.

Si un voltaje de ca se aplica a través de los terminales de un condensador la carga varía también con el tiempo; es decir,  $q(t) = C_v(t)$ . Puesto que la carga neta presente en las placas fluctúa, y ninguna carga cruza el dieléctrico, debe haber una transferencia de carga a través de la porción -- restante del circuito. En consecuencia, cuando el voltaje es no constante, existe una corriente distinta de cero. En resumen, aunque no hay flujo de carga a través del dieléctrico de un capacitor, el efecto de carga y descarga alternadas debido a un voltaje no constante produce una corriente real fuera -- del dieléctrico, haciendo que los otros elementos del circuito reaccionen de la misma forma como si una corriente de ca pasara por el condensador. A continuación se enumeran algunas aplicaciones y usos de los condensadores en los circuitos.

1. Elementos de bloqueo de cd. Cuando un condensador se coloca en serie con la rama de un circuito, se evita que las componentes de cd de la corriente en la rama fluyan. Sin embargo, las componentes de ca no se bloquean completamente. Los condensadores de bloqueo se utilizan en amplificadores, rectificadores y en los circuitos osciladores.
2. Elementos para desviar cantidades de ca. Cuando un condensador se coloca en paralelo con una resistencia de gran valor, el condensador puede formar un camino de baja impedancia para las cantidades de ca. La cd es forzada a utilizar el camino de alta impedancia porque el condensador permanece virtualmente como un circuito abierto para cd. Se utilizan en esta forma en los circuitos de amplificación.
3. Elementos para almacenar energía. Se utilizan en los circuitos que suministran energía a las unidades electrónicas de destello para fotografía, aceleradores de electrones, y lámparas laser. La energía se puede almacenar lentamente durante la carga del condensador y liberarse rápidamente por medio de una descarga acelerada.

4. Se utilizan las características transitorias de carga y -- descarga de los condensadores en la generación de pulsos - en los circuitos de los computadores y generadores de tiempo.
5. Se utilizan en las fuentes de alimentación de potencia de los instrumentos como filtros para reducir las fluctuaciones de las formas de onda de la salida.
6. Se utilizan en los osciladores como parte de los circuitos que producen las oscilaciones.
7. Elementos transductores. El cambio de alguna variable física se puede utilizar para cambiar el valor de la capacitancia de una estructura que tiene la forma de un condensador. El cambio de la variable no eléctrica se convierte - de esta forma en una variación eléctrica.

## 2.2. TIPOS DE CONDENSADORES.

El dieléctrico que separa las placas de un condensador determina principalmente el valor de la capacitancia, - la corriente de fuga y el voltaje de perforación del condensador. Como consecuencia, los condensadores se clasifican generalmente de acuerdo con los materiales que se usan como dieléctrico.

El objetivo en el diseño de un condensador es tener el mayor valor en el menor volumen posible. Además, la capacitancia no debe cambiar con el tiempo, el voltaje, la presión, y debe tener un mínimo de pérdidas.

Los condensadores tienen un valor de voltaje máximo -- que se les puede ser aplicado, si este valor es excedido, ocurre la perforación y ruptura del dieléctrico. El mismo efecto también origina fugas mayores en grandes unidades de capacitancia.

### CONDENSADORES DE MICA

La mica tiene un voltaje de perforación muy alto y es-

casí totalmente inerte. Estas características producen condensadores muy estables bajo condiciones eléctricas diferentes, de temperatura y con el paso del tiempo.

Los condensadores de mica poseen una corriente de fuga y un factor de disipación muy bajo. Los rangos disponibles son entre 1 pF y 0,1 uF, con tolerancias de  $\pm 1$  al  $\pm 20$  por ciento. La capacitancia se limita a este valor relativamente pequeño porque la mica no es lo suficiente flexible para enrollarse en los tubos.

Los condensadores de mica se emplean como condensadores de precisión debido a su tolerancia pequeña y estabilidad alta con la temperatura. También se utilizan en aplicaciones de alta frecuencia, en los osciladores como sintonizadores y en la construcción de filtros, en tales aplicaciones se desean valores de capacitancia pequeños y factores de disipación bajos. Finalmente, en aplicaciones de alto voltaje se utilizan con excelentes resultados. Los condensadores de mica no tienen polaridad y el valor de la capacitancia y otras características se indican por medio de un código de colores impreso en su paquete.

#### CONDENSADORES DE CERAMICA

Se construyen dos tipos diferentes de condensadores de cerámica; el tipo de pérdidas y constantes dieléctricas bajas y el tipo de constante dieléctrica alta. El tipo de bajas -- pérdidas tiene una resistencia de fuga alta (1.000 M $\Omega$ ) y se puede utilizar en aplicaciones de alta frecuencia casi tan bien como los condensadores de mica.

El tipo de constante dieléctrica alta suministra un valor de capacitancia grande con un volumen pequeño. Sin embargo, su valor puede cambiar fuertemente con las variaciones de la temperatura, el voltaje de cd y la frecuencia. Entonces,-

este tipo de condensadores es útil si no se requiere un valor exacto (tal como en los circuitos de acople o como condensadores de paso). El rango de valores de los condensadores de K-alto va desde 100 pF hasta 0.1 uF. El rango de tolerancia típica va de +100 por ciento a -20 por ciento del valor establecido.

El valor se imprime directamente en el cuerpo del condensador o se utiliza un código de colores. Los condensadores de cerámica no poseen polaridad de voltaje.

#### CONDENSADORES DE PAPEL

Son el tipo utilizado más ampliamente. Su popularidad se debe a su bajo costo y al hecho de que se pueden construir en un amplio rango de valores (500 pF a 50 uF). Además, se pueden diseñar para resistir voltajes muy altos. Sin embargo las corrientes de fuga son altas y sus tolerancias son relativamente pobres. (+ 10 a 20 por ciento). Estas limitaciones restringen su uso en algunas aplicaciones.

El valor del capacitor se imprime directamente en éste para unidades pequeñas se usa un código de colores. Cuando el código de colores no se utiliza, una banda (normalmente negra) se imprime a menudo cerca del terminal que está conectado a la hoja metálica más externa. Este terminal se debe conectar siempre al punto de menor potencial.

Condensadores especiales de papel llenos de aceite se construyen cuando se desea un valor alto de capacitancia y altos voltajes de perforación. Estos condensadores de papel de alto voltaje se utilizan principalmente en ciertas fuentes de alimentación y en los circuitos de transmisión.

#### CONDENSADORES DE PELICULA PLASTICA

Este dieléctrico mejora las propiedades del condensador

dor minimizando las corrientes de fuga a una temperatura hasta de 150-200°C. Las otras características son similares a las unidades de papel. Sin embargo el costo es mayor por lo que se utilizan cuando un condensador de papel no reúne las especificaciones del diseño. Comercialmente se consiguen rangos entre 500 pF y 10 uF.

#### CONDENSADORES ELECTROLITICOS

Se debe enfatizar que un condensador electrolítico se debe conectar en un circuito únicamente con la polaridad apropiada. Si se conecta el terminal positivo del condensador al terminal negativo de un circuito, se produce una acción química por el electrolito que romperá el dieléctrico de óxido y destruirá el condensador. (Con polaridad invertida, el óxido no actúa como un aislante, por tanto, una corriente de fuga apreciable puede fluir y desintegrar el óxido). Además, así como para los otros tipos de condensadores, el voltaje especificado no se debe exceder. Para valores de capacitancia mayores el voltaje máximo será menor porque la capa de óxido es más delgada.

Los condensadores electrolíticos tienen los valores de capacitancia más grandes por unidad de volumen entre todos los tipos de condensadores. Pero también poseen valores de corrientes de fuga muy grandes. Estas propiedades limitan su uso en ciertas aplicaciones. Por ejemplo, en los circuitos a transistores, se desean capacitancias grandes en un pequeño volumen pero no son necesariamente críticos los valores de las corrientes de fuga o de las capacitancias. Entonces, los condensadores electrolíticos son útiles solamente para algunos de estos circuitos. Los condensadores electrolíticos se consiguen en un rango de valores que va desde 1 hasta 500.000 uF. Sin embargo, su resistencia de fuga es únicamente alrededor de 1 MΩ.

## CONDENSADORES VARIABLES

Así como las resistencias, a menudo es necesario variar el valor de un condensador mientras permanece conectado al circuito. Por ejemplo, cuando se desea sintonizar el circuito de un radio receptor o un oscilador.

El condensador variable de aire es el tipo más común. Se construye montando un conjunto de placas metálicas en un eje y mezclándolas con otro conjunto de placas metálicas fijas de forma similar. A medida que el eje se rota, se aumenta o disminuye el área entre placas adyacentes. Esta variación del área cambia el valor de la capacitancia. Los valores de este tipo de condensadores son hasta cerca de 500 pF. Puesto que las fugas en los condensadores de aire son muy bajas, se utilizan para construir condensadores ajustables de precisión que se emplean para medir valores pequeños de capacitancia.

El condensador de pequeña capacidad (trimmer) es también un condensador variable, pero se utiliza principalmente en los circuitos que requieren ajustes de sintonía en una o en muy pocas ocasiones (tal como en el ajuste del rango de frecuencia de un amplificador sintonizador). Este condensador es de mica y tiene un tornillo que ajusta las hojas de mica y metal. Cuando el tornillo se aprieta, la separación entre las placas y por tanto, la capacitancia varía. El rango total de ajuste es el de alrededor de 15 a 500 pF. Algunas unidades tienen rangos entre 5 y 40 pF o entre 20 y 100 pF.

Diferentes tipos de condensadores y sus características.

