

5

El Mundo de la

Electrónica

TV
AUDIO
VIDEO



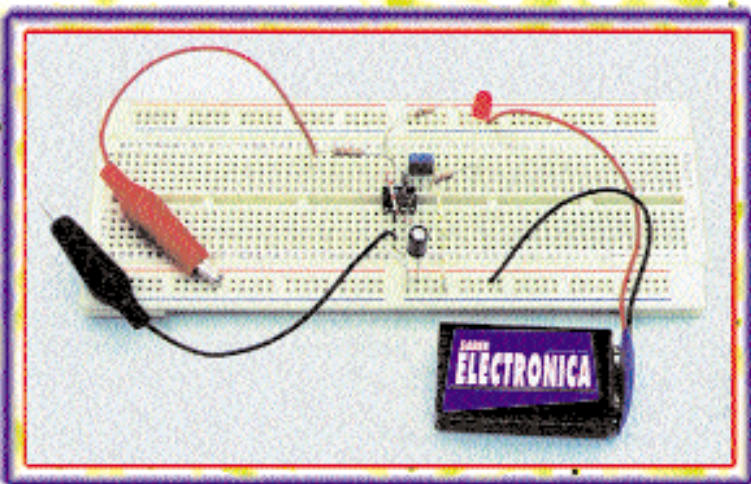
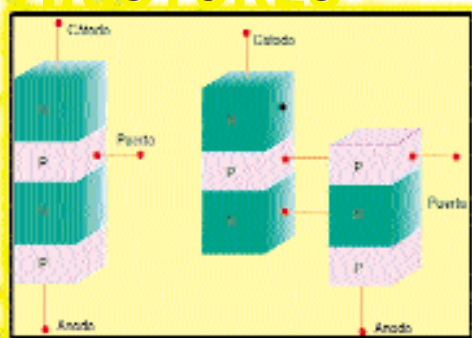
ES UNA EDICION ESPECIAL DE

SABER
EDICION ARGENTINA
ELECTRONICA

REP. ARG. EDICION ESPECIAL: 3005

LOS COMPONENTES EN CORRIENTE ALTERNA

TIRISTORES



MICROPROCESADORES

Enciclopedia Visual de la Electrónica

INDICE DEL CAPITULO 5

MAGNETISMO E INDUCTANCIA MAGNETICA

El efecto magnético.....	67
Campo eléctrico y campo magnético.....	67
Propiedades magnéticas de la materia.....	69
Cálculos con fuerzas magnéticas.....	69
Dispositivos electromagnéticos.....	70
Electroimanes y solenoides.....	70
Relés y Reed-relés.....	70
Los galvanómetros.....	71
Los inductores.....	71

LOS COMPONENTES DE CORRIENTE ALTERNA

Corriente continua y corriente alterna.....	72
Representación gráfica de la corriente alterna.....	75

Reactancia.....	75
Reactancia capacitiva.....	76
Fase en el circuito capacitivo.....	77
Reactancia inductiva.....	77
Fase en el circuito inductivo.....	78
¿Qué es una señal?.....	78

TIRISTORES Y OTROS DISPOSITIVOS DE DISPARO

Los tiristores.....	78
Rectificador controlado de silicio.....	78
Interruptor controlado de silicio.....	79
FotoSCR.....	79
Diodo de cuatro capas.....	79
SUS, TRIAC, DIAC, SBS, SIDAC, UJT.....	80

Cupón Nº 5

Guarde este cupón: al juntar 3 de éstos, podrá adquirir uno de los videos de la colección por sólo \$5

Nombre: _____
para hacer el canje, fotocopie este cupón y
entreguelo con otros dos.

Capítulo 5

Magnetismo e Inductancia Magnética

EL EFECTO MAGNÉTICO

Un profesor dinamarqués de la escuela secundaria llamado Hans Christian Oersted observó que colocando una aguja imantada cerca de un alambre conductor, cuando se establecía la corriente en el conductor, la aguja se desplazaba hacia una posición perpendicular al alambre, como se muestra en la figura 1. Como seguramente sabrán los lectores, las agujas imantadas procuran adoptar una posición determinada según el campo magnético terrestre, dando origen a la brújula (figura 2).

El movimiento de la aguja imantada sólo revelaba que las corrientes eléctricas producen campos magnéticos y también facilitaba el establecimiento exacto de la orientación de este campo, o sea su modo de acción. Como en el caso de los campos eléctricos, podemos representar los campos magnéticos por líneas de fuerza. En un imán, como se muestra en la figura 3, esas líneas salen del polo norte (N) y llegan al polo sur (S).

Para la corriente eléctrica que fluye en el conductor, verificamos que las líneas de fuerza lo rodean, tal como muestra la figura 4. Representando con una flecha la corriente que fluye del positivo hacia el negativo, tenemos una regla que permite

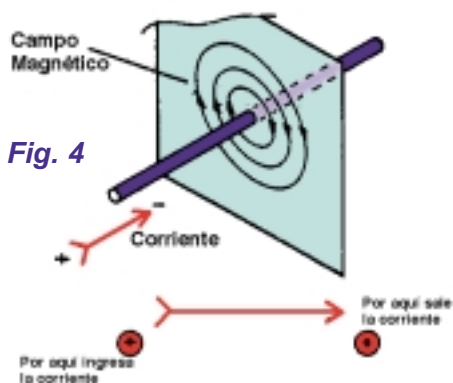


Fig. 4

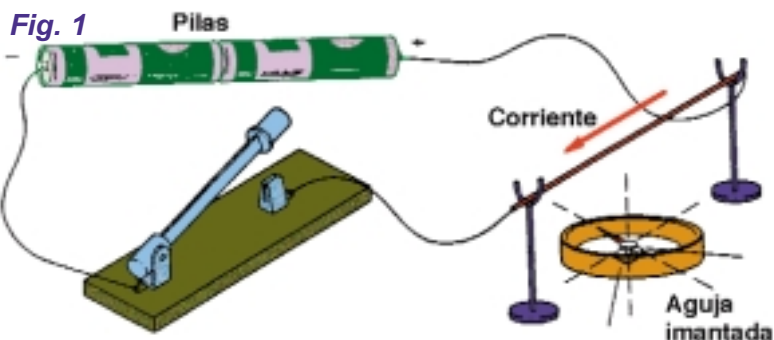


Fig. 1

Fig. 2

Brújula (se orienta según el campo magnético terrestre)

La aguja apunta hacia el sur magnético que es el norte geográfico



determinar cómo se manifiesta el campo. Con la flecha entrando en la hoja (corriente entrando) las líneas son concéntricas, con orientación en el sentido horario (sentido de las agujas del reloj). Para la corriente saliente, las líneas se orientan en el sentido antihorario (figura 5). El hecho importante es que dispo-

niendo conductores recorridos por corrientes de formas determinadas, podemos obtener campos magnéticos muy fuertes, útiles en la construcción de diversos dispositivos.

CAMPO ELÉCTRICO Y CAMPO MAGNÉTICO

Si tenemos una carga eléctrica, alrededor de esta carga existe un campo eléc-

Fig. 3

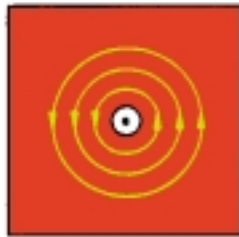


Forma que adquiere el campo magnético de un imán

trico cuyas líneas de fuerza se orientan como muestra la figura 6. Una carga eléctrica en reposo (detenida) posee sólo campo eléctrico. Sin embargo, si se pone en movimiento una carga eléctrica, lo que tendremos será una manifestación de fuerzas de naturaleza diferente: tendremos la aparición de un campo magnético. Este campo tendrá líneas de fuerza que envuelven la trayectoria de la carga, como muestra la figura 7. El campo eléctrico puede actuar sobre cualquier tipo de objeto, provocará atracción o repulsión según



Corriente entrando



Corriente saliendo

dos dotan al material de propiedades magnéticas. Tenemos así, cuerpos denominados imanes permanentes. Un imán permanente tiene dos polos, denominados NORTE (N) y SUR (S), cuyas propiedades son semejantes a las de las cargas eléctricas.

propiedades que caracterizan un imán.

Entre los artificiales destacamos el Alnico, que es una aleación (mezcla) de aluminio, níquel y cobalto, que no tiene magnetismo natural hasta que es establecido por procesos que veremos posteriormente. Los materiales que podemos convertir en imanes son llamados materiales magnéticos; podemos magnetizar un material que lo admita orientando sus imanes elementales. Para ello existen diversas técnicas:

a) Fricción: de tanto usar una herramienta, una tijera, por ejemplo, los imanes elementales se orientan y ésta pasa a atraer pequeños objetos de metal, o sea, se vuelve un imán (figura 9). Frotando una aguja contra un imán, orienta sus imanes elementales y retiene el magnetismo.

Advierta que existen cuerpos que no retienen el magnetismo, como por ejemplo el hierro.

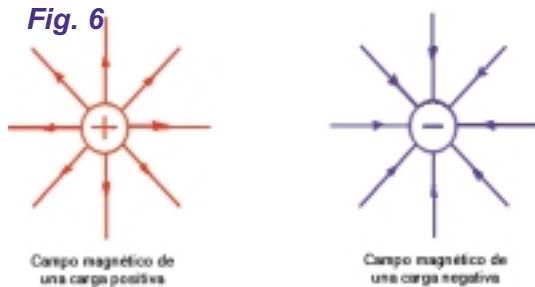
Si apoyamos un imán contra un hierro, éste se magnetiza, como muestra la figura 10, pero en cuanto lo separamos del imán, el hierro pierde la propiedad de atraer pequeños objetos, debido a que sus imanes elementales se desorientan.

b) Mediante un campo intenso: colocando un objeto magnetizable en presencia de un campo magnético fuerte, podemos orientar sus imanes elementales y, de esta manera, convertirlos en un imán. El

campo de una bobina puede ser suficiente para esto. Del mismo modo que los materiales pueden retener magnetismo, también pueden perderlo bajo ciertas condiciones.

