

# Lección I

## Los componentes electrónicos

En la electrónica, como en cualquier otra tecnología o actividad que desarrollemos, resulta mucho más fácil comprender el funcionamiento de un sistema si conocemos la naturaleza y la función de cada uno de los elementos que lo conforman. Los componentes electrónicos son los elementos básicos de los circuitos; dentro de éstos, cada componente cumple una función específica dependiendo de su tipo y de la forma como esté conectado con los demás.





En la **figura 1.2** podemos observar un ejemplo de un sistema electrónico en el cual se muestran los principales componentes empleados en su ensamblaje y se describe brevemente su función. En las lecciones siguientes se tratarán a fondo éstos y otros componentes de uso común en electrónica.

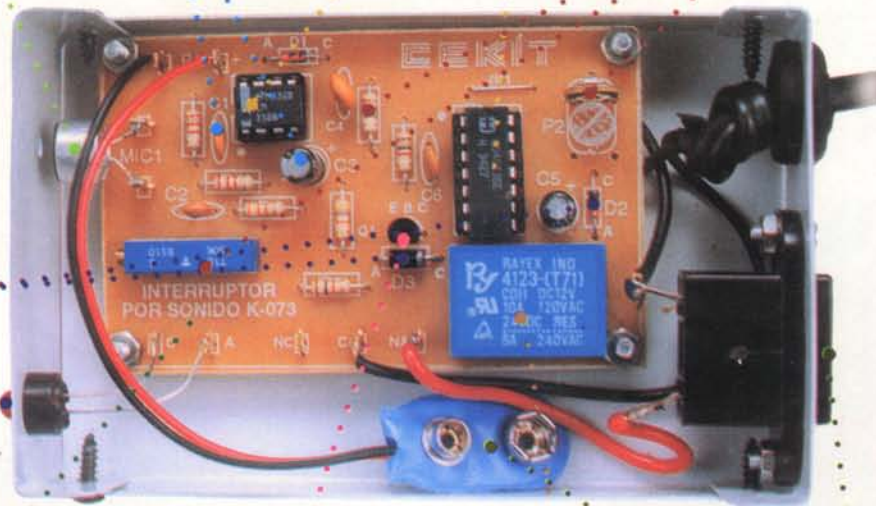
**TRANSDUCTORES:**  
convierten un tipo de energía en otra.

**CONDENSADORES:**  
almacenan energía eléctrica en forma temporal.

**CIRCUITOS INTEGRADOS:**  
reemplazan circuitos completos que se fabricaban con muchos componentes comunes, principalmente diodos y transistores.

**RESISTENCIAS:**  
se oponen al paso de la corriente.

**DIODOS:**  
permiten el paso de la corriente en una sola dirección.



**CIRCUITOS IMPRESOS:**  
interconectan los componentes de un circuito y los sostienen físicamente de manera estable.

**TRANSISTORES:** tienen dos funciones o aplicaciones principales. Como amplificadores de señales o como interruptores electrónicos.

**INTERRUPTORES:**  
permiten o interrumpen el paso de la corriente por un circuito.

**CONECTORES:**  
permiten la entrada y salida de señales hacia todos los dispositivos electrónicos

Figura 1.2. Principales componentes electrónicos



## Clasificación de los componentes electrónicos

Básicamente todos los componentes electrónicos están clasificados dentro de dos grandes grupos, **componentes pasivos** y **componentes activos**; y estos a su vez pueden dividirse en otros grupos, dependiendo de sus características de funcionamiento.

Los **componentes pasivos** son aquellos que no pueden contribuir con la ganancia de energía o amplificación para un circuito o sistema electrónico. Éstos no tienen acción de control y no necesitan ninguna otra entrada más que una señal para ejecutar su función. A este grupo pertenecen las resistencias, los condensadores, las bobinas, los conectores, los interruptores y los conductores. Pueden dividirse en:

### Componentes pasivos lineales:

son llamados así porque se comportan linealmente con la corriente o el voltaje, es decir, si aumenta o disminuye el voltaje, la corriente también aumenta en la misma proporción y viceversa. A este grupo pertenecen las resistencias, los condensadores y las bobinas. **Figura 1.3**



Figura 1.3. Componentes pasivos lineales



Figura 1.4. Componentes electromecánicos

**Componentes electromecánicos:** son componentes pasivos que ejecutan funciones eléctricas simples a partir de movimientos mecánicos externos o internos. A este grupo también pertenecen los dispositivos que tienen funciones de soporte mecánico y de interconexión eléctrica. Podemos contar entre estos a los conducto-

res, los interruptores, los conectores y los circuitos impresos, entre otros. **Figura 1.4**

### Los componentes activos:

son aquellos que tienen la capacidad de controlar voltajes o corrientes y que pueden crear una acción de amplificación o de conmutación, ésta es el intercambio de una señal entre dos estados en el circuito al que pertenecen. Entre ellos tenemos los diodos, los transistores, los tiristores y los circuitos integrados, entre otros.

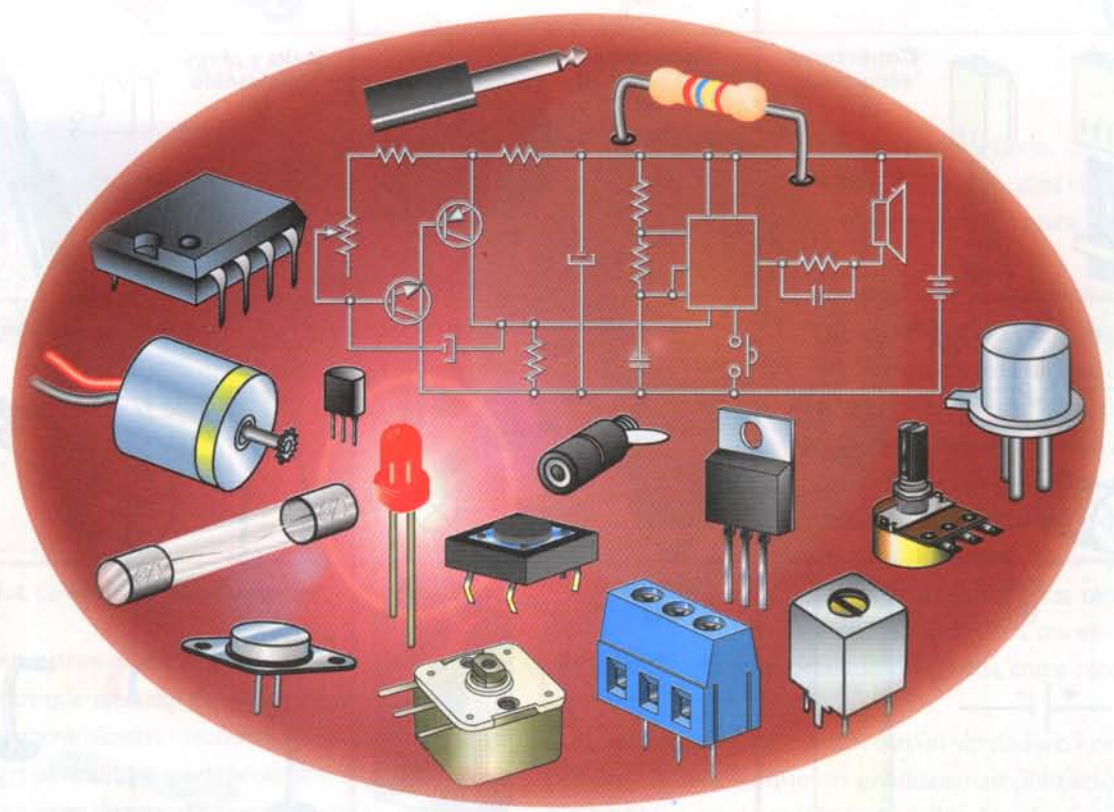
Los diodos no se consideran un verdadero componente activo ya que no producen amplificación. Sin embargo, están más relacionados con éstos por su naturaleza semiconductor.



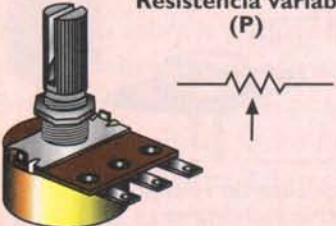
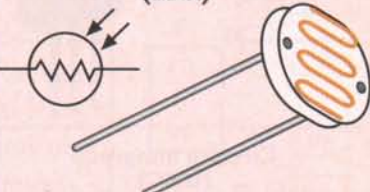
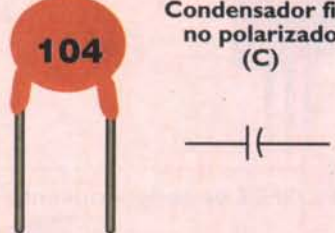
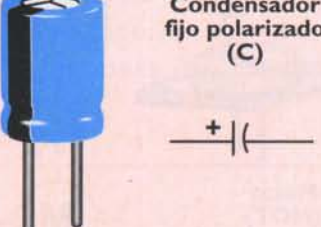
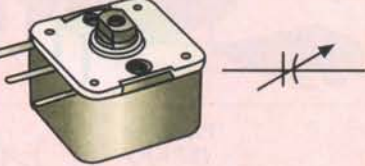
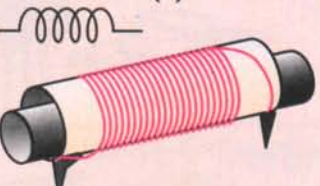
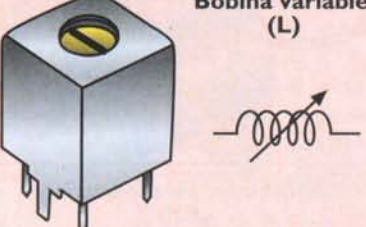