DIELECTRICO	VALORES DE CAPAC.	TOLERANCIAS %	RESISTENCIA FUGA (M) $\Omega$	RANGOS MAX. VOLT.	RANGOS FREC. UTIL Hz
Mica	1 pF-0,1 uF	$\pm 1$ a $\pm 20$	1.000	500-75kV	$10^3$ - $10^{10}$
Cerámica bajas pérd.	1 pF-0,00uF	$\pm 5$ a $\pm 20$	1000	6.000 V	"

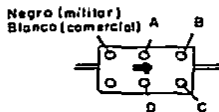
Cerámica K alto	100pF-0.1uF	+100 a -20	30-100	100V	$10^3-10^8$
Papel con aceite	1.000pF-50uF	$\pm 10$ a $\pm 20$	100	100v-100kv	$100-10^6$
Poliestireno	500pF-10uF	$\pm 0,5$	10.000	1.000 V	$0-10^{10}$
Mylar	5.000pF-10uF	$\pm 20$	10.000	100V a 600V	$100-10^6$
Electrolítico	1uF-0,5F	+100a-20	1	500V	$10-10^4$
Variable de aire	10 pF sin mezclar a 500 pF mezclado	$\pm 0,1$		500V	

## 2.3. MEDICION DE CAPACITORES

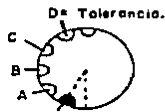
### 2.3.1. CODIGO DE COLORES

La popularidad del código de colores utilizado para las resistencias llevó al desarrollo de colores de colores para los condensadores. Este código de colores se utiliza en las unidades tubulares de papel, mica y cerámica. Permitiéndonos identificar el valor de su capacidad, la tolerancia y el coeficiente de temperatura.

### CODIGO DE COLORES PARA CONDENSADORES DE MICA



MOLDEADO.



BOTON.

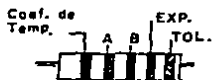
$$C = (10A + B) \times 10^C$$

$$\approx D \text{ pF.}$$

COLOR	DIGITO	EXPONENTE	TOLERANCIA	COEF. TEMP. PPM/°C
Negro	0	0	$\pm 20\%$	$\pm 500$
Marrón	1	1	$\pm 1\%$	$\pm 200$
Rojo	2	2	$\pm 2\%$	$\pm 100$
Naranja	3	3	$\pm 3\%$	- 20 a + 100
Amarillo	4	4	-	0 a + 70
Verde	5	-	$\pm 5\%$	-
Azul	6	-	-	-
Violeta	7	-	-	-

Gris	8	-	-	-
Blanco	9	-	-	-
Plata	-	-2	<u>+10</u>	-
Oro	-	-1	<u>+0.5</u>	-

### CODIGO DE COLORES PARA CONDENSADORES CERAMICOS



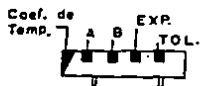
Tipo CILINDRICO  
(5 colores).



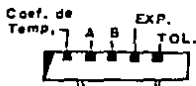
Tipo DISCO  
(5 colores).



Tipo DISCO  
(3 colores).



Tipo TUBULAR  
(3 colores).



Tipo TUBULAR  
(6 colores).

$$C = (10A + B) \times 10^{EXP.} \pm TOL. pF.$$

COLOR	DIGITO	EXONENTE	TOLER. <10pF	TOLER. >10pF	COEF. TEMP. PPM/°C
Negro	0	0	<10pF	>10pF	0
Marrón	1	1	+2,0pF	+20%	-33
Rojo	2	2	<u>+0,1</u>	<u>+1</u>	-75
Naranja	3	3	-	<u>+2</u>	-150
Amarillo	4	4	-	<u>+3</u>	-220
Verde	5	-	<u>+0,5</u>	<u>+5</u>	-330
Azul	6	-	-	-	-470
Violeta	7	-	-	-	-750
Gris	8	-2	<u>+0,25</u>	-	-1500 a +150
Blanco	9	-1	<u>+1,0</u>	<u>+10</u>	-750 a +100
Oro	-				
Plata	-				



CODIGO DE COLORES	DIGITO	EXPONENTE	TOLERANCIA	TENSION VOLTS
Negro	0	0	20	0
Marrón	1	1	-	1
Rojo	2	2	-	2
Naranja	3	3	30	3
Amarillo	4	4	40	4
Verde	5	5	5	5
Azul	6	6	-	6
Violeta	7	-	-	7
Gris	8	-	-	8
Blanco	9	-	10	9



A = 1º Dígito  
 B = 2º Dígito  
 C = Exponente  
 D = Tolerancia  
 E = 1º Dígito tensión  
 F = 2º Dígito tensión.

$$C = (10A + B) \times 10^C \pm D \text{ p.F.}$$

$$\text{VOLTAJE NOMINAL} = (10E + F) \times 100 \text{ V}$$

### 2.3.2. PRUEBA DE CONDENSADORES CON MULTIMETRO

Es posible realizar algunas pruebas a los condensadores con un óhmetro o un voltímetro con el fin de comprobar su correcto funcionamiento, así también medir su capacidad si ésta nos es desconocida. A continuación se explica cada prueba que es posible.

Comprobación de las pérdidas de un condensador con un óhmetro.- El condensador debe desconectarse del circuito para poder efectuar una comprobación de confianza. Esta prueba es semejante a la medida de cualquier resistencia de alto valor. El óhmetro se conecta en paralelo al condensador y se mide la

resistencia. Para ello deben observarse las normas siguientes:

1. Utilizar el alcance más alto del óhmetro. Un condensador típico tendrá una resistencia superior a los 1.000 M $\Omega$ .
2. La comparación será más exacta si se utiliza un adaptador de alta resistencia. La tensión más alta pondrá de manifiesto cualquier tendencia del condensador a la ruptura.
3. Cuando se utilizan tensiones elevadas, cerciorarse que no excedan la tensión máxima de ruptura del condensador. Especialmente se presenta este problema en los condensadores electrolíticos de baja tensión utilizados en los equipos con componentes de estado sólido.
4. Otra precaución a observar con los condensadores electrolíticos es la de aplicar la polaridad correctamente. Generalmente el terminal positivo del aparato de medidas es rojo, y el negativo, negro.

Por regla general, los condensadores indicarán alguna resistencia en el instante de conectarles el óhmetro, pero esta lectura aumentará hasta marcar infinito. Por otra parte, si la indicación de resistencia es infinito en todo momento es posible que el condensador esté abierto. Si el condensador está cortocircuitado el instrumento dará resistencia nula.

A veces resulta conveniente efectuar más rápidamente la carga del condensador, para lo cual se le conectará al medidor en la escala más baja de resistencias (Rx1). A continuación se conmutará hasta la escala más alta. (el alcance más bajo del óhmetro aplica la máxima tensión).

Comprobación de un condensador con un voltímetro.- A veces un condensador puede estar en cortocircuito o presentar fugas solamente cuando se le aplique una tensión. Se dice que este condensador está abierto bajo carga. Este defecto no se puede detectar con un óhmetro, pero sí con un voltímetro--

tro de cc.

Si el condensador está desconectado del circuito, se conectarán sus terminales a una fuente de tensión continua durante 10 seg. Conviene que dicha tensión sea próxima a la tensión de trabajo del condensador, sin exceder nunca a su valor y teniendo siempre en cuenta la polaridad cuando el condensador sea electrolítico.

Una vez cargado el condensador, se le desconectará de la fuente de tensión y se medirá con un voltímetro la tensión inicial a la que ha quedado cargado. La indicación inicial de tensión debe ser aproximadamente la misma que la de la fuente de tensión. Si no hay indicación de tensión, el condensador está abierto. Si la tensión medida es muy baja, el condensador tiene pérdidas. Se recomienda que esta prueba se realice con un voltímetro electrónico ya que su gran resistencia interna hará que el condensador tenga una descarga lenta.

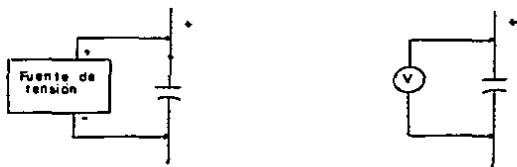


FIG. 1. COMPROBACION DE UN CONDENSADOR CON VOLTIMETRO

Si el condensador está conectado en el circuito, se desconectará el terminal de tierra, midiendo la tensión continua entre este terminal y tierra como indica la fig. 2. Inicialmente habrá una indicación de tensión momentánea debido a

al proceso de carga del condensador, después del cual éste dará lectura cero. Esto es debido al proceso de carga del condensador. El valor de esta indicación de tensión dependerá de la de la resistencia interna del medidor y de la capacidad del capacitor. Sin embargo, si la indicación de tensión permanece el condensador tiene pérdidas. Cuanto mayor sea la fuga del condensador, más alta será la lectura de tensión. - - Cuando sea necesario medir las indicaciones iniciales de tensión en las escalas altas del medidor se deberá conmutar, a medida que sea posible hasta la escala más baja para medir posibles tensiones de pequeño valor, debido a pérdidas o fugas de escaso valor.

Si no existe ninguna indicación de tensión, el condensador no tiene pérdidas; existiendo la posibilidad de que esté abierto. Para este tipo de prueba se recomienda utilizar un voltímetro electrónico debido a su alta resistencia de entrada.

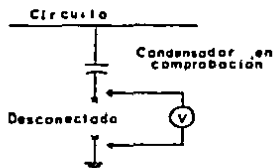


FIG. 2. COMPROBACION DE UN CONDENSADOR CONECTADO

Comprobación de condensadores por seguimiento de señal. Un condensador puede comprobarse con facilidad utilizando un voltímetro equipado con una punta de pruebas para señales de c.a. Por supuesto, tendrá que existir en el circuito una señal por lo que se conectará si es preciso, un generador de señal en la entrada del circuito.

En la fig. 3 se puede ver el circuito básico para la -

comprobación de un condensador de acoplo. En condiciones normales, la tensión de c.a. (o señal) debe ser prácticamente la misma a la entrada y salida del condensador, aunque la tensión en el terminal de salida pudiera ser ligeramente inferior. La ausencia total de señal en el terminal de salida del condensador indica que está abierto (o bien tiene pérdidas excesivas).

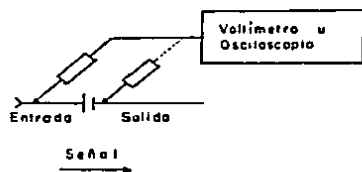


FIG. 3. COMPROBACION POR SEGUIMIENTO DE SEÑAL

Medición de capacitores utilizando un voltímetro de CA. Se presenta a continuación un método que utiliza un voltímetro de ca de alta impedancia (con una impedancia de entrada de 10-11 M ). Este tipo de medición está limitado para condensadores con valores de 0,001 uF o más y con una exactitud únicamente de alrededor del 10 por ciento (debido a la incertidumbre del voltaje y frecuencia aplicados y a las inexactitudes de los instrumentos).