Si calentamos un trozo de magnetita, o sea un imán permanente natural, a una temperatura de

585°C, el magnetismo desaparece. Esta temperatura es conocida con el nombre de Punto Curie y varía de acuerdo a los diferentes materiales.



Campo magnético de una carga positiva

Campo magnético de una carga negativa

Podemos decir que polos de nombres diferentes se atraen (Norte atrae a Sur y viceversa).

Polos del mismo nombre se repelen (Norte repele a Norte y Sur repele a Sur).

Los imanes permanentes pueden ser naturales o artificiales. Entre los naturales destacamos la magnetita, una forma de mineral de hierro que ya se obtiene en los yacimientos con las

su naturaleza. El campo magnético sólo actúa atrayendo o repeliendo, sobre materiales de determinada naturaleza de forma más eminente. Teniendo en cuenta el origen del campo magnético podemos explicar fácilmente por qué ciertos cuerpos son imanes y por qué una corriente puede actuar sobre una aguja magnetizada.

En un cuerpo común los electrones que se mueven alrededor de los átomos lo hacen de manera desordenada, de modo que el campo producido no aparece.

Sin embargo, podemos orientar estos movimientos de modo de concentrar el efecto de una manera determinada, como muestra la figura 8.

Obtenemos, entonces, "imanes elementales", cuyos efectos suma-

Fig. 7

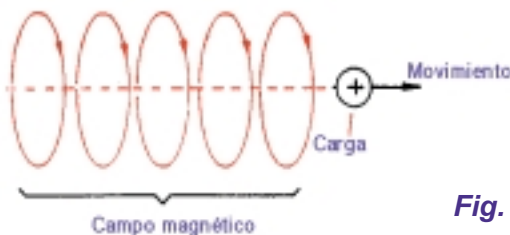
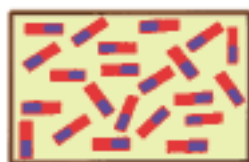


Fig. 9

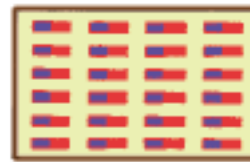
Debido al uso, la punta de la tijera se magnetiza



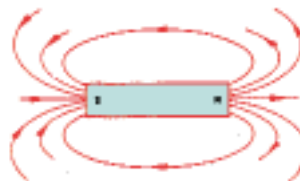
Alfileres atraídos "por el imán" que se ha formado



Imanes elementales desorientados (cuerpo no magnetizado)



Imanes elementales orientados (cuerpo magnetizado)



Campo Magnético de un imán (las líneas salen del polo norte y van hacia el polo sur)

Fig. 8

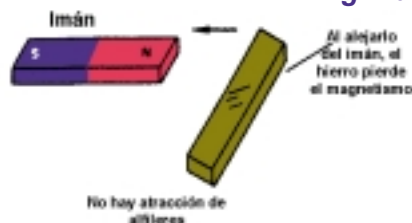
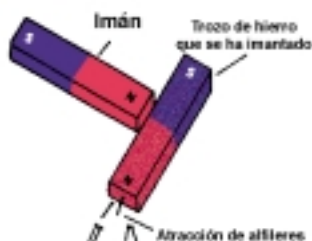


Fig. 10

**PROPIEDADES MAGNÉTICAS
DE LA MATERIA**

Imaginemos los polos de un imán permanente, como muestra la figura 11. Tenemos un campo uniforme, dado que las líneas de fuerza son paralelas (dentro del espacio considerado). Pues bien, colocando diversos tipos de materiales entre los polos del

Fig. 11

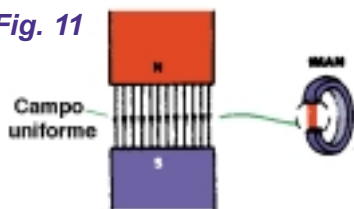


Fig. 12

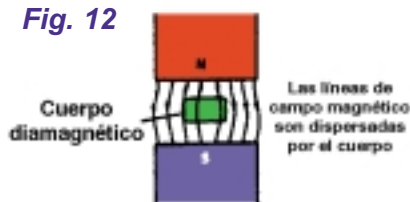
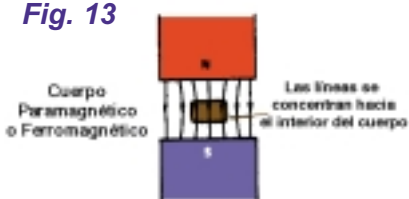


Fig. 13



imán, podemos observar lo siguiente:

a) El material "dispersa" las líneas de fuerza del campo magnético, como muestra la figura 12.

El material en cuestión se llama "diamagnético", tiene una susceptibilidad magnética menor que 1 y presenta la propiedad de ser ligeramente repelido por los imanes (cualquiera de los dos polos). Entre los materiales diamagnéticos citamos el COBRE, el VIDRIO y el BISMUTO.

b) El material concentra las líneas de fuerza de un campo magnético, como muestra la figura 13.

Si la concentración fuera pequeña (susceptibilidad ligeramente mayor que 1), diremos que la sustancia es paramagnética, como por ejemplo el aluminio, el aire, el platino y el tungsteno.

Si bien existe una fuerza de atracción de los imanes por estos materiales, la misma es muy pequeña para ser percibida.

En cambio, si la concentración de las líneas de fuerza fuera muy grande (susceptibilidad mucho mayor que 1), entonces el material se denomina "ferromagnético", siendo atraído fuertemente por el imán. El nombre mismo nos está diciendo que el principal material de este grupo es el hierro.

Los materiales ferromagnéticos son usados para la fabricación de imanes y para la concentración de efectos de los campos magnéticos.

Los materiales diamagnéticos se utilizan en la construcción de blindajes, cuando deseamos dispersar las líneas de fuerza de un campo magnético.

**CÁLCULOS CON
FUERZAS MAGNÉTICAS**

Si colocamos una carga eléctrica bajo la acción de un campo eléctrico, la misma queda sujeta a una fuerza; esta fuerza puede ser calculada mediante:

$$F = q \cdot E$$

donde:

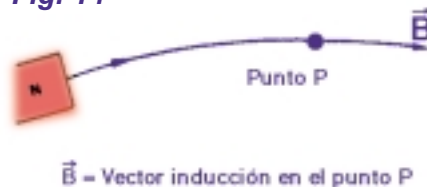
F es la intensidad de la fuerza (N).
q es el valor de la carga (C) y E es la intensidad del campo (N/C).

Para el caso del campo magnético, podemos definir una magnitud equivalente a E (Vector de intensidad de Campo), que se denomina Vector de Inducción Magnética, el cual es representado por la B (figura 14). La unidad más común para medir el Vector Inducción Magnética es el Tesla (T), pero también encontramos el Gauss (G).

$$1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}$$

El lanzamiento de una carga eléctrica en un campo eléctrico o en un campo magnético es la base de dispositivos electrónicos muy

Fig. 14



\vec{B} = Vector inducción en el punto P

importantes. Así, podemos dar como ejemplo el caso de un tubo de rayos catódicos, (tubo de rayos catódicos de TV, por ejemplo) en el que la imagen está totalmente determinada por fuerzas de naturaleza eléctrica y magnética que determinan la trayectoria de los electrones que inciden en una pantalla fluorescente (figura 15). Es, por lo tanto, necesario que el técnico electrónico sepa hacer algunos cálculos elementales relativos al comportamiento de cargas en campos eléctricos y también magnéticos.

a) Fuerza en un campo eléctrico

Suponiendo dos placas paralelas, como muestra la figura 16, sometidas a una tensión V (+Ve; -V), entre ellas existe un campo eléctrico uniforme cuya intensidad es:

$$E = V/d$$

(V = Potencial y d = distancia)

Si entre las placas lanzamos una carga eléctrica, un electrón, o una carga, ésta quedará sujeta a una fuerza que depende de dos factores: su polaridad y su intensidad. Si la carga fuera positiva, la fuerza se ejercerá en el sentido de empujarla hacia la placa negativa y, si fuera negativa, al contrario. La intensidad de la fuerza estará dada por:

$$F = q \cdot E$$

Donde:

Fig. 15



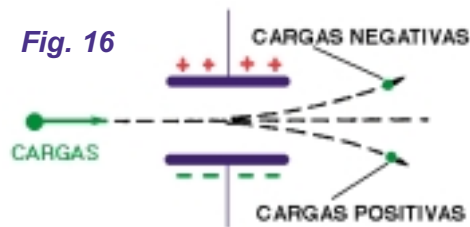


Fig. 16

responsable de la aparición de un campo magnético. Ese campo magnético tiene la misma naturaleza que el

que se produce con una barra de imán permanente y puede atraer o repeler objetos de metal.

En el caso del campo producido por una corriente en un conductor, no sólo tenemos el control de su intensidad sino que también podemos intervenir en la "geometría" del sistema, darle formas y disposiciones mediante las que se puede aumentar, dirigir y difundir las líneas de fuerza del campo según se desee. Hay varias maneras de lograr eso, lo que nos lleva a la elaboración de distintos dispositivos de aplicación en electrónica.