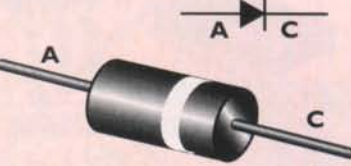
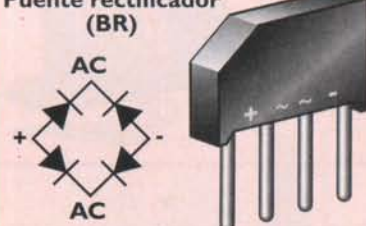
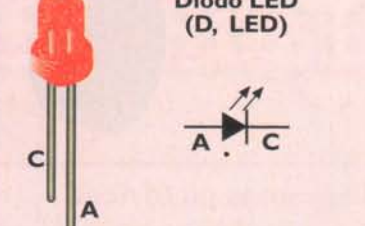
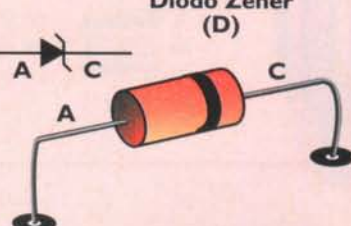
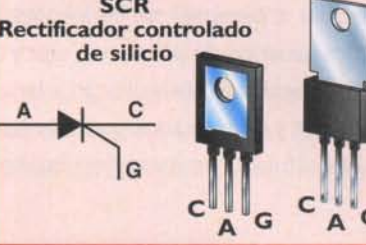
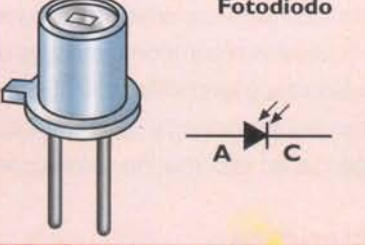
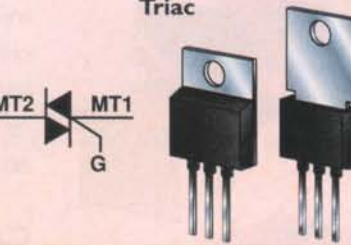
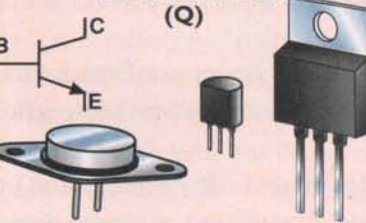
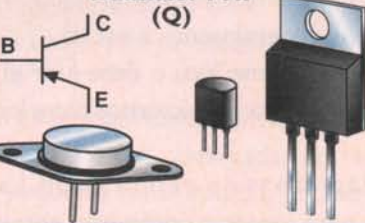
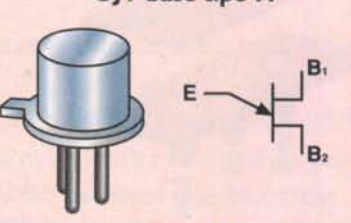
# Lección 2

## Símbolos y diagramas electrónicos

Debido a la necesidad de dibujar los componentes electrónicos agrupados formando circuitos, y teniendo en cuenta lo dispendioso y poco práctico que es el dibujarlos tal y como son en la realidad, se estableció la necesidad de representarlos mediante un símbolo gráfico universal que facilite las labores de diseño y elaboración de diagramas que se utilizan ampliamente para el estudio de esta tecnología, para la fabricación y reparación de los aparatos.





<p><b>Resistencia variable (P)</b></p> 	<p><b>Fotocelda (LDR)</b></p> 	<p><b>Condensador fijo no polarizado (C)</b></p> 
<p><b>Condensador fijo polarizado (C)</b></p> 	<p><b>Condensador variable (C)</b></p> 	<p><b>Bobina fija (L)</b></p> 
<p><b>Bobina variable (L)</b></p> 	<p><b>Transformador con núcleo de hierro (T)</b></p> 	<p><b>Diodo rectificador (D)</b></p> 
<p><b>Puente rectificador (BR)</b></p> 	<p><b>Diodo LED (D, LED)</b></p> 	<p><b>Diodo Zener (D)</b></p> 
<p><b>SCR Rectificador controlado de silicio</b></p> 	<p><b>Fotodiodo</b></p> 	<p><b>Triac</b></p> 
<p><b>Transistor NPN (Q)</b></p> 	<p><b>Transistor PNP (Q)</b></p> 	<p><b>UJT base tipo N</b></p> 



**Las guías de instalación de componentes.** Representan los componentes montados sobre la placa de circuito impreso o el tablero de conexiones (*proto-board*). En ellos los componentes pueden estar representados por su forma física real o su silueta. En la **figura 2.3** encontramos un ejemplo de este tipo, en el cual se muestra un mismo circuito montado sobre la placa impresa (a), y sobre el tablero de conexiones, (b).

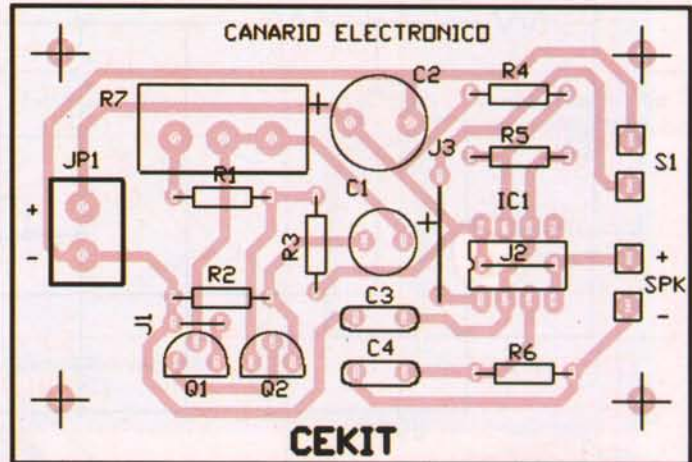


Figura 2.3a. Diagrama pictórico

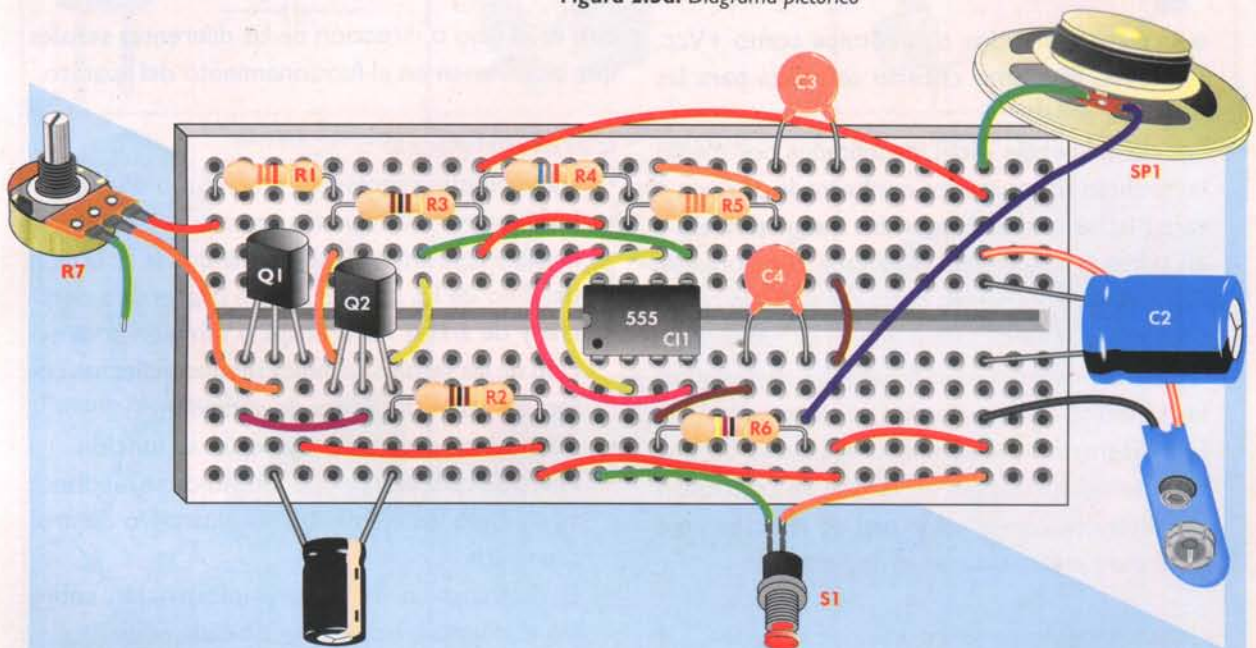


Figura 2.3b. Diagrama pictórico

### Los diagramas esquemáticos

Son el lenguaje universal de la comunicación en electrónica, puesto que son más explícitos, pequeños, fáciles de dibujar, ocupan menos espacio y son menos dispendiosos.