El condensador desconocido se conecta en serie con una resistencia y la combinación se coloca a través de la línea de potencia de 115 V, 60 Hz, como se muestra en la figura siguiente. Después se mide separadamente el voltaje a través de cada elemento. Primero hallamos I (valor rms) de

$$I = \frac{V_R}{R}$$

donde R es la resistencia conectada y  $V_R$  es el voltaje rms medido a través de ella. Después encontramos C de

$$C = \frac{1}{2\pi fV_C}$$

donde  $V_C$  es el voltaje rms medido a través del condensador y  $f$  tiene el valor de 60.



FIG. 4. MEDICION DE CAPACITANCIA

**CAPITULO III**  
**"COMPONENTES DE ESTADO SOLIDO Y SU**  
**MEDICION"**

## COMPONENTES DE ESTADO SOLIDO Y SU MEDICION

### 3.1. EL DIODO

El más sencillo de los llamados componentes activos de los circuitos, es el diodo que tiene dos electrodos, -ánodo y cátodo. Los tipos de diodos construidos son sumamente variados, sin embargo los más utilizados son los diodos de unión.

Los diodos de unión se emplean en calculadoras, radio, televisión, fuentes de alimentación, cargadores de baterías, -procesos electroquímicos que requieran una intensidad de corriente continua elevada y un bajo voltaje entre otros usos. -Las unidades de menor potencia se llaman habitualmente diodos semiconductores y los de potencia más alta rectificadores semiconductores.

#### DIODO SEMICONDUCTOR

El diodo semiconductor es uno de los bloques básicos -de construcción de una amplia variedad de sistemas electrónicos que se utilizan hoy día. Los materiales semiconductores -más empleados son el germanio y el silicio.

Los tipos más corrientes de diodo semiconductor consisten de dos elementos conductores que salen a través de los --terminales sellados de un diminuto cilindro de cristal que --contiene el elemento rectificador. Se emplean extensamente -en máquinas calculadoras electrónicas y en receptores de radio y televisión.

En un diodo semiconductor polarizado en sentido directo, la corriente aumenta con la tensión existente desde el -ánodo hasta el cátodo. Existe un límite de la intensidad de corriente admisible en un diodo. Pasado este límite, el diodo se calienta y se destruye. Cuando el diodo está polariza-



do inversamente, la pequeña corriente que circula permanece - relativamente constante o sea es independiente de la tensión- de polarización, hasta una cierta tensión. Pasado este nivel de seguridad de la polarización inversa, tiene lugar un fenómeno llamado perforación de avalancha -y se produce una fuerte sobrecorriente, que puede destruir al diodo. Este debe -- pues funcionar dentro de los límites de seguridad.

La fig. 3.1. (a) muestra el símbolo del diodo y la (b) la curva característica tensión-corriente.



FIG. 3.1.

(a) Símbolo

(b) La corriente del diodo aumenta rápidamente con la polarización directa; la corriente inversa aumenta lentamente con la polarización inversa hasta el punto de avalancha.

Comparando los diodos de silicio contra los de germanio encontramos que los primeros en general, tienen especificaciones de PIV (voltaje inverso de pico), y corrientes más altas, así como rangos de temperatura más amplios que los diodos de germanio.

Las especificaciones de PIV para el silicio pueden es-

tar en la vecindad de 1000 V, mientras que el valor máximo para el germanio está cerca de 400 V, El silicio puede utilizarse para aplicaciones en las cuales la temperatura puede subir alrededor de 200°C, mientras que los de germanio tienen especificación máxima más baja, 100°C. Sin embargo la desventaja de los de silicio comparados con los de germanio es el valor del voltaje de polarización directa que se requiere para alcanzar la región de movimiento hacia arriba. Este valor es típicamente del orden de magnitud de 0.7 V, para el silicio y 0,3 V para los diodos de germanio.

#### DIODO RECTIFICADOR SEMICONDUCTOR

Hay un número de diodos diseñados específicamente para manejar alta potencia y demandas de alta temperatura en algunas aplicaciones. El uso más frecuente de diodos de potencia ocurre en el proceso de la rectificación, en el que una señal ca (que tiene valor promedio cero) se convierte a una que tiene un valor promedio y un nivel de cc. Cuando se utiliza en esta aplicación, a los diodos se les denomina normalmente rectificadores.

La mayoría de estos diodos se construyen usando silicio debido a sus especificaciones de alta corriente, temperatura y voltaje inverso de pico.

Para operar con alta tensión se deben agrupar varios diodos en serie para aumentar el PIV y la capacidad de corriente se aumenta colocando dos o más en paralelo.

La alta temperatura que resulta de la corriente elevada, exige en muchos casos, que se utilicen disipadores de calor para retirar el calor del elemento. Si los disipadores no son empleados, se diseñan diodos de perno para atornillarlos directamente al chasis, quien actuará como disipador de calor.

## IDENTIFICACION DEL DIODO

La fig. 3.2 muestra algunas de las configuraciones más comunes en las cuales se fabrican los diodos semiconductores. Para la mayoría de los diodos cualquier marca tal como un punto o banda aparece al lado del cátodo. Un número con el prefijo 1N normalmente se estampa en el cuerpo del diodo. Este prefijo indica que el dispositivo es un diodo. Si existen --bandas de colores sobre el cuerpo del diodo, los colores representan números (utilizando el mismo código de las resistencias). Estos números identifican el tipo de diodo.

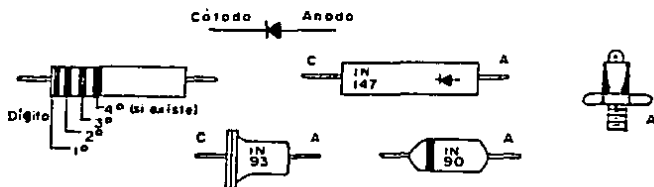


FIG. 3.2. IDENTIFICACION DEL DIODO

### 3.2. COMPROBACIONES BASICAS DE LOS DIODOS

Tres pruebas básicas son necesarias para la comprobación de diodos rectificadores de potencia y diodos para señales débiles. Primero, cualquier diodo debe dar paso a la corriente en un sentido (corriente directa) y bloquearla o limitarla en el sentido inverso (corriente inversa). Segundo, para una tensión inversa dada, la corriente inversa no debe exceder de un cierto valor. Tercero, para una corriente directa dada, la caída de tensión en el diodo no debe exceder de un cierto valor.

Todas estas comprobaciones pueden efectuarse con un --voltímetro.

El diodo de estado sólido se avería: bien por quedar - abierto, bien por quedar cortocircuitado. Aún cuando puede darse el caso, nunca se ha llegado a ver un diodo con "fugas" de magnitud tal que lleguen a poderse considerar como una avería del mismo. Cuando por cualquier causa se rompe la barrera de la unión, el diodo queda completamente cortocircuitado.

### 3.2.1. PRUEBA DE CONTINUIDAD DEL DIODO.

La función elemental de un diodo consiste en -- bloquear la corriente en una dirección y dejarla pasar en la dirección opuesta. La comprobación más sencilla del diodo -- consiste en medir la corriente que circula por él en el sentido directo con una tensión dada y luego invertir la tensión y medir la corriente en el sentido inverso, si la deja pasar en el sentido directo, su estado es satisfactorio. Si no hay excesivas pérdidas de corriente en el sentido inverso, es posible que el diodo puede funcionar en circuitos que no requieran condiciones críticas de funcionamiento.

Una sencilla medida de resistencia o comprobación de -- continuidad será suficiente, normalmente, para comprobar la -- aptitud del diodo de dejar pasar la corriente en un sentido -- único. Puede utilizarse un simple óhmetro para medir la resistencia directa e inversa del diodo.

La prueba del óhmetro de un diodo, revelará que el diodo tiene baja resistencia directa y alta resistencia inversa. Así, si el conductor positivo del óhmetro, comúnmente el rojo, se conecta al ánodo de un diodo y el conductor negativo, comúnmente el negro, al cátodo, el diodo tendrá polarización directa. Se establecerá la corriente y el diodo medirá baja resistencia. Por otra parte, si se invierten los conductores -- del óhmetro, el diodo quedará polarizado inversamente. Se establecerá muy poca corriente y el diodo medirá una resistencia muy alta.

Concluyendo un buen diodo tendrá una elevada resistencia en el sentido inverso y una resistencia muy baja en el sentido directo. Si la resistencia es alta en ambas direcciones, el diodo estará probablemente en circuito abierto. Una resistencia baja en ambas direcciones indica un diodo en cortocircuito.

A veces, un diodo defectuoso debe presentar una diferencia entre la resistencia inversa y directa. El factor importante al efectuar la comprobación es la relación entre la resistencia directa y la inversa. Esta relación depende del tipo de diodo; sin embargo, por regla general, un diodo para señales débiles tendrá una relación de varias veces mayor --- 100/1, mientras que un rectificador de potencia puede funcionar satisfactoriamente con una relación de 10 a 1.

En la fig. 3.3. se muestra la prueba de la relación entre las resistencias inversa y directa.



FIG. 3.3 PRUEBA DE CONTINUIDAD

### 3.2.2. COMPROBACION DE LA CORRIENTE INVERSA Y DE LA CAIDA DE TENSION DIRECTA DE UN DIODO.

La corriente inversa o de fuga de un diodo circula al aplicar una tensión inversa (ánodo negativo con respecto al cátodo). El circuito básico para medir la corriente inversa se representa en la fig. 3.4. Como indica la figura, el diodo que se comprueba se conecta a una fuente variable de

cc. con el ánodo unido al polo negativo, ajustando la tensión de la fuente hasta que el voltímetro marque el valor deseado. La corriente que marca entonces el amperímetro es la inversa o de fuga. Generalmente, una corriente excesiva de fuga indica que el diodo es defectuoso, pero los límites tolerables -- vienen determinados en los manuales de especificaciones del fabricante.

La caída de tensión directa es la tensión existente entre el ánodo y el cátodo del diodo cuando lo recorre una corriente directa. El circuito básico para efectuar la medida de la caída de tensión directa se representa en la fig. 3.5.