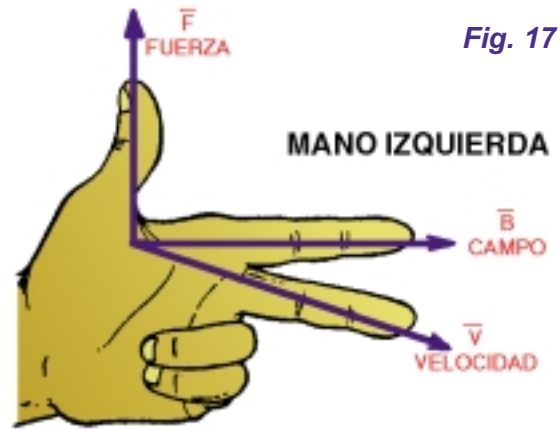


Fig. 17

F es la fuerza en Newtons.
 q es la fuerza en Coulombs.
 E es la intensidad de campo en V/m o N/C .

En el caso de un campo magnético, el comportamiento de la carga lanzada es un poco diferente.

De hecho, sólo existirá la fuerza si la carga estuviera en movimiento. Una carga estática no es influenciada por campos magnéticos.

b) Fuerza en campos magnéticos

La fuerza a que queda sometida una carga eléctrica lanzada en un campo magnético es denominada Fuerza de Lorentz y tiene las siguientes características:

Dirección perpendicular al Vector B y al vector v (velocidad), la Intensidad está dada por la fórmula:

$$F = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \theta$$

Donde:

F = fuerza en Newtons
 q = carga en Coulombs
 v = velocidad en m/s
 θ = ángulo entre V y B

Sentido dado por la regla de la mano izquierda de Fleming, como muestra la figura 17.

Representando el campo (B) con el dedo índice y la velocidad (v) con el dedo del medio, la fuerza que actuará sobre la carga estará dada por la posición del pulgar (F).

Si la carga fuera negativa, se invierte el sentido de F . Observe que si lanzamos una carga paralela a las líneas de fuerza del campo magnético (B paralelo a v), entonces, el seno θ será nulo. En estas condiciones, no habrá ninguna fuerza que actúe sobre la carga.

DISPOSITIVOS

ELECTROMAGNÉTICOS

Sabemos que cuando una corriente recorre un conductor rectilíneo, el movimiento de las cargas es

ELECTROIMANES Y SOLENOIDES

El campo creado por una corriente que recorre un conductor rectilíneo es muy débil. Se necesita una corriente relativamente intensa, obtenida de pilas grandes o de batería, para que se observe el movimiento de la aguja imantada. Para obtener un campo magnético mucho más intenso que éste, con menos corriente y a partir de alambres conductores, pueden enrollarse los alambres para formar una bobina o solenoide, como muestra la figura 18.

Cada vuelta de alambre se comporta como un conductor separado y, entonces, el conjunto tiene como efecto la suma de los efectos de las corrientes. De esta manera, en el interior del solenoide tenemos la suma de los efectos magnéticos.

En la figura 19 se grafica la forma de obtener el sentido del campo magnético generado cuando se conoce la polaridad de la corriente. Se observa que la bobina se comporta como un imán en forma de barra con los polos en los extremos. Cualquier material ferroso, en las cercanías de la bobina, será atraído por el campo magnético que ésta genera.

Si en el interior de la bobina colocamos un núcleo de hierro, el campo magnético se incrementa, y puede atraer a otros objetos ferrosos más pesados.

Al conjunto así formado se lo llama electroimán y posee innumerables aplicaciones, por ejemplo en grúas, válvulas en lavarropas, maquinarias textiles, etc.

RELÉS Y REED-RELÉS

La estructura de un relé se muestra en la figura 20. Se puede apreciar que en las cercanías del electroimán recién estudiado se coloca un juego de contactos eléctricos. En el caso

Fig. 18

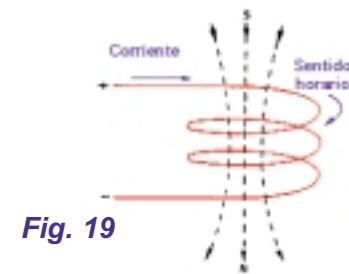
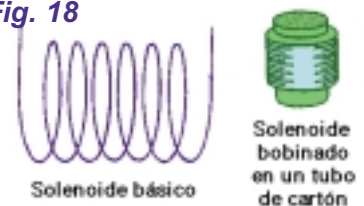


Fig. 19

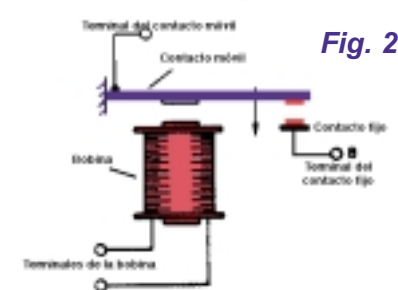


Fig. 20

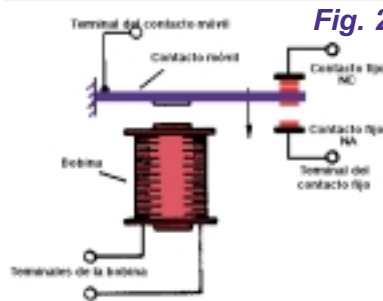


Fig. 21

las chispas que se producen durante el cierre y apertura de los contactos no les causan daños (no se queman).

Con eso, contactos relativamente chicos pueden soportar corrientes intensas y, además, la operación es relativamente alta en relación con la distancia que separa a los contactos en la posición "abierto". El "reed-switch", que es un interruptor de láminas, se acciona, en condiciones normales, por la aproximación del imán. Una aplicación importante de este componente está en los sistemas de alarma, en los que la apertura de una puerta o una ventana hace que un imán abra o cierre los contactos de un reed-switch activando la alarma.

En el caso de un reed-relé, el accionamiento de los contactos lo efectúa el campo magnético de un solenoide que envuelve la ampolla. Con muchas espiras de alambre barnizado pueden obtenerse relés ultrasensibles, capaces de cerrar los contactos con corrientes de bobina de pocos miliamperes. La corriente de contacto depende exclusivamente del "reed-switch" que se use, pero son típicas las del orden de 100 a 1.000mA. La ventaja principal de este relé, además de la sensibilidad, es la posibilidad de montaje en un espacio muy reducido, pues el componente es de pequeñas dimensiones.

Fig. 22

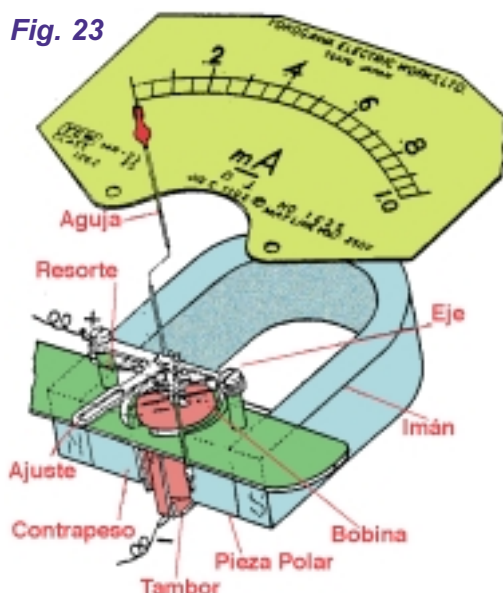


de la figura, cuando no circula corriente por el solenoide (bobina), los contactos permanecen abiertos. Cuando la bobina es energizada, el campo magnético atrae el contador móvil que se "pega" con el fijo, y cierra, de esta manera, algún circuito eléctrico.

En la figura 21 se da un ejemplo de relé con 3 contactos; el principio de funcionamiento es el mismo, sólo que ahora existe un contacto normal cerrado (bobina sin energía) y otro normal abierto. Otro tipo de relé es el llamado "reed-rel", cuyo aspecto funcional se ve en la figura 22.

Se tiene un interruptor de láminas encerradas en un tubo de vidrio lleno de gas inerte. Con el gas inerte,

Fig. 23



LOS GALVAN METROS

El galvanómetro de bobina móvil o de D'Arsonval es un componente electrónico que utiliza el efecto magnético de la corriente. Se usa este dispositivo para medir corrientes eléctricas para aprovechar justamente el hecho de que el campo magnético y, por consiguiente, la fuerza que actúa con el imán, es proporcional a la corriente que pasa por la bobina. En la figura 23, vemos este componente en forma simplificada. Entre los polos de un imán permanente se coloca una bobina que puede moverse respecto

de dos ejes que sirven también de contactos eléctricos. Resortes espiralados limitan el movimiento de la bobina, el que se hace más difícil cuando se acerca al final del recorrido.

En la bobina se coloca una aguja que se desplaza sobre una escala. Cuando circula corriente por la bobina se crea un campo magnético que interactúa con el campo del imán permanente, surgiendo, entonces, una fuerza que tiende a mover el conjunto. El movimiento será tanto mayor cuanto más intensa sea la corriente.

Podemos, así, calibrar la escala en función de la intensidad de la corriente. Son comunes los galvanómetros que tienen sus escalas calibradas con valores máximos, llamados también "fondo de escala", entre 10µA (microamperes) y 1mA (miliampere). Los galvanómetros pueden formar parte de diversos instrumentos que miden corrientes (miliamperímetros o amperímetros), que miden tensiones (voltímetros, resistencias ohmímetros), o que miden todas las magnitudes eléctricas (multímetros).