#### Características:

- Los componentes se representan mediante su símbolo.
- Los conductores o las conexiones entre componentes se representan mediante líneas rectas horizontales o verticales.
- Para indicar que dos o más líneas están conectadas entre sí, se dibuja un punto en su intersección.
- Para indicar que dos líneas cruzadas no están conectadas entre sí, simplemente no se coloca punto en la intersección o se dibuja un pequeño semicírculo o arco en una de las líneas que se cruzan.
- Para evitar saturar el diagrama con líneas y hacerlo más fácil de leer, cuando varias de ellas deben ir conectadas a las líneas de alimentación o de tierra se utilizan símbolos de tierra y puntas de flechas



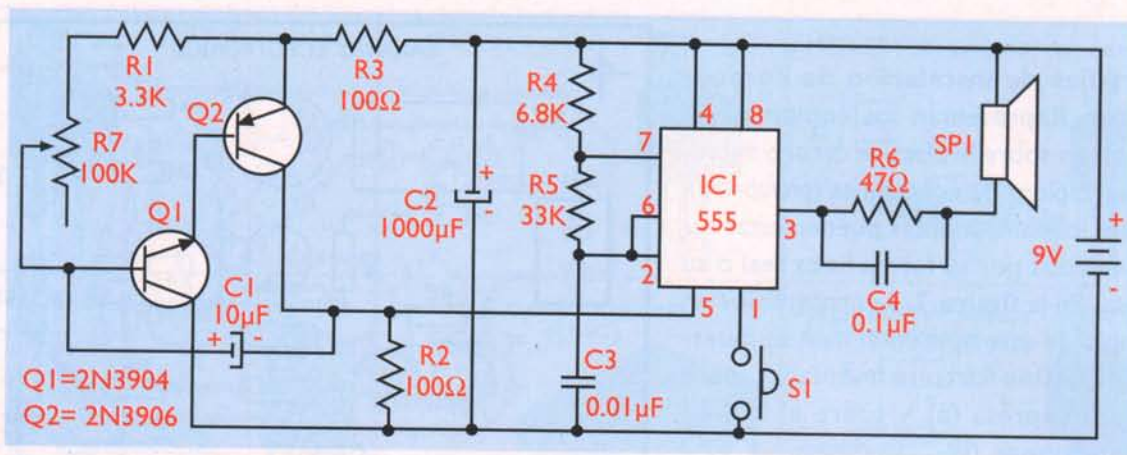


Figura 2.4. Diagrama esquemático

o círculos marcados con rótulos como +Vcc, +Vss, etc. El mismo criterio se utiliza para las líneas de señal.

- Los componentes están identificados por medio un símbolo alfa-numérico conformado por una o varias letras que correspondan a su naturaleza y un número que individualiza cada componente. Éste debe colocarse tan cerca del símbolo como sea posible y de tal forma que se pueda leer de izquierda a derecha. En la **figura 2.1** se muestran los símbolos más empleados en electrónica.
- Los diagramas deben ir acompañados de una lista de componentes en la cual se relacionan los símbolos con el valor real de ellos. Esto se hace para evitar saturar el diagrama.

Como ejemplo de lo anterior, en la **figura 2.4** se muestra el diagrama esquemático correspondiente al circuito representado en forma pictórica en la **figura 2.3**.

**Nota importante:** La ubicación de los componentes en el diagrama esquemático no indica necesariamente la posición real en el circuito, ni su símbolo está representado por el tamaño físico.

## Los diagramas de bloques

Representan en forma simplificada la forma como se relacionan los circuitos que componen un sistema, sin detallar su estructura interna. Se utilizan principalmente para clarificar el funcionamiento de un sistema, establecer cuáles circuitos lo conforman y

cuál es el flujo o dirección de las diferentes señales que intervienen en el funcionamiento del aparato.

## Características:

- Cada bloque representa un circuito o etapa.
- Los bloques están unidos entre sí por medio de líneas y colocados de tal forma que la dirección del flujo de las señales sea de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, o también la dirección de las señales se indica mediante flechas colocadas sobre las líneas de conexión.
- Cada etapa está marcada según su función.
- Fuera de cada bloque pueden indicarse mediante su símbolo los elementos de ajuste y/o control asociados.
- El diagrama no da ninguna información sobre los elementos empleados en cada etapa.

El diagrama de bloques es el primer paso para el diseño de un proyecto electrónico, pues para elaborarlo no es necesario poseer muchos conocimientos en electrónica; basta con saber lo que se quiere y analizar cada una de las funciones que cumple.

En la **figura 2.5** se muestra el diagrama de bloques del circuito que se representó anteriormente.

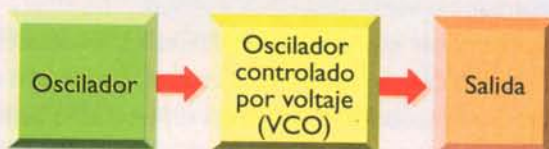


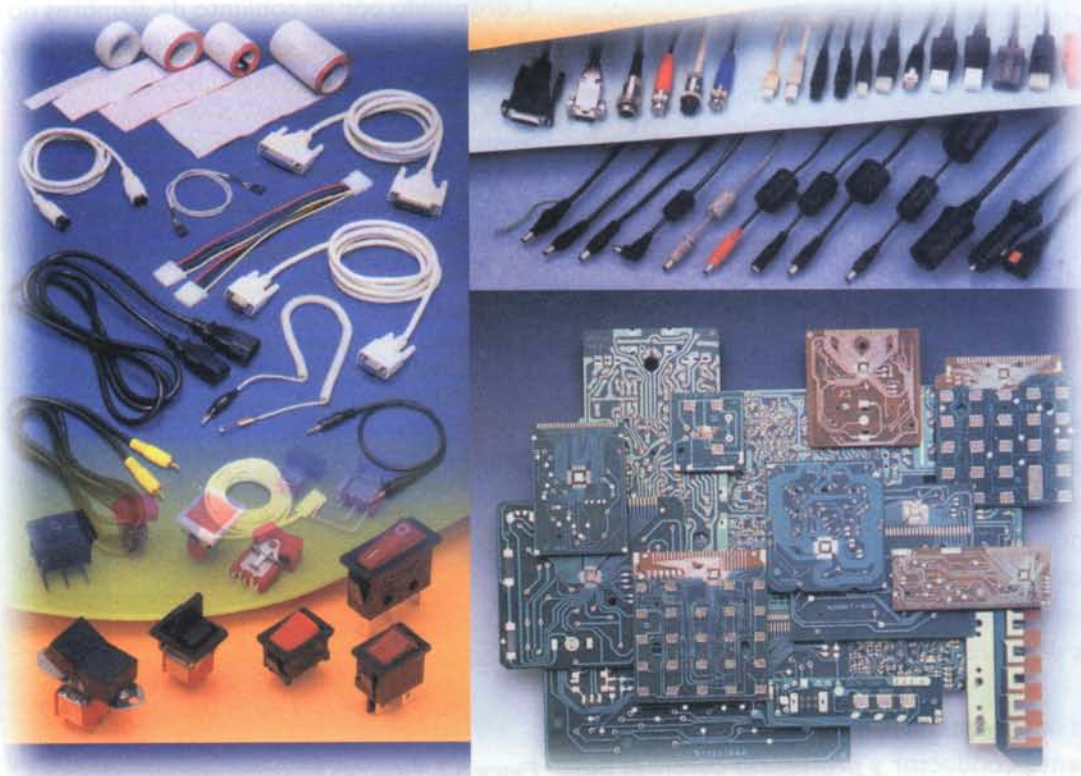
Figura 2.5. Diagrama de bloques

# Lección 3

## Los componentes electromecánicos

En esta lección estudiaremos en detalle los principales componentes electromecánicos utilizados en los sistemas y circuitos electrónicos, haciendo énfasis en los conductores eléctricos; los interruptores y los conectores. Para cada uno explicaremos sus símbolos, sus funciones y los principales tipos existentes en el mercado.

Estos componentes son muy importantes ya que permiten la interconexión interna y externa de los circuitos y sistemas, tanto eléctricos como electrónicos. Aunque su función es simple, es clave para su correcto funcionamiento, aunque algunas veces no se les da la importancia que se merecen.



## Los conductores eléctricos

Éstos pertenecen a la clasificación de los componentes electromecánicos, son dispositivos pasivos que efectúan funciones eléctricas simples, en este caso de interconexión entre componentes en un circuito eléctrico o electrónico, y transportan señales de voltaje o corriente de un punto a otro, sin pérdidas apreciables donde su característica más importante es su baja resistencia. Los mejores conductores son los metales, siendo el más utilizado el cobre; para aplicaciones muy especiales se utilizan, el oro, la plata y el aluminio.

Los conductores se usan en forma de alambre, cable, cordones, cables apantallados o blindados, cables multiconductores, y conductores en forma de trazos o líneas en las tarjetas de los circuitos impresos, que estudiaremos con mayor profundidad en la Lección 4.

En la actualidad muchos sistemas electrónicos han sustituido los cables metálicos convencionales por cables de fibra óptica, los cuales transportan señales eléctricas de un punto a otro en forma de pulsos de luz, en lugar de hacerlo por portadores de carga (electrones).

### Clasificación de los conductores eléctricos

Por su construcción realmente hay dos tipos principales:

#### Alambre

Constituidos por un solo hilo metálico de forma cilíndrica llamado alma, pueden estar desnudos o revestidos con una cubierta aislante. La parte conductora es metálica generalmente de cobre blanco recocido, aunque en algunos casos especiales se utilizan el oro y la plata en electrónica, y el aluminio para el transporte de la energía eléctrica a grandes distancias, por ser más liviano.

El fin del revestimiento es aislar eléctricamente el elemento conductor y protegerlo contra la hu-



Figura 3.1. Estructura básica del alambre

medad, la oxidación, el calor y otras condiciones externas, y la más importante, evitar que haga contacto con otros conductores.