Como se indica en la figura 3.5, el diodo que se comprueba se conecta en el sentido directo (ánodo positivo, cátodo negativo). La fuente variable se ajusta para que el amperímetro marque la intensidad de corriente que se desea hacer circular por el diodo. En el voltímetro se medirá entonces la caída de tensión correspondiente. Esta es la caída de tensión directa que deberá ser de un valor bajo. Los límites -- máximos tolerados están determinados en las especificaciones del fabricante.

El valor típico de la caída de tensión directa en un diodo de germanio es aproximadamente de 0,2 V, mientras que en un diodo de silicio será de 0,5 V aproximadamente.

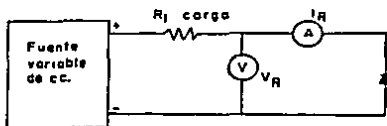


FIG. 3.4. COMPROBACION DE CORRIENTE INVERSA

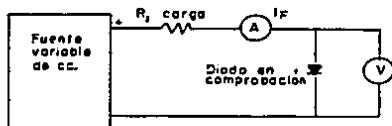


FIG. 3.5. COMPROBACION DE LA CAIDA DE TENSION DIRECTA

### 3.2.3. PRUEBA DINAMICA DEL DIODO

Los métodos para comprobación de diodos expuestos hasta ahora proporcionan una prueba estática, es decir, - que la c.c. aplicada es constante cuando se miden las pérdidas y caídas de tensión. Raramente funcionan los diodos de - un circuito en estas condiciones, sino que trabajan con c.a.- Esto implica el calentamiento de las uniones de cada diodo y - un cambio variable de sus características. Por tanto, es más práctico efectuar su comprobación en condiciones dinámicas.

Los diodos se comprueban dinámicamente utilizando un - osciloscopio de cc. para presentar y medir la corriente y la - tensión características.

Como indica el diagrama de la fig. 3.6 la comprobación de un diodo se efectúa aplicando una tensión de c.a. entre el cátodo y el ánodo en serie con un resistor  $R_1$ . La tensión -- c.a. (ajustada a la máxima tensión inversa de cresta específica) polariza el ánodo alternativamente en sentidos positivo y negativo, circulando la corriente directa y la inversa por  $R_1$ . La caída de tensión en  $R_1$  se aplica al canal vertical -- (y) y hace que el punto luminoso de la pantalla se mueva hacia arriba y abajo. La deflexión vertical es proporcional a la corriente. Si  $R_1$  es de 1000 ohms, las divisiones de la es- cala vertical marcarán directamente la corriente en miliamperios.

La caída de tensión en el diodo se aplica al canal horizontal (x) y hace que el punto luminoso se mueva de derecha e izquierda. La deflexión horizontal es proporcional a la tensión.

La combinación de ambas deflexiones produce la presentación en la pantalla de la curva característica de la tensión-corriente.

El procedimiento a seguir es:

1. Establecer las conexiones indicadas en el diagrama 3.6.
2. Activar el osciloscopio.  
 Conmutar el selector de modo a X-Y  
 Conmutar el selector de entrada (input) a DC  
 Poner el control de sensibilidad vertical o volts/div en un valor adecuado que permita observar adecuadamente la gráfica. En este caso se recomienda el valor 1 volt/div tanto para el canal X como para el Y.  
 El punto luminoso de la pantalla debe estar situado en el centro cuando no hay aplicada ninguna señal.
3. Ir ajustando el variac, lentamente, a partir del mínimo valor, de la tensión aplicada al diodo, teniendo cuidado de no sobrepasar el valor máximo especificado, pues el diodo empezará a calentarse y sufrirá daños.
4. La curva que se obtiene en pantalla es similar a la figura 3.7. Observándose que la corriente directa aumenta cuando aumenta la tensión directa. La corriente inversa sólo aumenta ligeramente al aumentar la tensión inversa, a menos que se alcance la tensión de ruptura o avalancha, que en esta prueba se recomienda No alcanzar ya que no es necesario y Sí peligroso, pues se puede dañar el elemento.

Si en lugar de la gráfica de la fig. 3.7 aparece solo una línea o la misma gráfica no crece al ir ajustando el variac o se presenta alguna otra variante, podemos concluir que



el elemento en prueba se encuentra defectuoso.

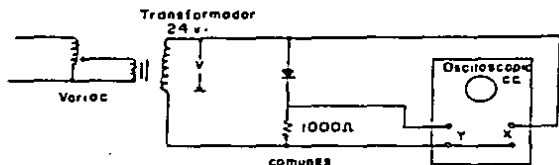


FIG. 3.6. PRUEBA DINAMICA DEL DIODO

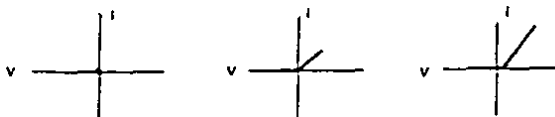


FIG. 3.7 CURVA TENSION-CORRIENTE DEL DIODO

### 3.3. DIODO ZENER

El diodo zener es un diodo de constitución normal en el que se aprovecha una característica particular. Por regla general los diodos se usan en su función rectificadora y trabajan, bien con polarización directa, bien con polarización inversa. El zener lo hace siempre con una polarización inversa bastante acentuada, más allá de lo normal. En estas condiciones bajo el efecto de una fuerte polarización inversa el diodo pierde de repente toda su característica de semiconductor y se convierte en un conductor, ofreciendo un cortocircuito franco. En tales circunstancias, el voltaje a través del diodo permanece constante sin importar cuanta corriente pasa a través de él (hasta cuando se alcance un nivel de corriente que queme el diodo).

Los diodos zener se diseñan de manera que se convier--

ten en conductores a partir de una tensión inversa bien determinada, conocida como "tensión zener". Dependiendo del diseño, este voltaje de ruptura puede estar entre 2 y 200 volts, con especificaciones de 1/4 a 50 W. Debido a su alta capacidad de temperatura y corriente se prefiere usualmente el silicio en la fabricación del diodo zener.

Los diodos zener se utilizan en las fuentes de alimentación para mantener estable una tensión particular de salida cualesquiera que sean las variaciones que pueda sufrir la tensión de entrada.

La identificación de terminales y la envoltura para -- una variedad de diodos zener aparecen en la fig. 3.8.

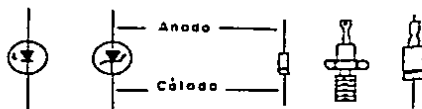


FIG. 3.8 DIODOS ZENER

### 3.4. PRUEBAS DE DIODOS ZENER

La verificación de un diodo Zener es semejante a la de los demás tipos de diodos. La prueba de caída de tensión en el sentido directo es idéntica a la de los diodos convencionales. El diagrama para ésta se muestra en la fig. 3.9. La prueba de corriente inversa no es necesaria, puesto que el diodo zener entrará en la condición de avalancha cuando se -- aplique una tensión inversa suficiente. Sin embargo, debe -- comprobarse el punto en que se produce la avalancha. Esto -- puede efectuarse utilizando cualquiera de los circuitos para la prueba estática o dinámica del diodo.

Si se cuenta con los elementos necesarios se recomienda efectuar la prueba dinámica ya que es más precisa.

### 3.4.1. PRUEBA ESTÁTICA DE UN DIODO ZENER

El circuito básico para medir la tensión zener se presenta en la fig. 3.10. El diodo se conecta a una fuente variable de cc. polarizándolo inversamente (ánodo negativo). Entonces se ajusta la tensión de la fuente hasta que el amperímetro indique un aumento repentino de la corriente en este instante la caída de tensión en el diodo es la tensión zener cuyo valor puede medirse con el voltímetro.

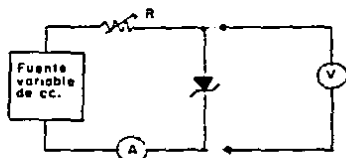


FIG. 3.9 PRUEBA DE CAIDA DE TENSION EN SENTIDO DIRECTO DEL DIODO ZENER.

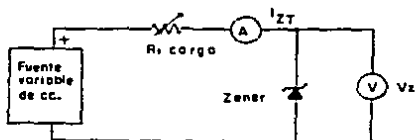


FIG. 3.10 CIRCUITO PARA MEDIR LA TENSION DE UN DIODO ZENER

### 3.4.2. PRUEBA DINÁMICA DE UN DIODO ZENER

El circuito para esta comprobación se muestra en la fig. 3.11, como se indica en ésta, se aplica al diodo zener una tensión de c.a. controlada. La tensión de c.a. produce en el ánodo una polarización que varía alternantivamente-

de positiva a negativa. La combinación de las deflexiones de los canales vertical y horizontal producen una presentación de las características tensión-corriente del diodo. El procedimiento es:

1. Establecer las conexiones indicadas en la fig. 3.11
2. Activar el osciloscopio.  
Comutar el selector de modo a X-Y.  
Comutar el selector de entrada (input) a DC  
Poner el control de sensibilidad vertical (volts/div) en un valor adecuado que permita observar completa la gráfica. El punto luminoso de la pantalla debe estar en el centro cuando no hay señal aplicada.
4. Ajustar el variac para que la tensión total aplicada sea mayor que la tensión zener especificada para el diodo.
5. Comparar la presentación de la pantalla con la curva de la fig. 3.12, que es una curva de respuesta típica de los zeners; la corriente directa aumenta al aumentar la tensión directa y la corriente inversa sólo aumenta ligeramente al aumentar la tensión inversa hasta que alcanza el punto de avalancha.
6. Comparar el valor de tensión zener con el que marca la especificación del diodo. Si no se conoce este valor, de esta manera se conoce.

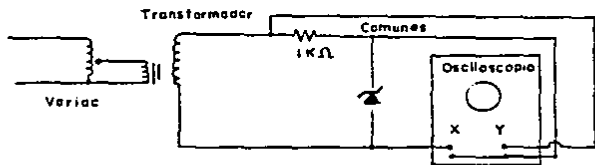


FIG. 3.11 OBTENCION DE LAS CARACTERISTICAS DE UN DIODO ZENER. PRUEBA DINAMICA.