LOS INDUCTORES

Podemos reforzar en forma considerable el campo magnético creado por una corriente que circula en

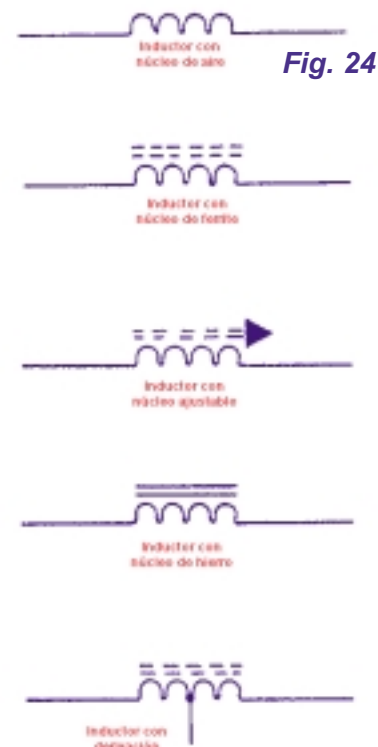


Fig. 24

Magnetismo e Inductancia Magnética

un conductor, si enrollamos el conductor para formar una bobina. La inductancia de una bobina es también mucho mayor que la de un conductor rectilíneo. Tenemos, entonces, componentes llamados inductores (que aparecen en los diagramas representados por espirales con letras "L") que presentan inductancias, o sea una inercia a las variaciones bruscas de la corriente (figura 24). Los inductores pueden tener diversas características de construcción según la aplicación a la que se destinan. Tenemos, entonces, los inductores de pequeñas inductancias, formados por pocas espiras de alambre, con o sin un núcleo de material ferroso en su interior. La presencia del material ferroso aumenta la inductancia, multiplicada por un factor que puede ser bastante grande.

La unidad de inductancia es el henry, H en forma abreviada.

El múltiplo más usado es:

-El milihenre (mH) que vale 0,001 henry, o mil sima parte del Henry.

Los pequeños inductores para aplicaciones en frecuencias elevadas tienen inductancias que varían entre pocos microhenry y milihenry,

mientras que los que se usan para frecuencias medias y bajas pueden tener inductancias hasta de algunos henrys.

La oposición o inercia que presenta el inductor a las variaciones de intensidad de la corriente depende de la cantidad de líneas de fuerza que cortan el conductor o espiras de la bobina.

Denominamos flujo magnético, representado por Φ , al número de líneas de fuerza que atraviesan una cierta superficie (S). Calculamos el flujo en una espira de la bobina mediante la fórmula:

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$$

En la que:

Φ es la intensidad del flujo magnético que se mide en weber, cuyo símbolo es Wb.

B es la intensidad de la inducción magnética medida en Tesla (T).

S es la superficie rodeada por la espira, en metros cuadrados.

Si tuviéramos una bobina con n espiras, basta multiplicar el segundo miembro de la fórmula por n:

$$\Phi = n \cdot B \cdot S \cdot \cos \alpha$$

Si en el interior del solenoide o bobina se colocara un núcleo de material ferroso, debemos multiplicar la permeabilidad del material por el resultado.

Partiendo de esta fórmula del flujo se puede, fácilmente, llegar a la fórmula de la inductancia propiamente dicha, que será válida para solenoides en los que la longitud no sea mucho mayor que el diámetro.

Tenemos, entonces:

$$L = \frac{1,257 \cdot n^2 \cdot S \cdot 10^{-8}}{l}$$

En la que:

L es la inductancia en henry (H).

n es el número de espiras del solenoide.

l es la longitud del solenoide en centímetros.

S es la superficie rodeada por una espira, en centímetros cuadrados.

Los valores 1,257 y 10^{-8} son constantes que dependen de la permeabilidad magnética del medio, en este caso del aire, además de las unidades de longitud y superficie que se utilicen.

Los Componentes en Corriente Alterna

La corriente que tomamos de la línea es alterna y es muy diferente de la que obtenemos de pilas o baterías. Pero *¿cuál es la diferencia y de qué modo influye en el comportamiento de los distintos componentes que estudiamos hasta el momento?*

Si conectamos un resistor, un cable conductor o una lámpara a una pila o batería, se establecerá una corriente que es un flujo de electrones libres. Esos electrones van a dirigirse del polo negativo (que los tiene en exceso) al polo positivo (que los tiene en defecto).

Suponiendo que la resistencia del resistor, conductor o lámpara no varíe en el transcurso del tiempo, el flujo de electrones será constante como ilustra el gráfico de la figura 1.

Esta es una corriente continua porque: **"Circula siempre en el mismo sentido y tiene intensidad constante"**. Una corriente continua se representa en forma abreviada por CC (corriente continua) o DC (direct current). Pero existe otro tipo de corriente.

Vamos a suponer que se establezca una corriente en un conductor, resistor u otra clase de carga, de manera que su intensidad no es constante sino que varía cíclicamente, es decir, siempre de la misma manera. Una corriente que cambia en forma constante su sentido de circulación

y varía su intensidad es una corriente alterna.

A nosotros va a interesarnos al principio la corriente alterna sinusoidal, que explicaremos enseguida.

Un conductor que corte las líneas de fuerza de un campo magnético, manifestará en sus extremos una fuerza electromotriz que puede calcularse mediante la expresión:



$$E = B \times L \times \text{sen } \alpha$$

Donde:

E es la fuerza electromotriz

B es el vector inducción magnética

L es la longitud del alambre

α es el ángulo en que el conductor corta las líneas del campo.

Vea que la inducción de una tensión será tanto mayor cuanto mayor sea el ángulo según el que el conductor corta las líneas de fuerza del campo magnético.

Partiendo de ese hecho, vamos a suponer que montamos una espira (una vuelta completa del alambre conductor) de manera de girar dentro del campo magnético uniforme, como se ve en la figura 2.

Un campo magnético uniforme se caracteriza por tener la misma intensidad en todos sus puntos, lo que nos lleva a representarlo por líneas de fuerza paralelas. Vamos a representar esta espira vista desde arriba para comprender con mayor facilidad los fenómenos que se producirán cuando la giramos, como muestra la figura 3.

Partiendo entonces de la posición de la figura 3, hacemos que la espira gire 90° en el sentido indicado, de modo que corte las líneas de fuerza del campo magnético.

En estas condiciones, a medida que la espira "entra" en el campo, el ángulo se va acentuando de manera que al llegar a 90, el valor va desde cero hasta el máximo.

En esta posición, la espira corta el campo en forma perpendicular aunque sólo sea por un instante. Como la tensión inducida depende del ángulo, vemos que en este arco de 90°, el valor va desde 0 hasta el máximo, lo que puede representarse mediante el gráfico de la figura 4. Continuando la rotación de la espira, vemos que entre 90° y 180° tiende a "salir" del campo y se va reduciendo el ángulo según el cual corta las líneas de fuerza del campo magnético. La tensión inducida en estas condiciones cae hasta el mínimo en este arco.

Vea que realmente la tensión cae a cero pues a 180°, aunque sólo por un instante, el movimiento de la espira es paralelo a las líneas de fuer-

za y entonces no hay inducción.

En la figura 5 se tiene la representación gráfica de lo que ocurre con el valor de la tensión en estos arcos de 90° (0° a 90° y 90° a 180°).

Recorriendo ahora 90° más, de 180 a 270°, la espira vuelve a "penetrar" en el campo magnético en forma más acentuada pero en sentido opuesto al del arco inicial. Así ocurre la inducción pero la polaridad de tensión en los extremos de la espira se ha invertido, es decir, si tomamos una referencia inicial que lleve a una representación positiva en los 180 grados iniciales, a partir de este punto la representación será negativa como muestra la figura 6.

Igualmente, la tensión asciende, pero hacia valores negativos máximos, hasta llegar en los 270 grados al punto de corte, prácticamente perpendicular aunque sea por un breve instante. En los 90° finales de la vuelta completa, de 270 a 360 grados, nuevamente el ángulo en el que la espira corta las líneas de fuerza, disminuye y la tensión inducida cae a cero.

El ciclo completo de representación de la tensión generada se ve en la figura 7.

Si tuviéramos un circuito externo para la circulación de la corriente y si la resistencia fuera constante, la intensidad dependerá exclusivamente de la tensión). La corriente circulante tendrá entonces las mismas características de la tensión, es decir, variará según la misma curva.

Como la tensión generada está regida por la función seno (**sen α**) que determina el valor según el ángulo, ya que B y L son constantes, la forma de la onda recibe el nombre de senoide. Se trata, por lo tanto de

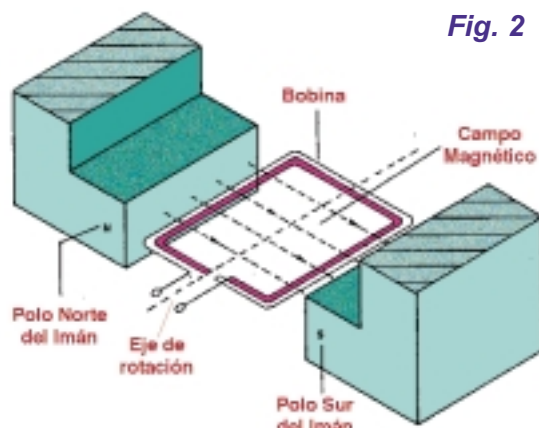


Fig. 2



Fig. 3

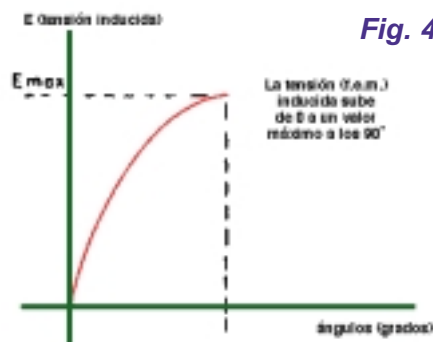


Fig. 4

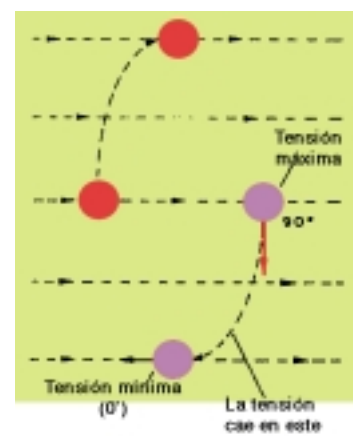
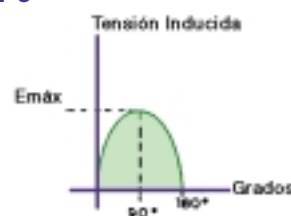


Fig. 5



Magnetismo e Inductancia Magnética

una corriente alterna sinusoidal. Para generar esta corriente alterna sinusoidal se establece una tensión también sinusoidal. Esa tensión, también alterna tiene la misma representación gráfica.