Cuando no se utilizan conductores aislados es muy fácil crear accidentalmente condiciones de cortocircuito, las cuales, además de alterar el funcionamiento normal de los sistemas pueden llegar a ser catastróficas. El aislamiento también permite identificar las funciones de los conductores por su color y grabar sobre él los códigos de aislamiento, el número del conductor, el máximo voltaje de trabajo, la máxima temperatura de operación y otros datos que puedan interesar al usuario. **Figura 3.1**

#### Cable

Constituido por un conjunto de alambres no aislados entre sí. Puede estar revestido por una o varias capas de aislante. Se subdividen en dos grandes grupos:

**a. Cable formado por varios alambres gruesos enrollados en forma de hélice o trenza y se denominan trenzados.** Se utilizan para hacer conexiones permanentes no sometidas a flexiones, pero sí a trabajos pesados. Estos conductores se emplean en usos industriales para tareas donde se maneja mucha potencia. **Figura 3.2**



Figura 3.2. Estructura básica del cable trenzado

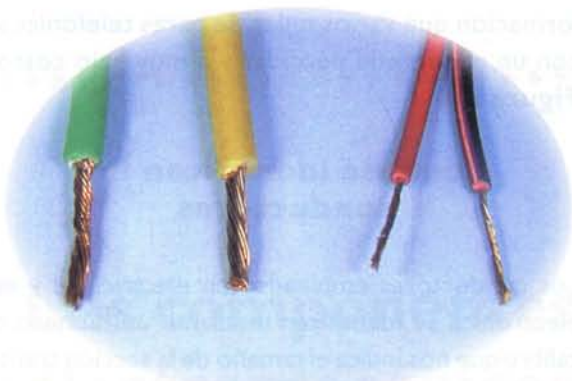


Figura 3.3. Cable multifilar

**b. Cable formado por varios alambres muy delgados, prácticamente hilos o filamentos denominado cable multifilar.** En electrónica el más utilizado es el multifilar sencillo con diferentes espesores y colores en el aislamiento. **Figura 3.3**

Hay otros importantes, dependiendo de sus características constructivas y las tareas para las cuales fueron diseñados, los más comunes son:

**Cables multiconductores:** están formados por varios alambres individuales, sólidos o multifilares aislados entre sí y envueltos en una chaqueta co-

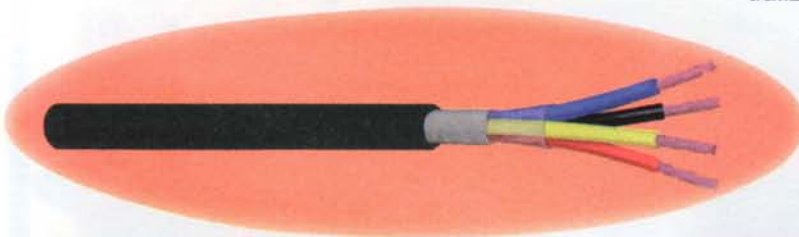


Figura 3.4. Cables multiconductores

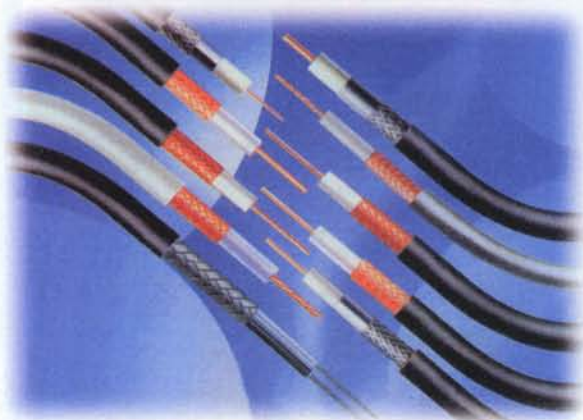


Figura 3.5. Cable coaxial o blindado

mún. El aislamiento de los alambres individuales es de diferente color para facilitar su identificación. Se emplean en comunicaciones, audio y computadoras, entre otros. **Figura 3.4**

**Cables coaxiales o blindados:** están formados por un conductor central o alambre multifilar rodeado por una cubierta de polietileno gruesa, llamada *dieléctrico*, sobre la cual se encuentra un segundo conductor trenzado en forma de malla, llamado *blindaje*. Se emplean en comunicaciones, vídeo y aplicaciones de alta frecuencia. **Figura 3.5**

**Cables ribbon o tipo cinta:** en la actualidad son muy utilizados. Están constituidos por varios conductores individuales dispuestos en forma de cinta y unidos por sus aislamientos. Se utilizan en computadoras, televisores en color, equipos de sonido, etc. Vienen formados por 10, 14, 16, 20 y hasta 60 cables al mismo tiempo y llevan en uno o en los dos extremos un conector especial enchufable. **Figura 3.6**

**Cordones de alimentación:** son llamados cables *duplex*, es decir, dos cables al tiempo pero aislado el uno del otro, terminan en clavijas moldeadas que se utilizan para energizar los aparatos desde el tomacorriente, en algunas extensiones, etc. Se diseñan muy flexibles para soportar las torceduras usuales cuando se manipulan productos portátiles. **Figura 3.7**

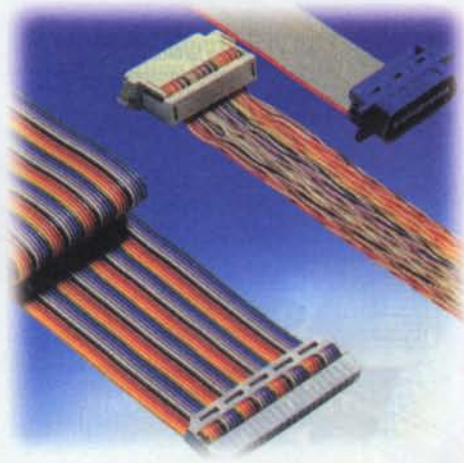


Figura 3.6. Cable ribbon o de cinta



Figura 3.7. Cables de alimentación

**Cables de fibra óptica:** transportan señales eléctricas de un punto a otro en forma de pulsos de luz. Están constituidos por:

- El núcleo o conductor óptico, es un hilo muy delgado de plástico o fibra de vidrio.
- La corteza, un anillo refractor de luz también de plástico o de fibra de vidrio.
- La chaqueta, una envoltura protectora de caucho o plástico.

Es muy utilizado en comunicaciones. Un solo cable de fibra óptica puede transportar más in-

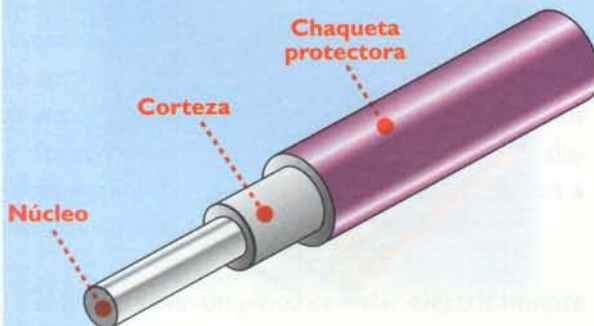
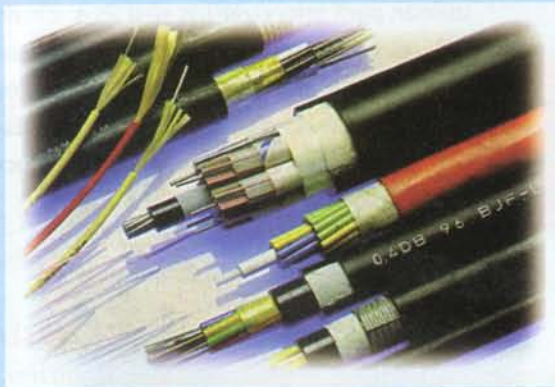


Figura 3.8. Cables de fibra óptica

formación que varios miles de pares telefónicos, con un mínimo de pérdidas y a muy bajo costo.

Figura 3.8

## Cómo se identifican los conductores

Los conductores empleados en electricidad y en electrónica se identifican mediante un número o calibre que nos indica el tamaño de la sección transversal en términos del diámetro y el área de la misma. **Figura 3.9**

En los países americanos se toma como referencia el sistema de numeración A.W.G. (*American Wire Gauge*). El rango de numeración del sistema A.W.G. se extiende desde el conductor número 40, que es el más delgado y tiene un diámetro de 0,079 mm hasta el número 0000 ó 4/0 (cuatro ceros) que es el más grueso, con un diámetro de 11,43 mm.

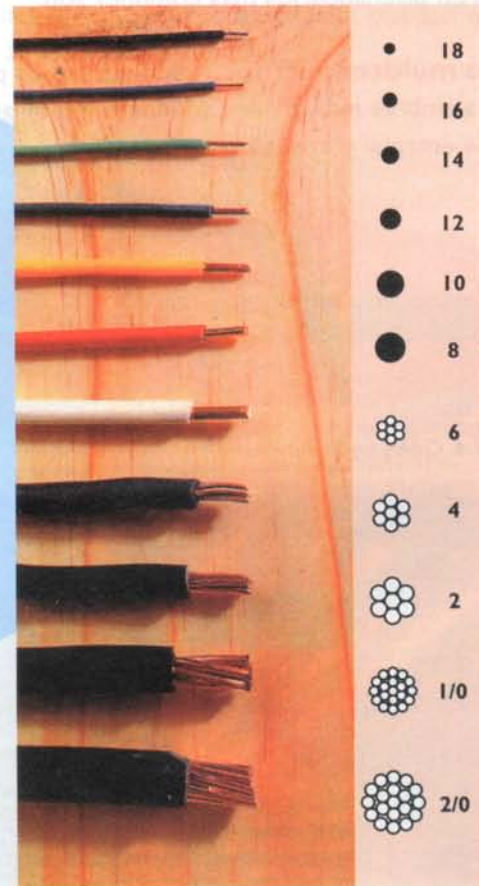


Figura 3.9. Calibre de los conductores

La cantidad máxima de corriente que puede transportar un conductor en forma segura, sin sobrecalentarse ni causar una excesiva caída de voltaje, se conoce técnicamente con el nombre de *ampacidad*, la cual se mide en amperios. La ampacidad depende principalmente del diámetro del material del conductor y del tipo de aislamiento. **Tabla I**

Por ejemplo, si observamos la tabla:

- Un calibre #40 soporta una corriente de 0,02 amperios.