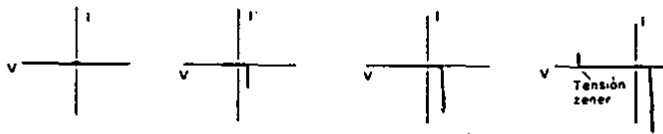


FIG. 3.12 CURVAS RESULTANTES EN LA PRUEBA DINAMICA

### 3.5. EL TRANSISTOR

El transistor de unión es un componente de estado sólido consistente básicamente de tres capas de impurezas químicas diferentemente distribuidas en el cuerpo de un material semiconductor. La gran mayoría de los transistores son de este tipo, de unión. La gran importancia de este dispositivo es su habilidad para proporcionar una ganancia útil de potencia en una amplia variedad de aplicaciones. Se puede decir que el transistor de unión es el responsable del rápido crecimiento de la industria electrónica.

Cuando se compara con el tubo o válvula de vacío, su equivalente, el transistor ofrece varias ventajas, como son su confiabilidad por su larga vida útil, su habilidad para operar en niveles de baja potencia, su tamaño pequeño, poco peso, su bajo consumo de potencia entre ondas. Sus desventajas son las de que todavía no pueden funcionar a tan altos voltajes como las válvulas de vacío y su acción se degenera a altas temperaturas.

El transistor de unión es, con mucho, el más ampliamente empleado. Los transistores de unión cubren un margen de potencia entre unos y pocos milivatios (mW) hasta alrededor de 30 vatios (W); sus frecuencias de corte oscilan entre medio megaciclo y 2.000 megaciclos (Mc), y sus ganancias van de 10-50 decibelios (db). El germanio es el material semiconduc

tor más extensamente empleado, aunque se utiliza mucho el silicio para transistores de alto voltaje o alta temperatura. - Los transistores de silicio funcionan hasta 200°C, mientras que los de germanio deben trabajar por debajo de 100°C.

En general, los transistores de unión son aplicables a cualquier problema electrónico de amplificación, detección o conmutación que no precise un funcionamiento por encima de -- los 200°C, 300 V ó 2000 Mc, aunque todos estos límites no se pueden obtener con un solo dispositivo.

En los transistores entre más alta sea la potencia manejada (dependiendo del nivel de potencia impuesto por el circuito) más alta es la temperatura de la envoltura del transistor. En realidad, el factor limitante en la potencia manejada por un transistor particular es la temperatura de la unión colector del dispositivo. Las cajas o cápsulas de los transistores deben estar especialmente diseñadas para permitir un rápido enfriamiento. Por ejemplo en algunos transistores de potencia se utilizan aletas radiales y en otros se utiliza -- una envoltura metálica que se monta directamente en el chasis metálico del equipo en que se emplea, algunas veces se emplean ventiladores en el equipo para enfriar los transistores y otros componentes.

En la fig. 3.13 a y b están representados los símbolos respectivos de un transistor P-N-P y uno N-P-N, en que el elemento al que apunta la flecha es el emisor y el otro colocado simétricamente es el colector. El transistor PNP se caracteriza porque la flecha del emisor apunta a la base, mientras que la flecha se separa de la base en el tipo NPN

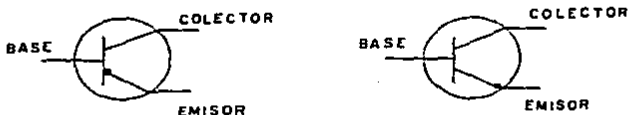


FIG. 3.13. TRANSISTOR PNP Y NPN. SIMBOLOS

#### ENVOLTURA DEL TRANSISTOR E IDENTIFICACION DE TERMINALES

Después que el transistor ha sido fabricado, la estructura completa es envuelta en un recipiente. Los transistores de baja potencia normalmente se fabrican dentro de envases metálicos o embebidos en plástico. Los de alta potencia generalmente se empacan en cajas que tienen una gran área diseñada para unirse íntimamente con el disipador de calor.

El cuerpo del transistor tiene normalmente estampado un número. El prefijo del número es 2N e indica que el dispositivo es un transistor. Los otros dígitos del número indican el tipo de transistor, aunque no hay modo de determinar las características de éste. Se necesita un manual de transistores.

Siempre que sea posible, la envoltura del transistor debe tener algunas marcas para indicar cuales de los alambres están conectados al emisor, colector, o base del transistor. Las configuraciones más comunes se muestran en la fig. 3.14.

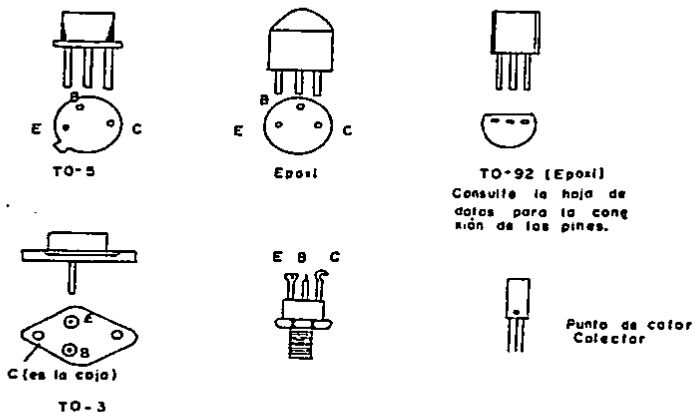


FIG. 3.14 DISPOSICIONES TÍPICAS

### 3.5.1. ANALISIS PRACTICO DE LAS TENSIONES EN UN TRANSISTOR.

Para realizar un análisis práctico de las tensiones de un transistor son útiles las reglas siguientes:

1. La letra central de la designación del tipo de transistor (NPN o PNP) se refiere siempre a la base.
2. Las dos primeras letras se refieren a las polaridades relativas del emisor con respecto a la base o al colector. Las letras PN indican que el emisor es positivo con respecto al colector como a la base. Las letras NP indican que el emisor es negativo tanto con respecto al colector como a la base.
3. Una tensión de entrada en base que se oponga o disminuya - la tensión directa de polarización, disminuirá también las-



intensidades de corriente de colector y emisor. Lo contrario ocurrirá si la tensión de entrada en base favorece o aumenta la tensión de polarización.

4. La circulación de intensidad de c.c se hace siempre en el sentido que marca la flecha del emisor.

Utilizando estas reglas, las tensiones normales de un transistor serán:

1. Para un transistor PNP, la base ha de ser negativa, el emisor algo menos negativo que ella, y el colector muy negativo.
2. Para un transistor NPN, la base ha de ser positiva, el emisor algo menos positivo y el colector muy positivo.

### 3.5.2. PRECAUCIONES EN EL MANEJO DE LOS TRANSISTORES

Aunque son dispositivos relativamente robustos, los transistores se deterioran fácilmente si son manejados -- descuidadamente. Los transistores se pueden destruir casi -- instantáneamente a diferencia de los tubos de vacío, que pueden tolerar moderadas sobrecargas durante períodos prolongados de tiempo. Un cortocircuito entre pase y colector, en un circuito en funcionamiento, destruirá siempre el transistor. Debe estar desconectada la alimentación de potencia antes de insertar o sacar un transistor, porque las altas corrientes - transitorias que se producen pueden estropearlo.

### 3.6. COMPROBACION BASICA DE UN TRANSISTOR

Mediciones y pruebas de los transistores pueden ser divididas en: (1) estáticas, concernientes a parámetros de corriente directa (dc); (2) dinámicas, usando entrada de corriente alterna (ac) y variaciones en frecuencia.

En la práctica, la verificación de un transistor se -- efectúa mediante varias pruebas. Las pruebas que aquí se presentan pueden efectuarse simplemente con un óhmetro. Aunque-

la verificación más exacta se efectúa haciéndolo funcionar en el circuito al que pertenece. Un transistor funcionará correctamente en su circuito cuando tenga su ganancia característica, no se produzca la ruptura y las pérdidas se mantengan por debajo de los límites tolerables.

Sin embargo, las características del transistor cambian al variar la frecuencia y la temperatura del mismo. Un transistor que tenga una ganancia suficiente para un circuito a una frecuencia baja, puede tener una ganancia nula al aumentar la frecuencia; en lo que respecta a la temperatura, un transistor que a la temperatura ambiente tiene unas pérdidas normales, puede llegar a tener unas pérdidas inadmisibles, al crecer la temperatura de la unión.

Generalmente los transistores no se comprueban en todo el margen de frecuencia y temperaturas en que van a ser utilizados, sino únicamente en las condiciones que especifica cada fabricante y partiendo de ecuaciones y gráficas puede calcularse la característica de éste en otras frecuencias y temperaturas.

### 3.6.1. VERIFICACION DE LAS PERDIDAS DE UN TRANSISTOR. (METODO DEL OHMETRO)

Para los fines prácticos de medida, el transistor puede considerarse como dos diodos conectados en oposición. Cada diodo debe, por tanto, tener una resistencia directa de bajo valor y una resistencia inversa alta. Estas resistencias pueden medirse con un óhmetro como se indica en la fig. 3.15, utilizando el mismo alcance en cada par de medidas que se efectúen. Deben evitarse el alcance  $R \times 1$  y los óhmetros cuyas baterías tengan una tensión elevada. En cualquier de estos dos casos podría dañarse el transistor, especialmente si es de baja potencia.

Si tanto la resistencia directa como la inversa son -- muy altas, el transistor está en circuito abierto. Si la resistencia inversa es baja pero no indica cortocircuito, hay -- que entender que el transistor tiene un alto nivel de fugas.-- Si ambas lecturas de resistencia, directa e inversa, son muy bajas, o si se aprecia algún cortocircuito es que está cortocircuitado. En cualquier caso, la excesiva similitud entre -- las dos lecturas, directa e inversa, indica siempre un defecto en él.

La resistencia típica directa es de unos 300 a 700 ohms y el de la resistencia inversa, entre los 10 y 60 kiloohmios. Estos valores varían con la escala que se utiliza y también -- del valor de las pilas del óhmetro. Por tanto, la mejor indi cación del estado del transistor es la relación entre las resistencias inversa y directa. Cualquier transistor dará una relación mínima de 30 a 1.