Podemos decir entonces:

"Una tensión alterna produce una corriente alterna que es aquella cuya intensidad varía en forma constante según una función periódica y su sentido se invierte constantemente."

Vea que una "función periódica" es la que se repite continuamente como la senoide que es la misma a cada vuelta de espira (figura 8).

Una corriente alterna solo puede ser establecida por una tensión alterna.

El tiempo que la espira tarda en dar una vuelta completa determina un valor muy importante de la corriente alterna, que podemos medir. Este tiempo de una vuelta es el periodo que se representa con T y se mide en segundos.

El número de vueltas que da la espira en un segundo determina otra magnitud importante que es la frecuencia, representada por f y medida en hertz (Hz).

Numéricamente, la frecuencia es la inversa del periodo:

$$T = 1/f$$

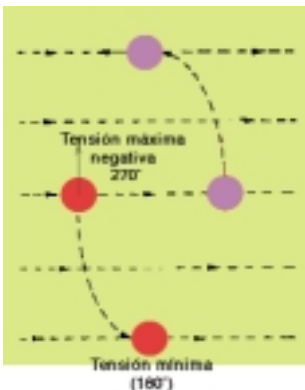
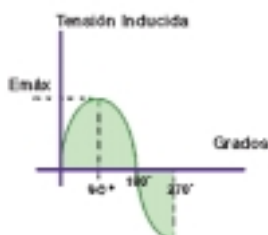


Fig. 6



Los alternadores de las usinas hidroeléctricas (y atómicas) que envían energía eléctrica a nuestras casas, operan con una frecuencia de 50 hertz (50Hz).

Decimos entonces que la corriente alterna obtenida en las tomas de energía tiene una frecuencia de 50 hertz.

Esto significa que en cada segundo, la corriente es forzada a circular 50 veces en un sentido y 50 veces en el opuesto, pues éste es el efecto de la inversión de la polaridad (vea nuevamente la figura 8).

Alimentando una lámpara incandescente común, en cada segundo existen 100 instantes en que la corriente se reduce a cero, pero la lámpara no llega a apagarse por la inercia del filamento que se mantiene caliente. La tensión producida puede variar y es de 220V. No podemos hablar de un valor fijo de tensión o de corriente pues el cambio de la polaridad y del valor es constante.

¿Qué significa entonces 220V?

Si tenemos en cuenta la tensión sinusoidal de la toma de energía de la red, vemos que lo cierto sería hablar de valores instantáneos, es decir: de la tensión que encontramos en cada instante, que depende del instante de cada ciclo considerado. Podemos encontrar tanto un mínimo negativo como un máximo positivo, o cero, según el instante dado.

Es claro que a los efectos prácticos, eso no tiene mucho sentido. Es así que, para medir tensiones y corrientes alternas es preciso establecer una manera que nos dé una idea del efecto promedio o real obtenido. Esto puede entenderse de la siguiente manera:

Si alimentamos una lámpara común con tensión alterna en los instantes en que la corriente circula por el filamento, en un sentido o en otro, se produce el calentamiento y la lámpara se enciende. El efecto es el mismo que tendríamos si la alimentáramos con una tensión continua de determinado valor.

¿Cuál sería ese valor?

Si comparamos el gráfico que representa la circulación de corriente continua por un circuito y el gráfico que representa la circulación de una corriente alterna, la superficie cu-

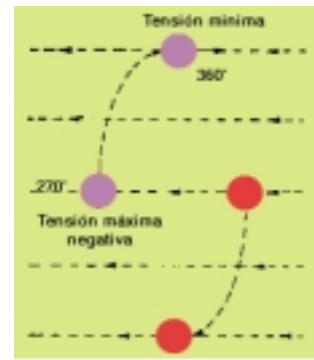
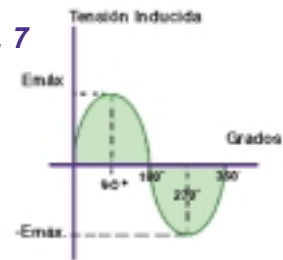


Fig. 7



bierta en un intervalo se relaciona con la cantidad de energía que tenemos a disposición. Entonces nos basta hacer la pregunta siguiente para tener la respuesta a nuestro problema:

¿Cuál debe ser el valor de la tensión continua que nos produce el mismo efecto que determinada tensión alterna?

En la figura 9 vemos que, si la tensión alterna llega a un valor máximo X , el valor que la tensión continua debe tener para producir el mismo efecto se consigue dividiendo X por la raíz cuadrada de 2, o sea: 1,4142. El valor máximo alcanzado en un ciclo (el mínimo también) se llama valor de pico, mientras que el valor que produce el mismo efecto, se llama **valor eficaz o r.m.s. ("root mean square")**. Para la red de 220V, los 220V representan el valor r.m.s. Existen instantes en que la tensión de la red llega a 220V multiplicados por 1,4142 y así obtenemos que el valor pico es 311,12V.

Este valor se logra dividiendo el promedio de todos los valores en cada instante del semiciclo, o sea la mitad del ciclo completo, pues si entran en el cálculo valores negativos, el resultado sería cero (figura 10). Podemos entonces resumir los "valores" en la forma siguiente:

VALOR PICO: es el valor máximo que alcanza la tensión o la corriente

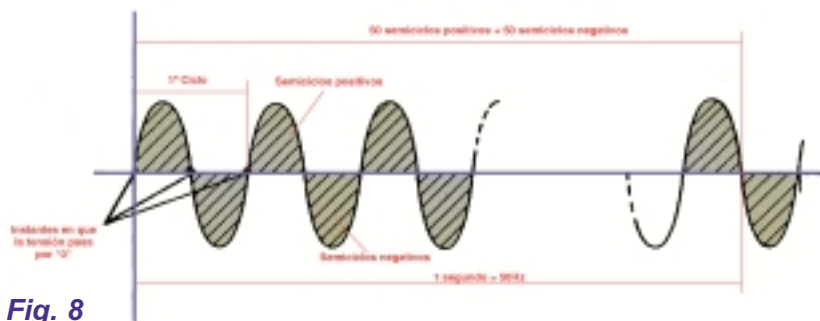


Fig. 8

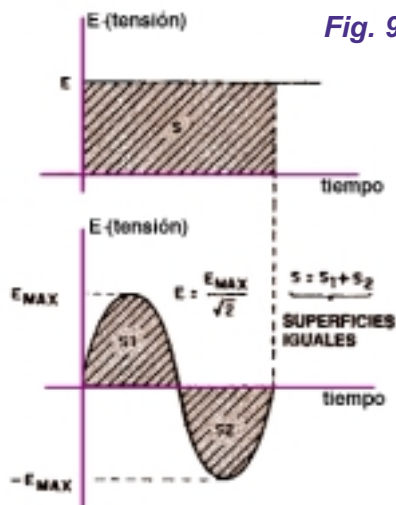


Fig. 9

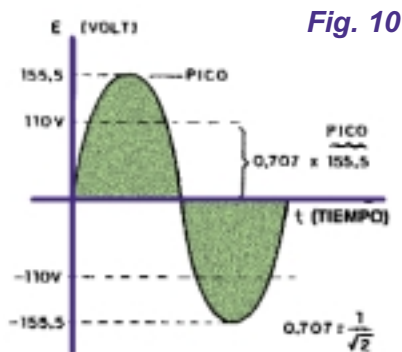
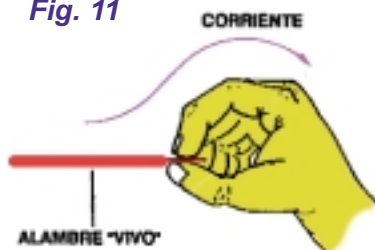


Fig. 10

en un ciclo, pudiendo ser tanto negativo como positivo. Es un valor instantáneo, es decir, aparece en un breve instante en cada ciclo de corriente o tensión alternada.

VALOR EFICAZ O R.M.S.: es el valor que debería tener la tensión o corriente si fuese continua para que se obtuvieran los mismos efectos de energía.

Fig. 11



VALOR MEDIO: obtenemos este valor dividiendo la suma de los valores instantáneos de un semiciclo por su cantidad, o sea: sacamos la media aritmética de los valores instantáneos en un semiciclo.