- Un calibre #14 soporta una corriente de 15 amperios.
- Un calibre #4/0 soporta una corriente de 195 amperios.

Otra característica distintiva de los conductores, que se debe tener en cuenta al seleccionarlos para una determinada aplicación, es el tipo de aislamiento, que determina el máximo voltaje que puede manejar un alambre dado, en forma segura, así como las condiciones ambientales extremas (temperatura y humedad) en que puede trabajar.

## Los interruptores

Los interruptores son elementos que permiten, interrumpen o dirigen el paso de la señal eléctrica por un determinado circuito. Además de ser empleados para controlar la alimentación de los circuitos, existen otros modelos empleados en diversos usos.

Aunque la función de estos componentes parece bastante simple, en el momento de elegirlos debemos tener en cuenta una serie de parámetros de gran importancia, puesto que al interrumpir bruscamente una corriente eléctrica se producen ciertos fenómenos que debemos conocer y analizar. Debido a la poca atención que se presta en la elección y mantenimiento de estos componentes, son con frecuencia los causantes de los daños en los sistemas o equipos electrónicos.

### ¿Qué es un interruptor?

Los interruptores, en general, están formados por dos puntos o superficies conductoras fijas y un contacto móvil, que son conectados eléctricamente por un mecanismo de accionamiento que puede ser operado de diversas formas, ya sea por deslizamiento, por palanca, por

CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTORES DE COBRE SEGÚN LA NORMA A.W.G (American Wire Gauge)							
CALIBRE A.W.G M.C.M	DIAM.		SECCIÓN O ÁREA		PESO	RESIST.	AMPACIDAD
	En mm	En M.C.M	En mm <sup>2</sup>	En Kg/Km	En Ohm/Km a 20°C	En Amperios	
Ej.3 0000	11,68	211600	107,20	953,20	0,164	195	
000	10,40	167800	85,01	755,80	0,203	165	
00	9,26	133100	67,43	599,50	0,256	145	
0	8,25	105600	53,49	475,50	0,322	125	
1	7,34	83690	42,41	377,00	0,407	110	
2	6,54	66360	33,62	298,90	0,512	95	
3	5,82	52620	26,67	237,10	0,646	85	
4	5,18	41740	21,15	188,00	0,814	70	
5	4,62	33090	16,77	149,00	0,029	60	
6	4,11	26240	13,30	118,20	1,296	55	
7	3,66	20820	10,55	93,80	1,634	45	
8	3,26	16510	8,36	74,38	2,060	40	
9	2,90	13090	6,63	58,95	2,598	35	
10	2,58	10380	5,26	46,77	3,274	30	
11	2,30	8230	4,02	37,10	4,134	25	
12	2,05	6530	3,31	29,40	5,209	20	
13	1,82	5180	2,63	23,40	6,572	17,5	
Ej.2 14	1,62	4110	2,08	18,50	8,284	15	
15	1,45	3260	1,65	14,70	10,176	7,2	
16	1,29	2580	1,31	11,60	13,176	6	
17	1,15	2050	1,04	9,24	16,614	4	
18	1,02	1620	0,82	7,32	20,948	3,2	
19	0,91	1290	0,65	5,81	26,414	2,6	
20	0,81	1020	0,51	4,61	33,201	2,0	
21	0,72	812	0,41	3,66	41,9	1,62	
22	0,64	640	0,32	2,88	53,2	1,28	
23	0,57	511	0,25	2,30	66,6	1	
24	0,51	404	0,20	1,82	84,2	0,8	
25	0,45	320	0,16	1,44	106,0	0,64	
26	0,40	253	0,12	1,14	135,0	0,5	
27	0,36	202	0,10	0,909	169,0	0,4	
28	0,32	159	0,08	0,715	214,0	0,32	
29	0,28	128	0,064	0,575	266,0	0,26	
30	0,25	100	0,050	0,450	340,0	0,2	
31	0,22	79,2	0,040	0,357	430,0	0,16	
32	0,20	64	0,032	0,288	532,0	0,12	
33	0,18	50,4	0,025	0,227	675,0	0,1	
34	0,16	39,7	0,020	0,179	857,0	0,08	
35	0,14	31,4	0,015	0,141	1090,0	0,06	
36	0,12	25	0,013	0,013	1360,0	0,042	
37	0,11	20,2	0,010	0,091	1680,0	0,036	
38	0,10	16	0,008	0,072	2130,0	0,032	
Ej.1 39	0,08	12,2	0,006	0,055	2780,0	0,024	
40	0,07	9,61	0,004	0,043	3540,0	0,02	

Tabla I.

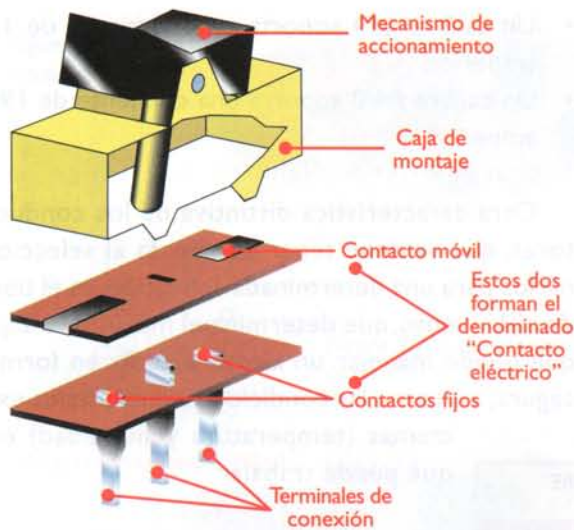


Figura 3.10. Estructura de un interruptor

presión, etc. y que forman el comúnmente llamado contacto eléctrico, figura 3.10. Su función es permitir que la corriente eléctrica pueda circular de una de las superficies fijas a la otra, ofreciendo la mínima resistencia posible. Cuando el interruptor se lleva a la posición de cerrado (ON), el contacto móvil une los contactos fijos cerrando el circuito y los separa cuando el interruptor se lleva a la posición de abierto (OFF), abriendo a su vez el circuito.

## Simbología

Los interruptores pueden ser de uno o varios polos, y posiciones de acción permanente o momentánea:

- Un interruptor es de acción permanente cuando después de ser accionado y liberado permanece en el último estado por tiempo indefinido, hasta que el mismo sea modificado por el usuario.
- Un interruptor es de acción momentánea cuando cambia de estado sólo cuando se tiene accionado por el usuario, y retorna a su estado inicial cuando éste es liberado. También son llamados pulsadores.
- Un interruptor es llamado de varios polos cuando puede abrir y cerrar al mismo tiempo varios circuitos independientes. En este caso hay varios interruptores individuales, pero se accionan al mismo tiempo por medio de un mecanismo común. Su símbolo incluye unas líneas punteadas que indican que los interruptores están relacionados mecánicamente entre sí.
- Un interruptor es de varias posiciones cuando posee un número de rutas o vías diferentes, las cuales puede seleccionar para la circulación de la corriente hacia diferentes puntos de un circuito.

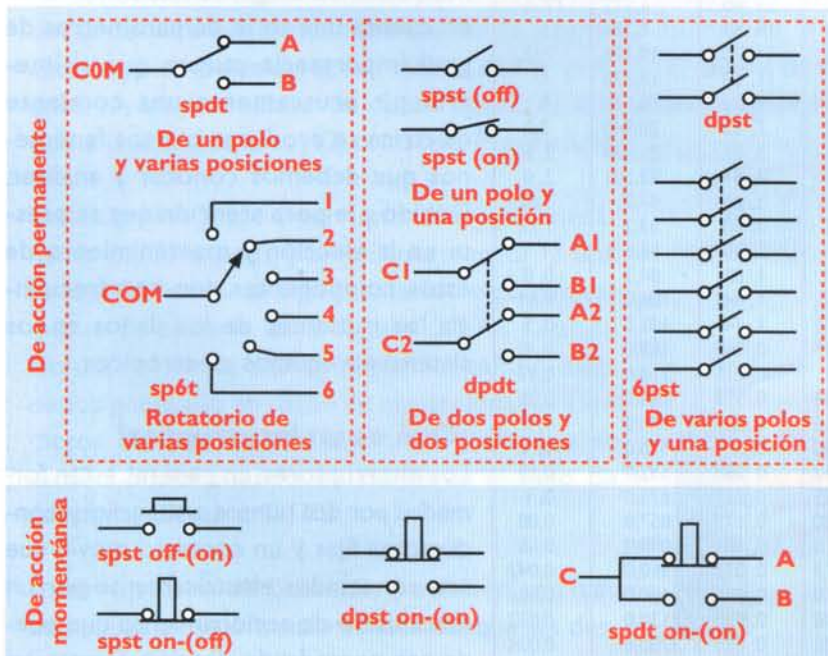


Figura 3.11. Simbología de los interruptores

En la figura 3.11 se muestran los símbolos empleados en los diagramas electrónicos para representar algunos de estos interruptores.