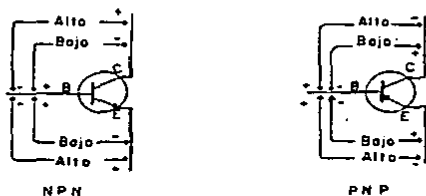


FIG. 3.15 PRUEBAS DE LAS FUGAS DE UN TRANSISTOR

### 3.6.2. VERIFICACION DE LA GANANCIA DE UN TRANSISTOR (METODO DEL OHMETRO)

Normalmente, la circulación de corriente entre-emisor y colector será muy pequeña o nula, hasta que la unión base-emisor tenga polarización directa. El circuito de la -- fig. 3.16 nos muestra las conexiones necesarias para hacer --

una prueba elemental de ganancia en un transistor, usando solo un óhmetro.

En esta comprobación debe emplearse el alcance R x 1 a condición de que la tensión interna del óhmetro no exceda la máxima tensión de ruptura de colector a emisor del transistor.

Cuando el interruptor  $S_1$  está en la posición A, la base es bloqueada y el óhmetro debe marcar una elevada resistencia. Cuando  $S_1$  está en la posición B, la unión base-emisor está directamente polarizada (por la caída de tensión en  $R_1$  y  $R_2$ ) y la corriente circula por el circuito emisor-colector. Este estado del transistor estará indicado por un bajo valor de resistencia medido en el óhmetro.

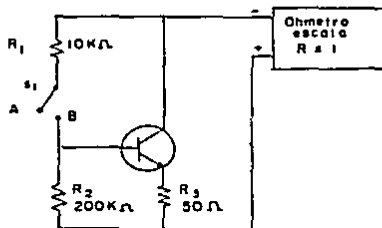


FIG. 3.16 MEDIDA DE LA GANANCIA DE UN TRANSISTOR CON UN OHMETRO

### 3.6.3. PRUEBA DE TRANSISTORES EN CIRCUITO

Los transistores de germanio mantienen en general una caída de 0,2 a 0,4 V entre base y emisor; para los transistores de silicio, este valor es de 0,4 a 0,8 V. Las polaridades de estas caídas dependerán del tipo de transistor usado NPN ó PNP.

La diferencia de tensión entre base y emisor actúa como polarización directa del transistor. Esto es, una caída de tensión entre base y emisor o una polarización directa adecuada harán conducir al transistor, resultando una circulación de corriente entre colector y emisor. Al eliminar esta tensión o disminuirla sustancialmente, se producen los resultados opuestos, esto es, el transistor se bloqueará.

Estas características de polarización directa se pueden usar con ventaja para comprobar el estado de un transistor sin necesidad de utilizar ningún comprobador especial.

#### PRUEBA DEL CORTE DE CORRIENTE DEL TRANSISTOR

Es relativamente fácil dejar al transistor sin corriente, puesto que, todo lo necesario es cortocircuitar emisor y base (figura 3.17). Este cortocircuito sitúa al emisor y a la base al mismo potencial, y puesto que el transistor debe tener una polarización directa de al menos 0,6 V para ser conductor (0,2 si es germanio), la igualación de potencial en emisor y base impide la circulación de corriente. Esta operación constituye una valiosa prueba (el único problema está en la posibilidad de que se aplique alguna carga de tensión en base o emisor durante la prueba, que pueda dar lugar a la ruptura de la unión EB y entonces sí que será necesario sustituir al transistor).

Cuando la base está polarizada directamente se toma la lectura del valor de tensión del colector, que debe de ser un valor menor que la tensión de alimentación al colector. A continuación se cortocircuita emisor y base y se procede a una nueva lectura de tensión del colector. El cortocircuito deja al transistor sin conducción por lo que la tensión de colector debe elevarse a un valor aproximadamente igual a la tensión de alimentación si tal transistor se encuentra en buen estado. Si no lo hace así, puede considerarse que el --

transistor presenta fugas puesto que, existe circulación de corriente a través del mismo aún sin polarización directa. Por el único sitio que entonces puede circular la corriente es a través de la ruptura de sus uniones.

Como mínimo se asegura que el efecto válvula funciona bien en el transistor y cuando un transistor abre y cierra su conducción normalmente, por lo general se halla en buen estado. Lo mejor de esta prueba es sin duda su sencillez con la que se puede llevar a cabo.

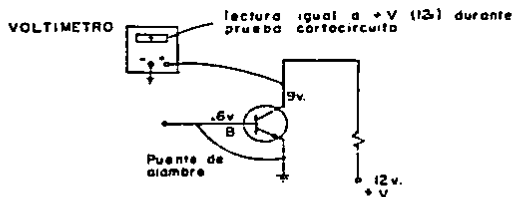


FIG. 3.17 PRUEBA DEL CORTE DE CORRIENTE DEL TRANSISTOR

#### PRUEBA DE ABIERTO

El transistor también puede comprobarse fácilmente para averiguar la existencia de una unión abierta. Si se halla polarizado directamente, el colector permanece a una tensión algo inferior a la de alimentación mientras fluye la corriente de colector. Si se sospecha que un transistor se halla --abierto todo lo que debe hacerse es tomar cuidadosamente las lecturas de tensión en colector, base y emisor. Si entre emisor y base existe la polarización correcta, pero el colector se halla a la tensión de alimentación, puede darse por seguro que el transistor está abierto. (fig. 3.18).

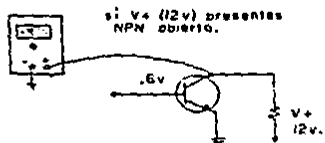


FIG. 3.18 PRUEBA DE ABIERTO

### 3.6.4. COMPROBACIÓN DE LA GANANCIA DE UN TRANSISTOR

La ganancia dinámica de un transistor se determina por la magnitud de una variación de salida en relación con la variación de entrada. Generalmente, en los transistores se comprueba la ganancia de corriente.

La ganancia de corriente de transistores en base común se representa por la letra griega alfa ( $\alpha$ ) y cuando la conexión es de emisor común, por la letra griega beta ( $\beta$ ). Actualmente se utilizan también otras expresiones para especificar la ganancia, como el término relación de transferencia de la corriente directa o ganancia de corriente de base a colector y el símbolo  $h_{fe}$ .

El símbolo  $h_{fe}$  (o  $H_{FE}$ ) indica que la ganancia de corriente se expresa por la relación entre la variación de señal de c.a. en el colector y la variación correspondiente de señal de c.a. en la base. Esta relación se conoce también por beta de c.a. o beta dinámica.

Las letras mayúsculas  $H_{FE}$  indican que la ganancia se mide por la relación que existe entre la c.c. de colector y la c.c. de la base. Esta relación se conoce también por beta de c.c.

Las medidas de ganancia en c.c. tienen un amplio margen de aplicación y pueden efectuarse con gran facilidad. En esta tesis se presenta este tipo de medida ya que las medidas

de ganancia en c.a. exigen circuitos más refinados y son variables con la frecuencia de la señal.

#### VERIFICACION DE LA GANANCIA DE UN TRANSISTOR

La figura 3.19 muestra el circuito básico para medir el factor de los transistores. Beta es la relación de cambio en la corriente de colector debido a un cambio en la corriente de base, sus valores típicos van desde 20 a 600. La beta puede obtenerse en base a la siguiente ecuación:

$$h_{FE} = \frac{I_C}{I_B}$$

Para los transistores de baja potencia la corriente de colector es en Ma (miliamperes) y la corriente de base en ua (microamperes).

Para llevar a cabo esta medición se arma el circuito de la figura 3.19. En seguida se introduce un valor fijo de corriente a la base del transistor (el valor de esta corriente se controla con el potenciómetro  $R_1$ ) y a continuación se mide la corriente del colector resultante. Finalmente se sustituye los valores medidos en la fórmula dada anteriormente.

Para hacer otra verificación solo basta variar el potenciómetro y tomar otras lecturas.

Dentro de los factores que se deben tener en cuenta es el que las resistencias de carga de colector y base deben ser del valor y vatiaje correcto para manejar la corriente en el transistor particular que está siendo probado. Particularmente en los transistores de potencia.



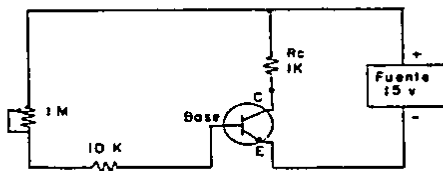


FIG. 3.19 CIRCUITO PARA MEDIR BETA ( $\beta$ ).

**CAPITULO IV** .  
**"EL OSCILOSCOPIO"**

## EL OSCILOSCOPIO

### 4.1. INTRODUCCION

Una de las funciones básicas de los circuitos - - electrónicos es la generación y manipulación de formas de onda electrónicas. Estas señales electrónicas pueden representar información de audio, datos de computador, imágenes de televisión, información de tiempo entre otras. Los medidores - comunes, como el voltímetro cc o ca, miden el valor rms para una señal particular sin indicación de como varía esta señal con el tiempo. Sin embargo, cuando se está realizando el procesamiento de señales estas medidas globales no tienen esencialmente ningún significado, lo que nosotros necesitamos es ver lo que está pasando en el circuito probablemente en fracciones pequeñas de tiempo y como cambia la forma de onda de la señal. El osciloscopio nos presenta precisamente esta información, la representación visual de la forma de la señal.

Además puede calibrarse y equilibrarse para medir tanto variaciones de tiempo y voltaje de tal manera que la información esté disponible en la cantidad de voltaje que se encuentra presente, que tanto está cambiando el voltaje, y cuánto tomó realizar ese cambio (o una porción del cambio), es decir, indica simultáneamente con la amplitud a medir, su forma de onda, frecuencia y fase.

Sin embargo las tensiones que se miden son de cresta a cresta de la onda, mientras que las tensiones especificadas - en manuales de reparación, suelen venir en valores eficaces. - Esto requiere la conversión del valor cresta a cresta a valor eficaz.

### 4.2. MEDICIONES UTILIZANDO LAS ESCALAS CALIBRADAS DEL OSCILOSCOPIO

El osciloscopio tiene dos ejes de exhibición, ver

tical y horizontal. En la operación normal de éste, la señal de entrada observada es aplicada a la entrada vertical y el barrido horizontal es obtenido utilizando la circuitería de barrido interna.