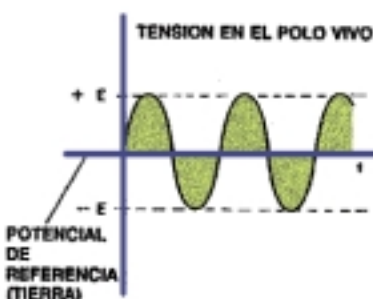
No podemos hablar de polaridad para una tensión alterna, ya que cambia constantemente. Una corriente de cualquier carga conectada a un generador de corriente alterna invierte su sentido en forma constante. En el caso de la red, sabemos que uno de los polos "produce shock" y el otro, no. Eso nos lleva a las denominaciones de polo vivo y polo neutro.

¿Qué sucede entonces?

Si tenemos en cuenta que el generador de energía de las compañías tiene uno de los cables conectado a tierra, que se usa como conductor de energía, resulta fácil entender lo que ocurre.

Al estar en contacto con la tierra, cualquier objeto, en cualquier instante, tendrá el mismo potencial del polo generador conectado a tierra que es entonces la referencia. Este es el polo neutro, que tocado por una persona no causa shock porque estando al mismo potencial no hay circulación de corriente.

La tensión varía alrededor del valor del polo de referencia según la sinusoide del otro polo. Es así que en relación al neutro, el otro polo, es decir el polo vivo, puede estar positivo o negativo, 50 veces por segundo. Al



tocar el polo vivo (figura 11), habrá una diferencia de potencial respecto de tierra (variará 50 veces por segundo), pero ella puede causar la circulación de una corriente eléctrica y producir el shock eléctrico.

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA CORRIENTE ALTERNA

Los lectores deben acostumbrarse a la representación de fenómenos de naturaleza diversa mediante gráficos.

Cuando se tiene un fenómeno que ocurre de manera dinámica, una magnitud varía en función de otra; por ejemplo, en el caso de la corriente alterna, la intensidad de la corriente o la tensión son las que varían con el tiempo.

Para representar esas variaciones hacemos un gráfico de tensión versus tiempo ($V \times t$) como muestra la figura 12. Colocamos, entonces, en el eje vertical (Y) los valores de tensión, graduamos este eje en la forma adecuada y en el eje horizontal (X) colocamos los valores del tiempo (t), graduamos también el eje en forma adecuada. Después definimos cada punto del gráfico como un par de valores (X e Y), dado por el valor de la tensión en un determinado instante. Para el caso de la tensión alterna, si dividimos el tiempo de un ciclo (1/50 de segundo) en 100 partes, por ejemplo, podemos determinar 100 puntos que unidos darán la curva que representa la forma de onda de esta tensión.

Es claro que el gráfico ideal se obtiene con infinitos puntos pero eso no siempre es posible.

Mientras, por distintos procedimientos podemos tener una aproximación que haga continua la curva y se obtenga así un gráfico (curva) ideal. A partir de esta representación podemos entonces obtener el valor instantáneo de la tensión en cualquier momento y del mismo modo, dado el valor podemos encontrar el instante en que se produce.

REACTANCIA

Los capacitores e inductores presentarán una propiedad denominada

Fig. 12



cuando la corriente se desconecta. Ya estudiamos ampliamente los fenómenos que se producen en esos instantes.

Pero, ¿qué sucedería si se conectara el inductor o el capacitor a un circuito de corriente alterna en el que la tensión varía con rapidez, en forma repetitiva? ¿Qué fenómenos importantes se producirían?

REACTANCIA CAPACITIVA

da "reactancia" cuando se los somete al paso de una corriente alterna

Si se conecta un capacitor a un generador de corriente continua, como una pila, por ejemplo, una vez que cierta cantidad de cargas fluya a sus armaduras y se cargue, desaparece cualquier movimiento de esas cargas y la corriente en el circuito pasa a ser indefinidamente nula.

En esas condiciones, el capacitor está totalmente cargado, posee una resistencia infinita y no deja circular la corriente.

Por otra parte, si conectamos al mismo generador un inductor ideal (que no presenta resistencia en el alambre del cual está hecho) una vez que la corriente se haya establecido y el campo magnético adquiera la intensidad máxima, no encontramos efecto alguno de inductancia. Las cargas podrán fluir con la intensidad máxima como si el inductor no existiera.

La presencia del capacitor y del inductor en un circuito de corriente continua es importante sólo en el instante en que ocurren variaciones: cuando la corriente se establece o

Vamos a empezar con el capacitor, lo conectamos, por ejemplo, a un circuito de corriente alterna de 50 hertz, de la red. Durante el primer cuarto del ciclo, cuando la tensión aumenta de cero a su valor máximo, el capacitor se carga con la armadura A positiva y la B negativa. Eso sucede en un intervalo de 1/200 de segundo. En el segundo cuarto, cuando la tensión cae a cero desde el valor máximo, se invierte la corriente en el capacitor y se descarga. En el tercer cuarto se invierte la polaridad de la red de manera que la corriente de descarga continúa en el mismo sentido pero carga positivamente la armadura B. El capacitor invierte su carga hasta un valor máximo. En el último cuarto, cuando la tensión vuelve a caer a cero, la corriente se invierte y la carga del capacitor cae a cero.

En la figura 13 tenemos la representación del proceso que ocurre en un ciclo y que se repite indefinidamente en cada ciclo de alimentación. Como se tienen 50 ciclos en cada segundo, el capacitor se carga y descarga positivamente primero y luego negativamente, 50 veces por segundo.

Al revés de lo que ocurre cuando la alimentación es con corriente continua, en la que, una vez cargado, cesa la circulación de corriente; con corriente alterna ésta queda en forma permanen-

te en circulación por el capacitor, carga y descarga con la misma frecuencia de la red. La intensidad de la corriente de carga y descarga va a depender del valor del capacitor y también de la frecuencia de la corriente alterna.

Cuanto mayor es la capacidad del capacitor, mayor será la intensidad de la corriente (la corriente es entonces directamente proporcional a la capacidad) y cuanto mayor sea la frecuencia, mayor será la intensidad de la corriente (la corriente también es proporcional a la frecuencia). Entonces se verifica que el capacitor, alimentado con corriente alterna, se comporta como si fuese una "resistencia" y permite mayor o menor circulación de corriente en función de los factores explicados antes.

Como el término "resistencia" no es el adecuado para el caso pues no se trata de un valor fijo, como en el caso de los resistores, sino que varía con la frecuencia y no es sólo inherente al componente, se prefiere decir que el capacitor presenta una "reactancia" y en el caso específico del capacitor, una "reactancia capacitiva" (abreviada Xc).

Podemos, entonces, redefinir la reactancia capacitiva así:

"Se denomina reactancia capacitiva (Xc) a la oposición que un capacitor ofrece a la circulación de una corriente alterna."

Para calcular la reactancia capacitiva, se tiene la fórmula siguiente:

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot f \cdot C} \quad (1)$$

Donde,

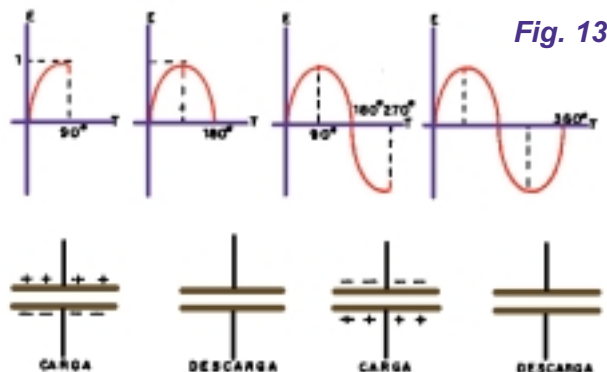
Xc es la reactancia medida en ohm.

3,14 es la constante pi (π)

f es la frecuencia de la corriente alterna en hertz.

C es la capacidad del capacitor en farad.

El valor "2 . 3,14 . f" puede representarse con la letra omega (ω) y este valor se llama "pulsación". La fórmula de la reactancia capacitiva



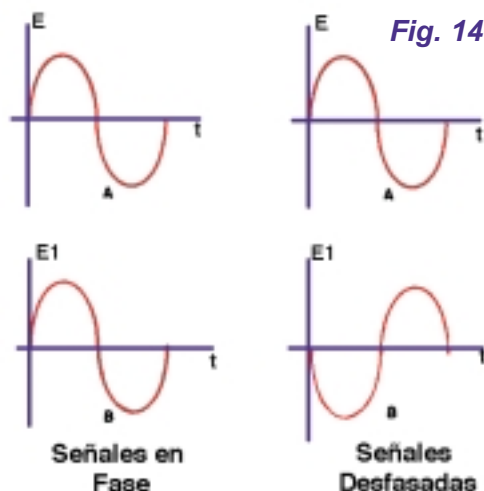


Fig. 14

queda entonces:

$$X_c = \frac{1}{\omega \cdot C} \quad (2)$$

* La reactancia capacitiva es menor cuanto más alta es la frecuencia, para un capacitor de valor fijo.

Puede decirse que los capacitores dejan pasar con más facilidad las señales de frecuencias más altas.

* La reactancia capacitiva es menor en los capacitores de mayor valor, para una frecuencia constante. Puede decirse que los capacitores mayores ofrecen menos oposición al pasaje de las corrientes alternas.

Fase en un Circuito Capacitivo=

Dos señales pueden estar en **fasas diferentes** o en concordancia de fase, conforme sus formas de onda coincidan por superposición en un instante dado y siempre que tengan la misma frecuencia (figura 14).

Podemos hablar también de la diferencia de fase entre dos señales de corriente alterna y entre una corriente alterna y una tensión si llegarán a los puntos de máximo (o de mínimo) en distintos instantes.

Esta diferencia entre los instantes nos da la diferencia de fase que puede expresarse con un ángulo como muestra la figura 14.