## Clasificación

Dependiendo de su construcción y del mecanismo de accionamiento, los interruptores pueden ser de varios tipos:

**Deslizantes:** el accionamiento de estos interruptores se hace de tal forma que una de las superficies se desliza sobre la otra al aplicar una pequeña fuerza que venza la fricción entre ellas. Este movimiento hace que los contac-

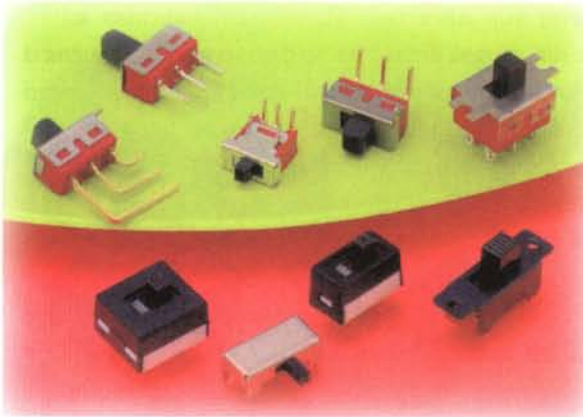


Figura 3.12. Interruptores deslizantes

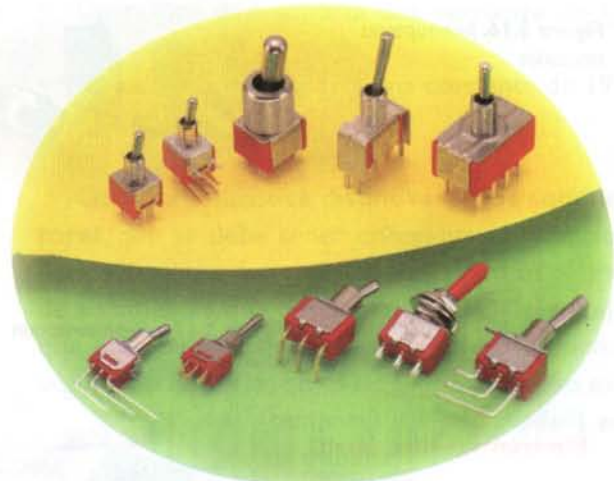


Figura 3.13. Interruptores de codillo o de palanca

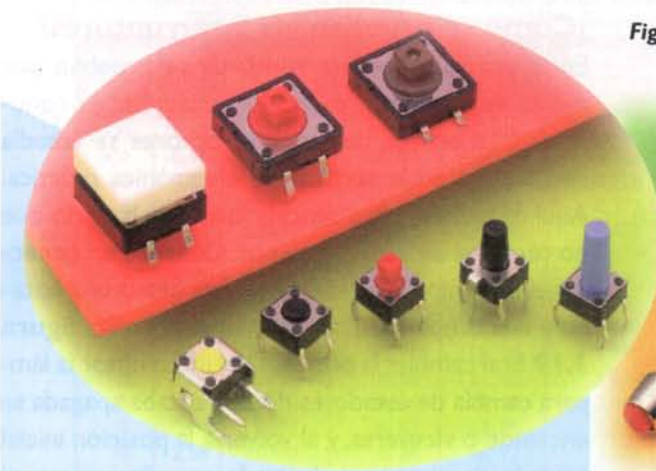


Figura 3.14a. Interruptores de presión o pulsadores de acción momentánea

tos permanezcan limpios, pero se desgastan rápidamente debido al rozamiento entre ellos. **Figura 3.12**

**De codillo (toggles):** son mecánicamente más robustos que los anteriores y manejan corrientes más altas; su accionamiento se hace mediante una pequeña palanca. **Figura 3.13**

**Interruptores de presión o pulsadores (push-button):** la mayoría son de acción momentánea; **figura 3.14a**, aunque hay algunos que pueden ser asegurados y empleados como interruptores convencionales. En éstos, el botón debe presionarse una vez para cerrar los contactos y otra vez para abrirlos. **Figura 3.14b**

**Interruptores de doble fila (dipswitches):** pueden tener desde uno (1) hasta doce (12) in-

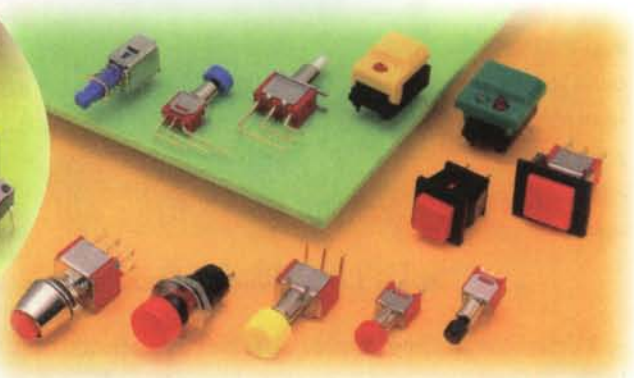


Figura 3.14b. Interruptores de presión o pulsadores

terruptores individuales; se utilizan para controlar corrientes y voltajes muy bajos en circuitos donde no deben ser accionados continuamente. Se utilizan especialmente en tarjetas electrónicas. **Figura 3.15**

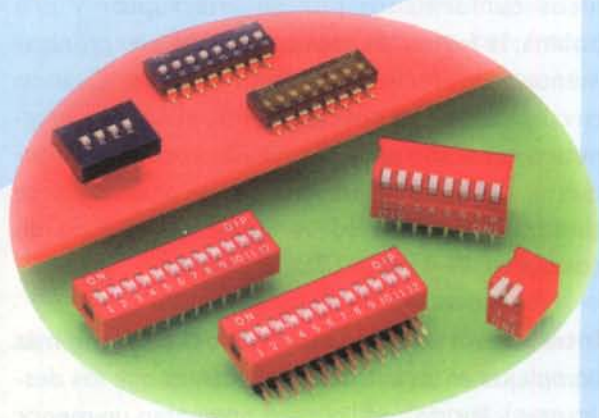
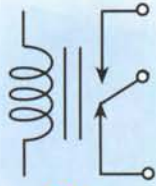
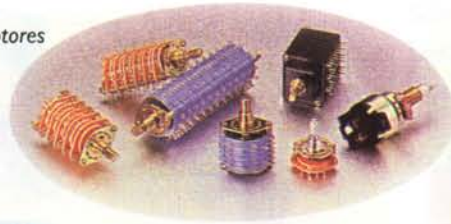


Figura 3.15. Interruptores de doble fila

Figura 3.16. Interruptores rotatorios



Relé  
Electromagnético (dpdt)

Figura 3.17a. Representación de un relé



Figura 3.17b. Interruptores electromecánicos

**Rotativos, conmutadores o llaves selectoras:** son interruptores de varios polos, ya sea de una o varias posiciones. Están formados por uno (1) o más discos de material aislante dependiendo de la cantidad de polos del interruptor; dichos discos giran entre un número similar de discos fijos, cada uno con un máximo de doce (12) contactos. **Figura 3.16**

**Relés (relais):** son interruptores electromecánicos conformados por un interruptor y una bobina; la forma de representarlos electrónicamente se observa en la **figura 3.17a**. Cuando circula corriente por la bobina, el campo magnético generado en torno de ella acciona los contactos del interruptor, los cuales vuelven a su estado inicial cuando se suspende el flujo de corriente. **Figura 3.17b**

**Interruptores de balancín (rockers):** son más complejos en su estructura mecánica que los deslizantes y los de codillo, pero presentan un menor desgaste que los anteriores. **Figura 3.18**



Figura 3.18. Interruptores de balancín

## ¿Cómo se prueban los interruptores?

En la práctica, los interruptores se prueban por medio de un óhmetro o de un probador de continuidad. La prueba de los interruptores se estudia con detalle en la sección de electrónica práctica. Aquí mostramos una sencilla forma de hacerlo que no requiere de dichos equipos. Consiste en conectar el interruptor en serie con una pila o una batería y una lámpara, tal como se muestra en la **figura 3.19**. Si al cambiar la posición del interruptor la lámpara cambia de estado, es decir, si estaba apagada se enciende ó viceversa, y al volver a la posición inicial retorna al primer estado, podemos afirmar que el interruptor está bueno; si por el contrario, cuando cambiamos la posición del interruptor la lámpara no cambia de estado, es decir, permanece encendida o apagada, entonces el interruptor está averiado.



Figura 3.19. Prueba sencilla de un interruptor

**¿Qué debemos tener en cuenta cuando seleccionamos y utilizamos un interruptor?**  
**El máximo voltaje que puede soportar cuando está abierto:** ya que si se conecta un voltaje mayor al especificado pueden producirse arcos de voltaje entre los contactos. Además, una pequeñísima parte de contacto puede transportarse al otro; lo cual, al cabo de un determinado número de conmutaciones, puede destruir el dispositivo.

**La máxima corriente que puede soportar cuando está cerrado:** si la corriente que va a circular por el dispositivo es superior a la especificada, éste se calienta y pueden llegar a destemplarse los resortes que mantienen presionados los contactos, o los contactos pueden fundirse y abrir totalmente el circuito.

**Otros aspectos que se deben considerar:** es muy importante que el material con el que están elaborados los contactos sea muy buen conductor y tenga una alta resistencia a la temperatura y al desgaste mecánico, el cual se especifica en ciclos o número de veces que se ha utilizado.

### ¿Cuáles son las fallas más comunes?

- Si el interruptor permanece cerrado, es decir conduce en cualquiera de las dos posiciones, seguramente sus contactos se han fundido debido a un sobrecalentamiento producido por la circulación de una corriente elevada a través de él.
- Si por el contrario, el interruptor permanece abierto, pueden existir dos posibles razones para ello:
  - Las superficies de contacto se han desgastado, impidiendo que haya un contacto físico cuando se cambia de posición.
  - Las superficies de contacto están recubiertas con una capa de óxido, la cual actúa como aislante.

## Los conectores

Son componentes electromecánicos que se utilizan para unir eléctricamente dos o más circuitos dentro de un aparato o para conectar, junto con los cables apropiados, diferentes aparatos o dispositivos entre sí fácil y

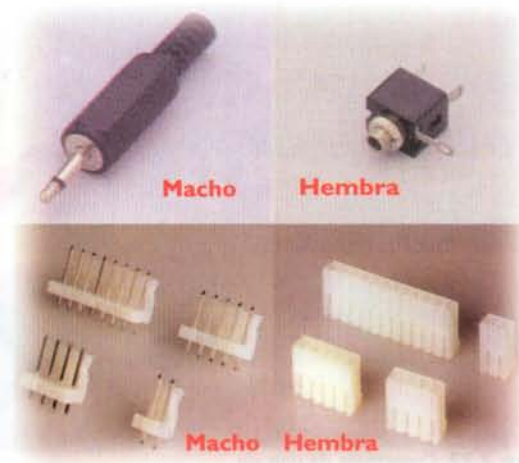


Figura 3.20. Estructura de un conector

rápidamente. La mayoría de los conectores pueden ser separados sin la necesidad de emplear herramientas.