Si se emplea el barrido horizontal calibrado, la cantidad de tiempo para 1 ciclo de la señal (el período) puede medirse y utilizarse para calcular la frecuencia de la señal. Además puede leerse la cantidad de tiempo entre dos señales sinusoidales que cruzan el 0 V y utilizarse para calcular el desplazamiento de fase entre las dos señales. También es posible utilizar la escala horizontal para medir la cantidad de tiempo que separa dos señales que estén siendo observadas.

#### 4.2.1. MEDICIONES DE AMPLITUD

La escala vertical del osciloscopio está generalmente calibrada en unidades de voltio por centímetro o por división, cada uno de estos se subdivide en cinco partes de talamera que cada marca de división representa 0,2 cm. o volts.

Esencialmente el osciloscopio es un voltímetro. Si se utiliza en el modo de barrido disparado, muestra las variaciones con el tiempo del voltaje aplicado a sus entradas verticales. La altura de la deflexión vertical del trazo mostrado combinado con la posición seleccionada del interruptor de  $V/Div$  da el voltaje de pico a pico de la señal de entrada. Por ejemplo, la forma de onda de la figura 4.1 tiene una deflexión vertical de 3,6 divisiones. Si el interruptor de  $V/Div$  se coloca en 0,1, el voltaje pico a pico es de .36 Volts.

La posición vertical y horizontal de la forma de onda exhibida puede ser ajustada sin afectar el valor de la amplitud. Es importante, sin embargo, que la parte vernier del control de sensibilidad sea ajustada a la posición de calibrado (CAL).

Para conseguir una lectura exacta, la posición del trazo debe ser tal que su extremo inferior esté alineado con una de las líneas de la escala. También la posición de uno de los picos debe estar cerca de la línea vertical central. Esta alineación se puede conseguir adecuadamente con los controles de posición vertical y horizontal.

Si la onda que se observa es una sinusoidal, se puede convertir la lectura de pico a pico y obtener el valor rms -- usando la relación:  $V_{rms} = 0,35 V_{pico \ a \ pico}$

Cuando se mide la amplitud pico a pico no es necesario establecer una línea de referencia.

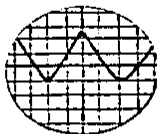


FIG. 4.1. MEDIDA DE AMPLITUD PICO A PICO

#### 4.2.2. MEDICION DE TENSIONES DE C.C. E INSTANTANEAS -- CON UN OSCILOSCOPIO

El osciloscopio es el instrumento lógico para medir tensiones instantáneas o transitorias. Para llevar a cabo este tipo de mediciones es necesario:

- Establecer una línea de referencia; esto se logra conmutando a la posición GND el selector de entrada, conmutar el selector de barrido a interno y ajustar el control de ganancia horizontal para extender la traza sobre toda la pantalla. Finalmente con el control de posición vertical llevar la traza horizontal a coincidir con una línea del retículo, generalmente es la línea central del mismo. No mover el control de posición vertical después de haber esta-

blecido la línea de referencia.

NOTA: Para medir un nivel de tensión con respecto a otra - tensión que no sea GND; conmutar el selector de entrada a la posición c.c. Aplicar la tensión de referencia a los terminales de entrada vertical y llevar la traza horizontal a su línea de referencia.

- Conmutar el selector de entrada a la posición c.c. la línea de referencia a tierra puede comprobarse tantas veces como se desee conmutando el selector de entrada a su posición de GND. Aplicar en la punta de prueba la señal que se quiere medir.
- Ajustar la frecuencia de barrido y la ganancia vertical para una presentación adecuada de la forma de onda.
- Medir la distancia entre la línea de referencia y el punto de la onda cuyo nivel de tensión (instantánea o de c.c.) se desea medir.
- Establecer la polaridad correcta de la señal. Cualquier interruptor que invierta la señal debe estar en posición normal. Si la forma de onda está por encima de la línea de referencia, la tensión es positiva, si está por debajo negativa.
- Multiplicar la distancia obtenida anteriormente por el factor de calibración. (V/cm).

Suponiendo que la distancia vertical medida en la figura 4.2 (a) en el punto A es de 2.6 cms y la atenuación vertical es de 2V/cm, la tensión instantánea se calcula:  
 Tensión instantánea = distancia vertical X atenuación vertical  
 Tensión instantánea = 2.6 X 2 = 5.2 V.

Para la figura 4.2 (b) el valor de la c.c. para el punto B y con el factor de atenuación vertical en 5 V/cm es:  
 Tensión de cc = distancia vertical X atenuación vertical  
 Tensión de cc = 1.4 X 5 = 7 V.

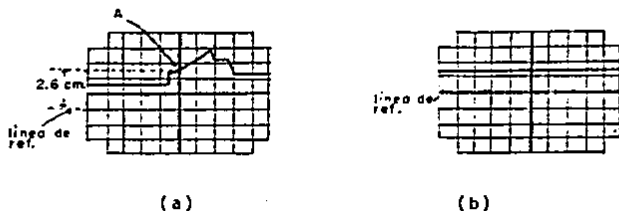


FIG. 4.2 MEDICION DE TENSION INSTANTANEA Y DE C.C.

#### 4.2.3. MEDICION DE TENSIONES COMPUESTAS Y PULSATORIAS

En la práctica, la mayoría de las tensiones que se miden son tensiones compuestas de c.c. y c.a. o son c.c. - pulsatorias.

El procedimiento a seguir es esencialmente el de la medición de tensiones instantáneas. Si la tensión que se mide es cc pulsatoria, la traza que se forma en la pantalla quedará totalmente por encima o por debajo de la línea de referencia (fig. 4.3 (a)). Si la tensión es compuesta, la traza puede estar a ambos lados de la línea de referencia (fig. 4.3 b y c).

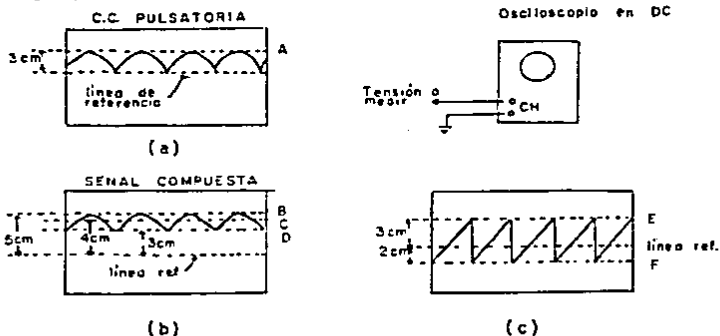


FIG. 4.3. MEDICION DE TENSIONES PULSATORIAS Y COMPUESTAS

Suponiendo que la distancia vertical entre la línea de referencia y el punto A de la onda de la fig. 4.3 (a) es de 3 cm. La señal está por encima de la línea de referencia (cc pulsatoria) y se tiene un factor de sensibilidad vertical de 2 V/cm. Sustituyendo los valores dados:

Tensión de cresta de la c.c. pulsatoria =  $+3 \times 2 = 6 \text{ V}$ .

Para la figura 4.3 (c) suponemos que la distancia vertical medida desde la referencia al punto E es de 3 cm y al punto F es de 2 cm. La forma de onda cruza a ambos lados de la línea de referencia y la posición del control V/cm es de 2 V/cm. Sustituyendo los valores dados:

Cresta positiva de la señal (punto E) =  $3 \times 2 = +6 \text{ V}$ .

Cresta negativa de la señal (punto F) =  $-2 \times 2 = -4 \text{ V}$ .

Tensión de cresta a cresta (punto E a F) =  $6 - (-4) = 10 \text{ V}$ .

$$\delta = 5 \times 2 = 10 \text{ V}.$$

La mayoría de los controles de sensibilidad vertical indican posiciones separadas para las lecturas ca y cc. La entrada cc se traduce en una forma de onda que muestra el nivel cc de la señal que se está midiendo, entonces somos capaces de medir no solamente la variación ca de la señal, sino también los niveles exactos de cc. de todas las partes de la señal, como se muestra en la figura 4.3 (b).

En la figura 4.3 (b), sea la distancia vertical desde la línea de referencia al punto D de 3 cm, 4 cm al punto C y 5 cm al punto B.

La forma de onda está sobre la línea de referencia (tensiones positivas), y consiste en una tensión compuesta de cc. y ca. La escala de sensibilidad está en 2 V/cm. Sustituyendo los valores dados:

Componente de c.c. (referencia-punto C) =  $4 \times 2 = 8 \text{ V}$ .

Tensión cresta a cresta de la componente de c.a. (de B a D)

$$= (5-3) \times 2 = 4 \text{ V}.$$





te la misma técnica que se empleó para las mediciones de tiempo. Sin embargo, se debe hacer un cálculo adicional. La frecuencia de una onda es el número de ciclos por segundo. Por tanto donde T es el tiempo de un ciclo o período. Para encontrar f medimos el tiempo de un período y usamos la ecuación -

$$f = \frac{1}{T}$$

Para ejemplificar supongamos que una función periódica mostrada en la pantalla del osciloscopio tiene una distancia de 4 cm entre el comienzo y el final de un ciclo. La perilla de tiempo/div se coloca en 1 ms/div. Calculando la frecuencia de onda:

Primero encontramos la duración del ciclo

$$\begin{aligned} t &= \text{distancia horizontal} \times \text{barrido horizontal seleccionado} \\ &= 4 \text{ div.} \times 0,001 \text{ seg/div} \\ &= 0,004 \text{ seg.} \end{aligned}$$

Calculando la frecuencia tenemos:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,004} = 250 \text{ Hz.}$$

#### 4.2.6. MEDICION DE DESPLAZAMIENTO DE FASE

Las escalas de tiempo calibradas también pueden utilizarse para calcular desplazamientos de fase entre las dos señales sinusoidales (o de la misma frecuencia por consiguiente). Si un osciloscopio de trazo o de haz dual se utiliza para exhibir las dos señales sinusoidales simultáneamente de tal manera que una señal se emplea como la entrada de sincronización, las dos formas de onda aparecerán en el tiempo adecuado y el osciloscopio puede utilizarse para medir la cantidad de tiempo entre el comienzo de un ciclo de cada una de las ondas. Esta cantidad de tiempo puede entonces utilizarse para calcular el ángulo de fase entre las dos señales. La fig. 4.5 muestra dos ondas sinusoidales que tienen un desplazamiento de fase de theta ( $\theta$ ) grados. El valor del ángulo de fase está relacionado a los grados en un ciclo completo de la señal sinusoidal. La relación para el ángulo de fase es:

$$\theta = \frac{\text{No. de divisiones de desplazamiento de fase} \times 360^\circ}{\text{No. de divisiones para un ciclo completo}}$$

Notamos que el cálculo no incluye la base de tiempo  $c_a$  librada actual y, en realidad, la forma de onda observada  $p_u g$  de variar utilizando el amplificador horizontal para obtener tantos cuadros para un ciclo completo como sea deseado.