Si dos señales estuvieran en concordancia de fase, es evidente que la diferencia sería cero. Si la diferencia fuera de 90 grados, diremos que las señales están en cuadratura y si fuera de 180 grados, diremos que las

señales están en oposición de fase.

Conectando un resistor en un circuito de corriente alterna, es evidente que siendo la tensión la causa y la corriente el efecto, deben estar en concordancia de fase, es decir, cuando la tensión aumenta, la corriente debe aumentar en la misma proporción. Pero si conectamos un capacitor en un circuito de corriente alterna, las cosas no suceden de este modo.

Si consideramos un capacitor de capacidad C conectado a un generador de corriente alterna cuya tensión esté dada por $E = E_o \sin \omega t$, veremos que la diferencia de potencial entre las placas del capacitor varía con el tiempo.

La corriente estar ADELANTADA 90 grados respecto de la tensión.

REACTANCIA INDUCTIVA

Quando conectamos un inductor de inductancia L a un generador de corriente alterna, durante el primer cuarto del ciclo, la tensión sube a cero hasta el valor máximo que corresponde a una variación a la que el inductor se opone. En estas condiciones, comienza a circular una corriente por el inductor que crea el campo magnético, hasta su máximo. En el segundo cuarto, la tensión cae a cero lo que también es una variación a la que el inductor se opone. En estas condiciones, comienza a circular una corriente por el inductor que crea el campo magnético, hasta su máximo. En el segundo cuarto, la tensión cae a cero lo que también es una variación a la que el inductor se opone. Pero aun así, el campo magnético se contrae hasta desaparecer. En el tercer cuarto, la tensión invierte su polaridad y aumenta de valor hasta un máximo negativo; variación a la que el inductor se opone pero lo hace esta-

bleciendo un campo magnético que se expande. Finalmente, en el último cuarto, encontramos oposición del inductor a la circulación de la corriente. Las líneas de fuerza se contraen durante este cuarto de ciclo.

En realidad, según veremos va a existir un pequeño atraso en esta retracción de las líneas.

Lo importante es observar que mientras en el circuito de corriente continua, una vez establecido el campo, la resistencia (oposición) desaparecía y la corriente circulaba libremente, en este caso la oposición es permanente.

En la figura 15 se ve la representación de este proceso.

Vea entonces que se establece un campo magnético alterno en el inductor que varía constantemente en intensidad y polarización.

La oposición constante manifestada por el inductor a las variaciones de la tensión va a depender tanto de la inductancia como de la frecuencia de la corriente.

Cuanto mayor sea la inductancia, mayor será la oposición a la circulación de la corriente.

El inductor también se comporta como una "resistencia" a la circulación de la corriente alterna, pero el término resistencia tampoco cabe en este caso pues no es algo inherente sólo al componente sino también a las características de la tensión aplicada.

Nos referimos entonces a **reactancia inductiva**, representada por X_L , como la oposición que un inductor presenta a la circulación de una corriente alterna. La reactancia inductiva se mide en ohms como la reactancia capacitiva y puede calcularse mediante la siguiente fórmula

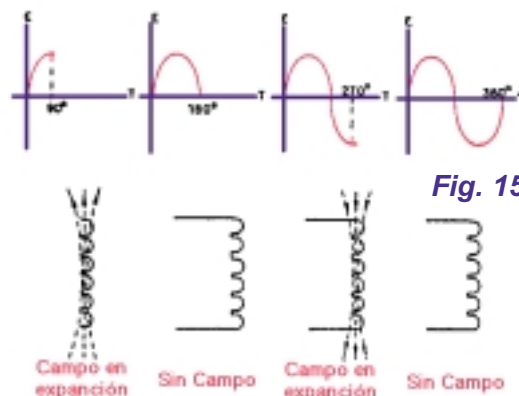


Fig. 15

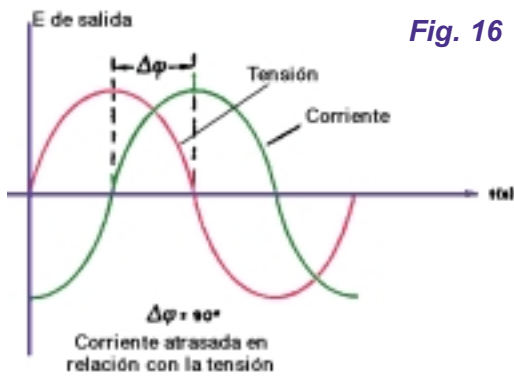


Fig. 16

cuencia. Puede decirse que los inductores ofrecen una oposición mayor a las corrientes de frecuencias más altas.

* la reactancia inductiva es mayor para los inductores de mayor valor para una frecuencia determinada. Los inductores de mayor valor ofrecen una oposición mayor a la circulación de corrientes alternas.

continuas puras, continuas pulsantes y alternas con diversas formas de onda. En el caso específico de los aparatos de sonido, por ejemplo, las formas de onda son "retrasos" del sonido que debe reproducirse y que aparecen en una amplia variedad de formas de onda y de frecuencias.

Las corrientes con que trabajan los circuitos —amplificadoras, productoras, reproductoras o captadoras— se denominan señales. Encontramos, en los circuitos electrónicos, señales que pueden ser desde simples corrientes continuas hasta señales cuyas frecuencias pueden llegar a centenas de millones de hertz.

¿Es importante conocer las fórmulas solamente o saber deducirlas?

La deducción de una fórmula se hace para demostrar su validez, mediante la descripción de un fenómeno y de un raciocinio lógico. En la deducción de algunas de las fórmulas que presentamos, utilizamos el cálculo diferencial e integral, que el lector no necesita conocer. En estos casos, aunque la deducción no se comprenda bien, bastará que el lector sepa la fórmula pues le será de utilidad en cálculos futuros.

Sugerimos que los lectores que

la:

$$X_L = 2 \cdot 3,14 \cdot f \cdot L \quad (3)$$

Donde:

X_L es la reactancia inductiva en ohms

$3,14$ es la constante pi (π)

f es la frecuencia de la corriente alterna en hertz.

L es la inductancia en henry.

Como la expresión " $2 \cdot 3,14 \cdot f$ " puede expresarse como " ω " (pulsación), podemos escribir:

$$X_L = \omega \cdot L \quad (4)$$

Tenemos finalmente las propiedades de los inductores en los circuitos de corriente alterna:

* La reactancia inductiva es tanto mayor cuanto mayor sea la fre-

Fase en el Circuito Inductivo

Si conectamos un inductor a un circuito de corriente alterna, la corriente no estará en fase con la tensión.

* La corriente tiene la misma frecuencia que la tensión.

* La corriente tiene su fase atrasada 90 grados ($\pi/2$) en relación a la tensión.

El gráfico de la figura 16 muestra lo que ocurre con la tensión respecto de la corriente.

QUE ES UNA SE AL?

En los circuitos electrónicos aparecen corrientes de distintos tipos:

Tiristores y Otros Dispositivos de Disparo

tengan dificultades con matemáticas y que deseen profundizar sus estudios de electrónica, estudien algo más de esa ciencia importante.

LOS TIRISTORES

Los tiristores funcionan como una especie de interruptor del control electrónico y se emplean precisamente para controlar grandes corrientes de carga en motores, calentadores, sistemas de iluminación y demás circuitos similares. Internamente están conformados por cuatro capas de material semiconductor; algunas de sus secciones se conectan de manera externa a terminales conductoras.

RECTIFICADOR CONTROLADO DE SILICIO

CIO

El SCR o Rectificador Controlado de Silicio, es un dispositivo semiconductor de cuatro capas con tres terminales externas llamadas **c todo**, **nodo** y **compuerta**; cada una de éstas se encuentra conectada a una sección del semiconductor.

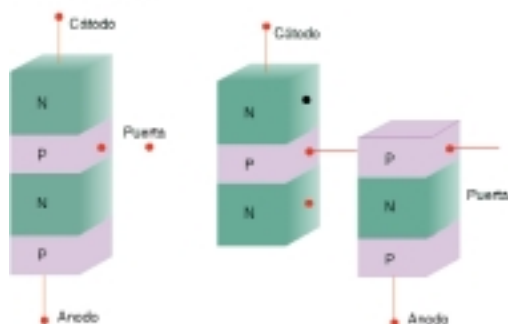
Un SCR se comporta como un interruptor; al aplicarle la alimentación por primera vez, se encontrará abierto; pero si se aplica un pulso de disparo a la terminal compuerta, se cerrará (permitiendo así que la corriente eléctrica lo atraviese). Esto es, si el SCR se conecta en serie con una batería y un resistor, el dispositivo resultante será considerado como un diodo en

polarización directa; esto significa que se mantiene en estado de no-conducción. Para que el dispositivo inicie la conducción, es necesario un pequeño pulso de tensión en el terminal **compuerta**; esto lo mantendrá en conducción, a menos que la corriente que lo atraviesa disminuya por debajo de un cierto valor crítico (figura 1).

El circuito equivalente del SCR se comporta como un interruptor abierto, cuando se polariza con una batería VCC y en serie con una resistencia de carga RC. Como los transistores no están polarizados correctamente, no conducen; en consecuencia, no circula corriente eléctrica a través del circuito. Para que la corriente fluya, se necesita aplicar un pulso de dis-

Para comprender mejor el funcionamiento del SCR, lo podemos dividir en dos partes; el circuito parece estar formado por dos transistores: un PNP y un NPN. Por lo que el circuito equivalente para un SCR se forma con dos transistores.