### Estructura

Los conectores, en general, están compuestos por dos partes complementarias enchufables entre sí; una se introduce en la otra. La que es introducida recibe el nombre de macho y la que lo recibe es llamada hembra. **Figura 3.20.** Las dos partes están fabricadas en base a aleaciones de cobre por ser un material buen conductor y se recubren con otro metal que no se oxide como el zinc, el níquel, la plata y el oro. Además, las partes metálicas están montadas sobre elementos aislantes como el plástico y la baquelita, entre otros. Básicamente los conectores pueden ser de dos tipos: aéreos o fijos. Los aéreos están unidos mediante cables, mientras que los fijos están firmemente unidos a la tarjeta del circuito impreso o al chasis donde se encuentra alojado el circuito. **Figura 3.21**



Figura 3.21. Conectores fijos y aéreos



Figura 3.22. Conectores de una vía

## Clasificación

Los conectores pueden clasificarse de acuerdo al número de vías o caminos que proporcionen para la circulación de las señales eléctricas, por lo que pueden ser de una o de varias vías. Cuando son de una vía, poseen un solo terminal de conexión destinado para recibir un solo alambre. A este grupo pertenecen los caimanes, los terminales y las bananas, entre otros. **Figura 3.22**

Los conectores de varias vías están destinados a recibir un cable multiconductor o ser soldados directamente a los circuitos impresos y reciben el nombre de conectores **multipin**. Estos conectores se utilizan cuando los sistemas electrónicos manejan varias señales de entrada



Figura 3.23. Conectores de varias vías

y de salida o requieren de conectores con varios puntos de contacto para comunicarse internamente con otros circuitos o externamente con otros equipos. Pueden ser soldados o unidos a presión a los conductores y pueden ser de varios tipos: **Figura 3.23**

- Los conectores miniatura SUB-D
- Los cabezales (*headers*)
- Los de terminación en masa
- Los de borde, para tarjeta de circuito impreso, etc.

Los conectores pueden ser de varios tipos dependiendo de su uso y de sus características constructivas, pues de esto depende que las conexiones sean seguras. De no tener en cuenta estos dos factores, es muy probable que las conexiones queden flojas por lo que estarán propensas a separarse y a generar un funcionamiento intermitente.



Figura 3.24. Conectores de potencia



Jacks y plugs para CC



Bornes a presión



Bloques de terminales

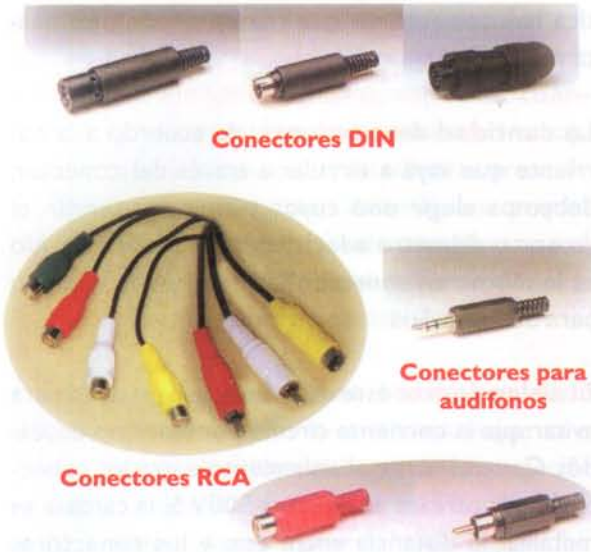


Figura 3.25. Conectores para audio

De acuerdo a su uso los conectores pueden ser:

**Conectores de potencia:** son más robustos que los demás y están diseñados para manejar corrientes y voltajes grandes. A este grupo pertenecen los *jacks* y los *plugs* CC, los bloques de terminales, los tomacorrientes y los enchufes, entre otros. **Figura 3.24**

**Conectores para audio:** en las aplicaciones de audio o sistemas de sonido se emplean gran canti-

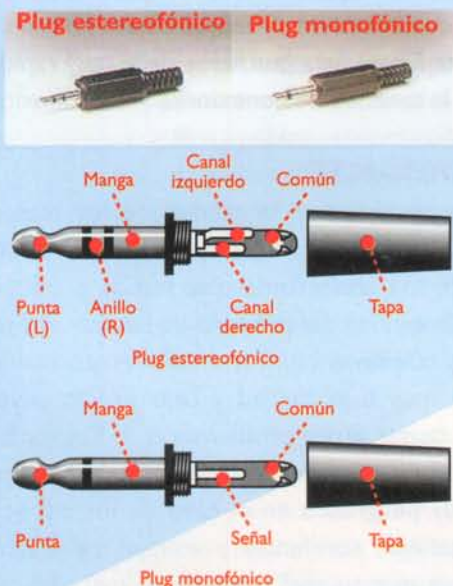


Figura 3.26. Estructuras de un plug monofónico y de un plug estereofónico



Figura 3.27. Conectores coaxiales

dad de conectores, tales como los usados para permitir el paso de señales desde y hacia micrófonos, parlantes, audífonos, amplificadores, mezcladores, etc. Los más empleados son: los RCA, los conectores para audífonos y los DIN (*Deutsche Industrie Norm*). **Figura 3.25.** Todos estos conectores son circulares y la mayoría se emplean también para vídeo. Algunos de los conectores (para audífonos, micrófonos, señales de línea, etc.) pueden ser monofónicos (manejan solo un canal) o estereofónicos (manejan dos canales). **Figura 3.26**

**Conectores coaxiales:** son ampliamente utilizados en algunos instrumentos de medida, en radio frecuencia (RF), para extraer y enviar señales desde y hacia los transmisores, receptores y otros equipos. Los más utilizados son los BNC y los de UHF (*Ultra High Frequency*). **Figura 3.27**

**Conectores para fibra óptica:** estos conectores incorporan lentes y otros componentes especiales para facilitar el acoplamiento de este tipo de cables, reducir los costos e incrementar el rendimiento de este tipo de comunicación moderna. **Figura 3.28**

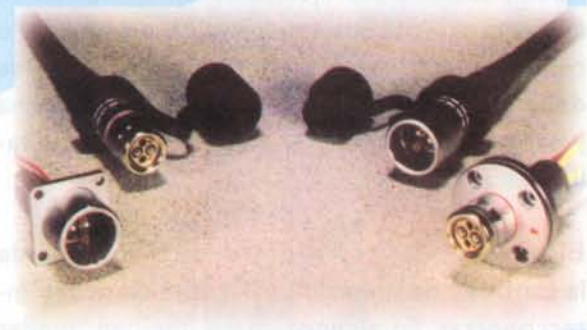


Figura 3.28. Conectores para fibra óptica



Figura 3.29. Adaptadores

**Adaptadores y cables de interconexión:** son empleados para acoplar entradas o salidas mecánicamente incompatibles. Poseen en cada uno de sus extremos un conector de varias vías, varios conectores de una vía, o ambos.

Comercialmente se consiguen: adaptadores de *plug* a *jack phono* o RCA, adaptadores de *phono* a RCA ya sea de *plug* a *jack*, de *jack* a *plug*, de *plug* a *plug*, de *jack* a *jack*, entre otros.

Figura 3.29

## ¿Qué debemos tener en cuenta al elegir un conector?

En el momento de escoger un conector para un circuito o un aparato, debemos tener en cuenta varios aspectos muy importantes como:

**El tipo:** para cada tipo de tarea se debe utilizar el conector apropiado ya que hay una gran variedad de ellos. Por ejemplo, para la entrada de alimentación de un amplificador de sonido o cualquier aparato eléctrico o electrónico se debe utilizar un enchufe para corriente alterna y para la salida del parlante un conector de salida de audio.

**El número de terminales:** esto depende de la cantidad de líneas o cables que se deben interconectar. En algunos casos, pueden quedar algunos puntos libres sin conexión. En la prác-

tica hay conectores que tienen desde uno hasta muchos terminales.

**La cantidad de corriente:** de acuerdo a la corriente que vaya a circular a través del conector, debemos elegir uno cuyos terminales tengan el grosor o diámetro adecuado para soportarla. No es lo mismo un conector para 1 amperio que uno para 30 amperios.

**El aislamiento:** éste determina la capacidad para evitar que la corriente circule por sitios no deseados. Generalmente el aislamiento entre los conectores y la carcasa es de unos 500V. Si la carcasa es metálica, la distancia entre ésta y los conectores debe ser lo suficientemente grande para evitar que circule corriente entre ellos.

**La resistencia de contacto:** debe ser, idealmente, igual a cero. Para conseguir esto es necesario que los dos conectores que se unen tengan el mayor contacto posible en cuanto a superficie y presión. De lo contrario aparecerá una pequeña resistencia, lo cual hará que al circular corriente a través del contacto, éste se caliente y llegue a destruirse.

**La resistencia mecánica:** teniendo en cuenta la frecuencia con que dicho conector debe ser conectado y desconectado, debemos elegir uno lo suficientemente fuerte para que no se dañe muy rápido debido a la cantidad de conexiones y desconexiones.