Para la figura 4.5 haciendo los cálculos de theta tenemos:

$$= \frac{1.4}{8} \times 360^\circ = 63^\circ$$


FIG. 4.5 MEDIDA DE DESPLAZAMIENTO DE FASE USANDO LA ESCALA HORIZONTAL.

#### 4.3. CONTROLES DEL OSCILOSCOPIO

Para utilizar correctamente el osciloscopio es necesario conocer perfectamente la función y el manejo de cada uno de los mandos o controles. Infortunadamente, hay muchos modelos diferentes y constructores de osciloscopios, que no es posible describir cada uno de los controles de cada modelo.

Sin embargo, hay algunos controles que se usan casi -- universalmente en la mayoría de los osciloscopios. A continuación se da una lista de éstos y sus funciones:

Potencia (power).- Enciende o apaga el osciloscopio -- (después de que se ha enchufado).

Intensidad (intensity).- Controla el brillo del trazo-

del osciloscopio. Cuando la perilla se voltea en el sentido de las manecillas del reloj se aumenta el brillo. Precaución: Se debe tener cuidado y evitar que el haz electrónico quemé la pantalla. Un punto estacionario se debe mantener con una intensidad muy baja. Si la intensidad es alta se debe conservar el punto en movimiento. Si un halo aparece alrededor del punto, la intensidad es muy alta. Antes de encender el osciloscopio, baje la intensidad.

Foco (focus).- Cuando este control se ajusta, el trazo sobre la pantalla se hace tan fino y bien definido como sea posible. Se ajusta conjuntamente con el control de intensidad, ya que el ajuste de uno puede requerir el reajuste del otro.

Posición.- Las perillas de posición se utilizan para trasladar el trazo o el centro de la imagen mostrada alrededor de la pantalla.

Posición vertical.- Controla el centrado vertical del trazo.

Posición horizontal.- Controla el centrado horizontal del trazo.

Sensibilidad vertical o V/Div. o V/cm.- Determina el valor necesario del voltaje que se debe aplicar a la entrada vertical para deflectar el haz, una división (o cm.). El rango varía dependiendo del osciloscopio pero van desde milivolts a unos pocos volts.

V/div. Variable (normalmente una perilla roja).- Permite una variación suave (en vez de a pasos) de la sensibilidad vertical. Esta perilla se debe colocar en la posición calibrada CAL (normalmente a la derecha pasando un tope) para que

de esta forma la sensibilidad vertical sea igual a la marcada en el interruptor.

Tiempo de barrido o tiempo/div (Sweep time/div o - --- time/div).- Controla el tiempo que toma el punto para moverse horizontalmente a través de una división de la pantalla cuando el modo de barrido disparado se usa. Su rango va desde microsegundos (useg) a segundos (seg).

Variable tiempo/Div (normalmente una perilla roja).- Este control vernier permite escoger una rata de barrido continua pero no calibrada (Tiempo/Div).

Fuente o fuente de disparo o selector de sincronismo - (Source o trigger source o sync selector).- Selecciona la - - fuente de la señal de disparo. Utilizando este control uno - escoge el tipo de señal que se emplea para sincronizar el barrido horizontal con la señal de entrada vertical. La posible selección normalmente incluye:

1. Interno (internal).- La señal de entrada controla el disparo. Para la mayoría de las aplicaciones este tipo de disparo es el apropiado.
2. Línea (line).- Esta posición selecciona el voltaje de la línea de 60 Hz como la señal de disparo. Es útil cuando - la frecuencia de la señal de entrada está relacionada con la frecuencia de la línea.
3. Ext. - Cuando se usa esta posición, se debe aplicar una señal externa para disparar la señal de barrido. Esta señal se debe conectar a la entrada marcada External Trig. Input. La señal de disparo externa debe tener una frecuencia compatible con la señal de entrada vertical para conseguir una imagen estable.

Dentro de otras posibles selecciones está: el canal 1 - ó A y el canal 2 ó B.

Pendiente de disparo (Trigger slope).- Este interruptor determina si el circuito de pulsos en la base de tiempo responderá a una señal de disparo de pendiente positiva o negativa.

Presentación vertical o mode (vert. presentation).- Selecciona el tipo de imagen que el osciloscopio exhibirá.

1. Posición A o CH 1. Se exhibe la salida del canal A ó 1.
2. Posición B o CH 2. Se exhibe la salida del canal B ó 2.
3. Alt. las señales de ambos canales están alternadamente mostrando un canal después del otro. El cambio de un canal al otro se efectúa al final de cada barrido. Si (como es usual los tiempos de barrido son suficientemente rápidos, - el barrido alternado trazará una segunda figura antes que la primera figura se haya desvanecido. Así aparecerán dos figuras al mismo tiempo. Alt. es preferido para observar señales de alta frecuencia ( < 2 KHz.)
4. Chop (truncamiento).- También se muestran ambas señales. - se despliega una sección de cada señal a una frecuencia de 100 a 500 KHz, dependiendo del osciloscopio. Así la figura obtenida se compone en realidad de pequeños pedazos de cada una de las señales con suficientes partes para proporcionar la ilusión de dos señales exhibidas en forma estacionaria. Es muy conveniente para observar señales de baja frecuencia (> 2. kHz).
5. Add (suma). En este modo de operación las señales A y B - se suman algebraicamente y esta suma se despliega como una sola imagen, como función del tiempo.

Nivel de disparo.- Cuando esta perilla se rota completamente a la posición auto, el barrido se dispara automáticamente aún cuando no haya señal de disparo. Si se aplica una señal de disparo, esta posición causa que se dispare el barrido cuando la señal pasa por cero. Cuando se desee disparo a otro nivel diferente de cero, se rota la perilla en sentido -

contrario. Esta perilla por lo tanto selecciona el nivel del voltaje de la señal de disparo del barrido.

Entrada (Input) AC, DC, GND.- Estos interruptores seleccionan el tipo de acoplamiento entre las señales de entrada y las entradas de los amplificadores del osciloscopio.

1. Posición AC. Los componentes de cd y las de baja frecuencia de la señal de entrada quedan bloqueadas (menores de 5 Hz). Por consiguiente solo las componentes de ca pueden observarse. Esta característica es útil para medir voltajes de ca que tienen sobrepuestos otro de cd o voltajes de polarización.
2. Posición DC. Todas las componentes de la señal pueden pasar y observarse, tanto ca como cd. Este modo es particularmente importante para determinar valores instantáneos - totales de voltaje.
3. GND.- Este interruptor se emplea para centrar el trazo del osciloscopio sin necesidad de desconectar los terminales - de entrada al instrumento. Sin embargo, esta posición no aterriza la señal aplicada.

Modo (Mode).- Existen dos formas básicas en las cuales un osciloscopio muestra una señal eléctrica, el modo X-Y y el modo de barrido disparado.

1. Normal.- Esta posición selecciona la operación de barrido-disparado del osciloscopio, que nos muestra la variación - de solo una señal externa a medida que varía con el tiempo (Y-t). Este es el modo más utilizado.
2. X-Y. En este modo se despliega la gráfica de la variación - de dos señales externas, una versus la otra.

Acoplamiento (Coupling).- Este control es similar al - interruptor de acople de la entrada vertical, excepto porque-

escoge el acoplamiento disponible para la señal de disparo. -  
Si uno desea que el circuito de disparo responda a toda la se  
ñal de disparo (si es externa o interna), se debe escoger la-  
posición CD. Si únicamente se va a aplicar al circuito de --  
disparo, la componente que varía con el tiempo de la señal, -  
se escoge AC.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante el desarrollo de esta tesis, se encontró que - no sólo existen los procedimientos de comprobación aquí ex- - puestos, sino que hay una amplia variedad de ellos.

Sin embargo se exponen sólo los que se consideró más - fáciles y rápidos de llevar a cabo en la práctica. Como se - pudo observar, sólo se utilizan instrumentos básicos, multime- - tro y osciloscopio, ya que son con los que generalmente se - - cuenta.

Consecuentemente, si se requiere una medición o compro- - bación muy exacta, se recomienda hacer uso de los instrumen- - tos específicos para llevar a cabo éstas, como son, trazado- - res de curva, comprobadores de diodos, etc.

También se recomienda no basarse solamente en una prue- - ba para formarse un criterio del funcionamiento, sino recu- - rrir, por lo menos, a otra más.

Por último, podemos decir, que es importante no sólo - conocer como debe funcionar un elemento, sino la forma de me- - dir y comprobar sus características de funcionamiento, ya que - muchas veces no se conoce y la práctica de la electrónica es- - lo que requiere.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

## BIBLIOGRAFIA

- Boylestand, Robert. y Nashelsky, Louis. Electrónica Teoría de circuitos. México, D.F.: Prentice-Hall Hispanoamericana, S. A., 1986.
- Lenk, John D. Reparación de equipos de estado sólido. Barcelona, España: Marcombo, S.A., 1975.
- Margolis, Art. 125 circuitos electrónicos típicos. Barcelona, España: Marcombo, S.A., 1979.
- Shaader, Robert L. Comunicación electrónica. México, D.F.: McGraw-Hill, 1975.
- Technical Guide and Cross Reference Semiconductors, 1985-1986. U.S.A.: NTE. 1985.
- The Encyclopedia of Electronics. New York, U.S.A.: Reinhold publishing corporation, 1962.
- Thomas, Harry W. y Clarke, Carole A. Handbook of electronic instruments and measurement techniques. Englewood-Cliffs, N.J., U.S.A.: Prentice-Hall, Inc. 1970.
- Wolf, Stanley. Guía para mediciones electrónicas y prácticas de laboratorio. México, D.F.: Prentice-Hall, Inc. 1986.