Estructura básica



Circuito equivalente

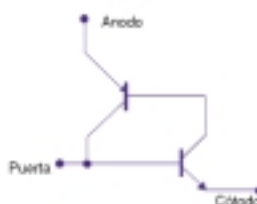


Fig. 1

Circuito equivalente del SCR en estado de no-conducción

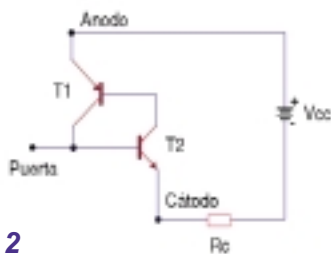


Fig. 2

Y su polarización del disparo a la terminal compuerta



paro a la terminal compuerta; puede ser aplicado por medio de una batería VP. La batería polariza di-

rectamente la unión Base-Emisor del transistor T2, poniéndolo así en estado de saturación. La corriente de colector de T2 ingresa a la base del transistor T1, polarizando también la unión Emisor-Base; esto provoca que T1 esté en saturación (figura 2).

Si se dan las condiciones arriba señaladas, el voltaje de VP ya no será necesario; por lo que al retirar éste, el circuito se mantendrá en conducción. La corriente de colector de T2 mantiene polarizada directamente la unión Base-Emisor de T1; a su vez, la corriente de colector de T1 mantiene la polarización directa de la unión Base-Emisor de T2. Cuando esto sucede, el dispositivo se comporta como un interruptor cerrado. Desconectando la alimentación de la fuente Vcc el SCR

va al estado de corte. Otra forma de hacer que el circuito se "abra", consiste en aplicar un pulso negativo a la compuerta (base de T2).

INTERRUPTOR CONTROLADO DE SILICIO

El interruptor controlado de silicio o SCS (**Silicon Controlled Switch**), es una versión modificada del SCR; está formado por cuatro capas de material semiconductor dopado, donde cada una de las secciones se conecta a una terminal. Este dispositivo se comporta de manera similar al SCR, con la diferencia de que puede ser disparado por medio de cualquiera de las dos compuertas (ánodo y cátodo); además, está diseñado para trabajar con corrientes eléctricas pequeñas del orden de los miliamperes (figura 3).

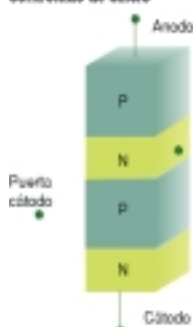
FotoSCR (fig. 4a)

Es un dispositivo con tres terminales; su encapsulado en la parte superior dispone de una lente que permite el paso de la luz, para iluminar el semiconductor que forma al fotoSCR. La luz incidente en el semiconductor provoca la liberación de los electrones en la compuerta. Estos electrones forman una corriente eléctrica suficiente para lograr que el fotoSCR conmute al estado de conducción, si es que el dispositivo se encuentra en polarización directa.

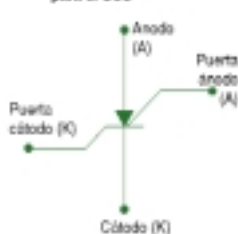
Diodo de Cuatro Capas (fig. 4b)

El **diodo Shockley** o diodo de cuatro capas conduce la corriente cuando se le aplica una tensión de polarización en sentido directo. La estructura de este dispositivo es de cuatro capas de material semiconductor, en cuyos extremos se ha colocado un par de terminales externas. Se considera un diodo, porque dispone de dos terminales (no confundir con el diodo *Schottky*); también se le conoce como diodo PNP. La única forma de hacer que el diodo deje de conducir, es reduciendo la corriente que lo atraviesa hasta un valor inferior a la corriente de mantenimiento (valor mínimo de corriente requerido para que el dispositivo se mantenga en estado de

Estructura interna de un interruptor controlado de silicio



Símbolo esquemático para el SCS



Circuito equivalente del SCS a transistores

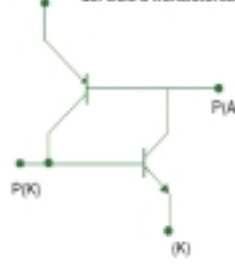
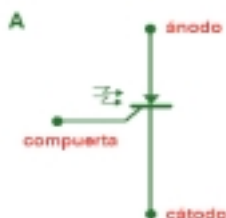
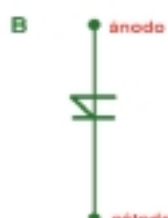


Fig. 3

Símbolo del FotoSCR



Símbolo del Diodo de 4 Capas



Símbolo del SUS



Fig. 4

conducción).

SUS (fig. 4.c)

El interruptor unilateral de silicio o SUS (**Silicon Unilateral Switch**), es un dispositivo que permite el paso de la corriente eléctrica en un solo sentido cuando la tensión aplicada a sus terminales en sentido directo supera cierto valor. Es muy parecido al diodo *Shockley*, con la diferencia que posee un terminal extra de disparo con la que se controla la condición de disparo en la que opera. Un SUS opera con valores de tensión y corriente eléctrica bajos.

TRIAC

El TRIAC es un dispositivo semiconductor bidireccional con tres terminales; o sea, puede conducir la corriente eléctrica en ambos sentidos. Las terminales ánodo y cátodo se han cambiado por MT1 y MT2, que es la abreviatura de Terminal Principal 1 y Terminal Principal 2.

El circuito equivalente para el TRIAC se puede formar con dos SCR en paralelo, pero con sus polaridades invertidas (figura 5). Cuando se aplica el pulso de activación en el terminal compuerta, no importa la polaridad aplicada a las terminales MT; la razón, es que uno de los dos SCR se encontrará polarizado directamente y conducirá.

Si el SCR1 se encuentra polarizado en forma inversa y el SCR2 en forma directa cuando se aplica el pulso a la compuerta G, solamente este último conducirá. Si se invierte la polaridad de la batería y se aplica el pulso de disparo nuevamente en la compuerta G, sólo el SCR1 conducirá.

El efecto total del dispositivo es el de permitir el paso de la corriente eléctrica, independientemente de la polaridad de la tensión apli-

cada en las terminales MT.

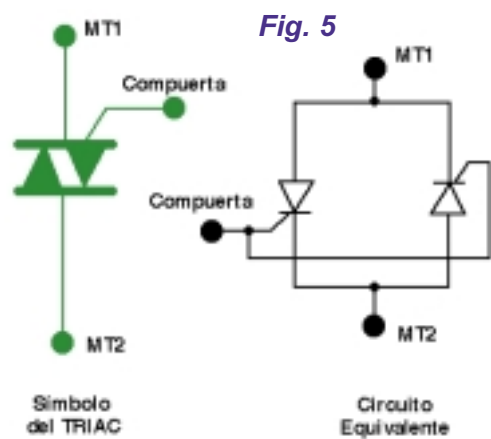
Los parámetros a considerar cuando se elige un TRIAC, son iguales a los utilizados para el SCR; la única diferencia es que el VRRM o voltaje inverso no existe en el caso de los TRIAC's, debido a que no importa la polaridad en sus extremos.

DIAC

El DIAC o diodo bidireccional de disparo (Diodo de Corriente Alterna, por su nombre en inglés) es un dispositivo semiconductor muy parecido al diodo *Shockley*, con la diferencia de que permite el paso de la corriente eléctrica en ambos sentidos; también tiene un valor de voltaje de conducción (*breakover*) que es el mismo en ambos sentidos. El circuito equivalente del DIAC es un par de diodos *Shockley* en paralelo, pero con polaridades opuestas. Cuando se aplica una tensión en los extremos del DIAC, éste se mantiene en estado de noconducción mientras no se supere la tensión nominal de conducción. Por ser un dispositivo de tipo bidireccional, es utilizado como disparador de compuerta en los TRIAC's.

SBS

Es un dispositivo de control para el disparo de la compuerta en TRIAC's. Tiene la propiedad de conducir la corriente eléctrica en ambos sentidos; cuando la tensión alcanza el valor de conducción, a diferencia de un DIAC, el SBS adquiere un voltaje de conducción mucho más pequeño. Está formado por un conjunto de dispositivos discretos, y se fabrica más bien como un circuito integrado; además, cuenta con una terminal extra llamada **compuerta** que proporciona mayor fle-



xibilidad en el disparo.

SIDAC

El disparador bilateral de alto voltaje o SIDAC, es un dispositivo electrónico de reciente aparición. Permite la manipulación de voltajes altos de disparo, lo que amplía la gama de aplicaciones de los dispositivos disparadores; de esta manera, se ahorran gastos en componentes extras que serían necesarios para ciertas clases de circuitos.

UJT

El UJT o transistor uniunión (*Unijunction Transistor*), es utilizado como dispositivo de disparo. Se trata de un elemento semiconductor de conmutación por ruptura, muy utilizado en circuitos industriales, temporizadores, osciladores, generadores de onda y como circuitos de control de compuerta para TRIAC y SCR. La zona P del emisor está altamente dopada, mientras que la zona N del semiconductor tiene un dopado pequeño. Cuando el emisor del transistor no se encuentra conectado a ningún circuito externo, la resistencia entre las terminales Base 1 y Base 2 es de unos 4,000 a 10,000Ω. Este dispositivo tiene la característica de presentar resistencia negativa; es decir, a un aumento de corriente se sucede una disminución de voltaje en las terminales del mismo. *****

**El Mundo de la
Electrónica**

Es una publicación de Editorial Quark, compuesta de 24 fascículos, preparada por el Ing. Horacio D. Vallejo, contando con la colaboración de docentes y escritores destacados en el ámbito de la electrónica internacional. Los temas de este capítulo fueron escritos por Horacio Vallejo y Oscar Montoya Figueroa.