## IMPORTANTE

Debemos observar la calidad de los materiales (conductores y aislantes) empleados en la fabricación de los conectores que vamos a utilizar, así como la calidad del proceso de fabricación ya que es muy común encontrar en el mercado conectores de muy baja calidad y bajo precio cuyo uso puede causar serios problemas en el funcionamiento de los circuitos y aparatos, e inclusive, pueden ser muy peligrosos en el caso de los conectores que manejan corrientes y voltajes relativamente altos, ya que su mal contacto o mal aislamiento pueden causar un incendio.

## Los circuitos impresos

Los circuitos impresos hacen parte del grupo de los componentes electromecánicos y tienen una gran importancia en la electrónica moderna. Gracias a ellos y a los circuitos integrados, los cuales estudiaremos en una próxima lección, se ha logrado el gran avance actual de la electrónica en cuanto a la gran variedad de circuitos disponibles en el mercado y a la facilidad de fabricarlos en serie cada vez con menos costos. Así mismo permiten que una gran cantidad de estudiantes, aficionados y profesionales de esta tecnología, puedan diseñar y fabricar fácilmente sus prototipos, y luego producir sus propios aparatos. El circuito impreso es el método de interconexión de componentes más utilizado actualmente para la construcción práctica de los circuitos electrónicos.

En esta sección del curso estudiaremos que es un circuito impreso y su estructura básica, cuales son sus principales tipos y aplicaciones, y una breve historia. En la sección de Electrónica Práctica veremos varios métodos para el diseño y la fabricación de los mismos, y en la sección de Proyectos, tendremos un circuito impreso para cada uno de ellos, sobre el que se hace el ensamblaje del circuito.

### ¿Qué es un circuito impreso?

Un circuito impreso (*printed circuit board*) es una placa o lámina aislante que tiene adheridas líneas conductoras muy delgadas por una o ambas caras.

En una de ellas se montan los componentes electrónicos que conforman el circuito, **figura 3.30**. Las líneas conductoras o trazos se utilizan para establecer las diferentes conexiones entre los elementos del circuito; ellas tienen orificios en sus extremos en los cuales se insertan y sueldan los terminales de los componentes. Popularmente los circuitos impresos reciben el nombre de *plaquetas*. Además, los circuitos impresos se utilizan como soporte físico para la mayoría de los componentes de los aparatos.

Anteriormente los aparatos electrónicos debían llevar cables entre todos sus componentes. Con el desarrollo de la tecnología y la invención de nuevas técnicas de fabricación, se logró el perfeccionamiento de los circuitos impresos, los cuales presentan muchas ventajas a la hora de armar un proyecto o aparato, tales como:

- Facilitan las conexiones y por lo tanto se disminuyen los errores
- Su uso ha permitido lograr la miniaturización de muchos aparatos
- Permiten hacer fácilmente labores de ensamblaje y reparación
- Sirven como soporte físico para los componentes
- Proporcionan uniformidad en las series de producción

### Tipos de circuitos impresos

Los circuitos impresos pueden ser rígidos o flexibles y se clasifican según el número de capas o

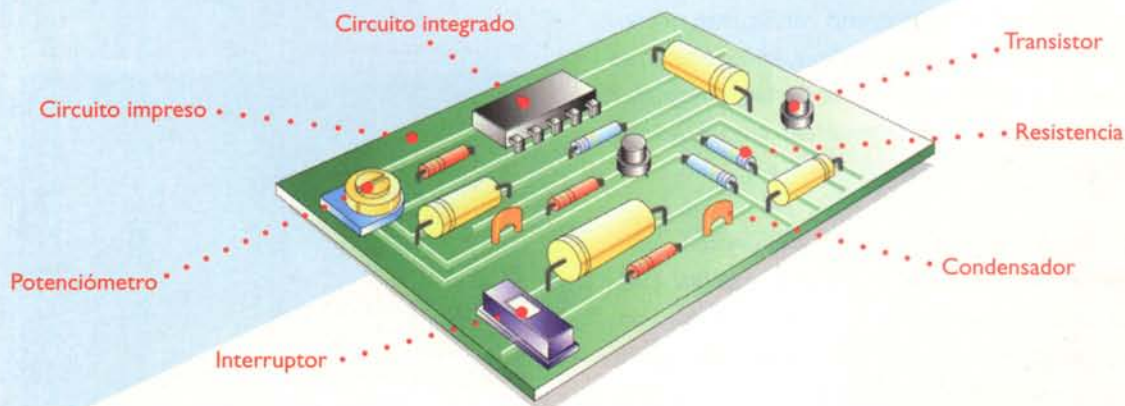


Figura 3.30. Componentes montados sobre un circuito impreso

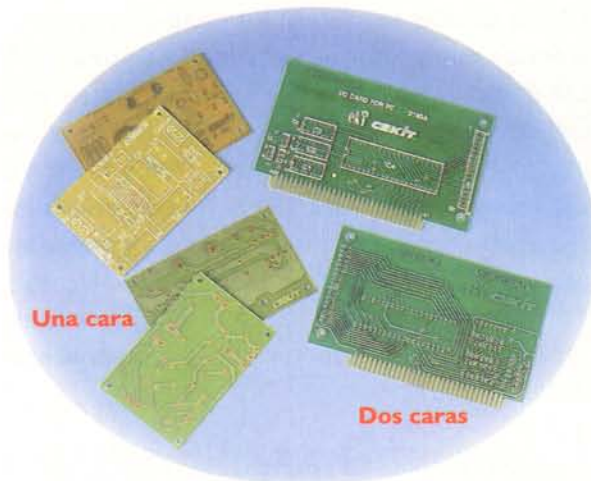


Figura 3.31. Circuitos impresos de una cara y de dos caras



Figura 3.32. Circuitos impresos flexibles



caras conductoras que posean. En los rígidos los hay de una sola cara, de dos caras o de doble faz y los multicapas, en los cuales se debe especificar el número de ellas. **Figura 3.31**. En los flexibles los hay de una sola capa y de dos capas o dos caras. **Figura 3.32**

Los de tipo rígido y una sola cara, son los más utilizados en circuitos sencillos y sobre ellos centraremos nuestra atención. En aparatos con muchos circuitos integrados como memorias, microprocesadores, compuertas lógicas, etc., se utilizan los de doble cara y en circuitos muy complejos como las computadoras, se emplean circuitos multicapa, **figura 3.33**.

Hay un tipo especial de circuitos impresos llamados **universales** los cuales permiten ensamblar cualquier circuito ya que tienen una serie de perforaciones para montar los componentes y poseen líneas de conexión prefabricadas. **Figura 3.34**. Estos se utilizan para la elaboración de prototipos o circuitos que

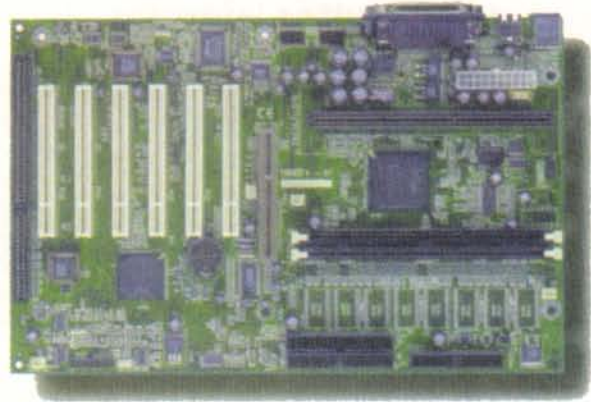


Figura 3.33. Circuitos impresos multicapa

se van a ensamblar una sola vez. Su utilización la explicaremos ampliamente en una próxima lección en la sección de Electrónica Práctica.

Actualmente hay un tipo de montaje de circuitos llamado SMT (*surface mount technology* o tecnología de montaje de superficie) en el cual los componentes no tienen alambres como terminales y éstos se sueldan directamente sobre la superficie del circuito impreso. La principal característica de esta tecnología, la cual se está imponiendo poco a poco, es el tamaño reducido de sus componentes y su montaje y soldadura por medio de máquinas automáticas. **Figura 3.35**

### Estructura básica de un circuito impreso

Antes de fabricar un circuito impreso se tiene una lámina virgen, es decir, una lámina entera sin ningún trazo o conexión. Ésta tiene una parte aislante que se obtiene a partir de un material de base laminado, formado por un resina plástica con una

Cara de los componentes    Cara de las soldaduras

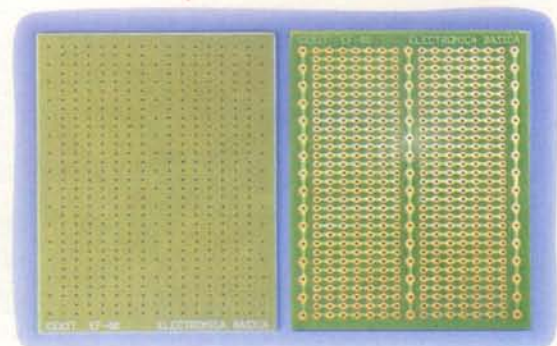
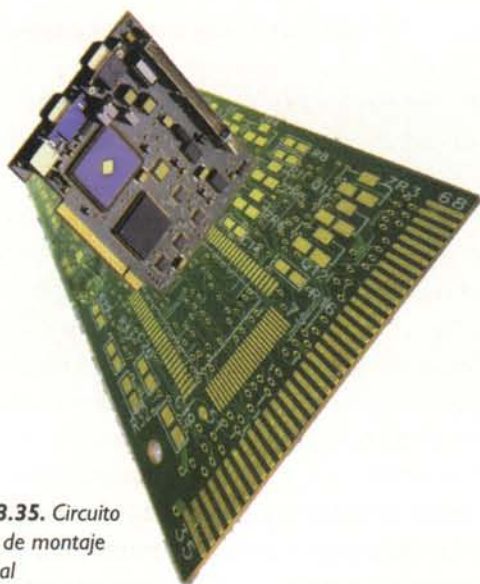


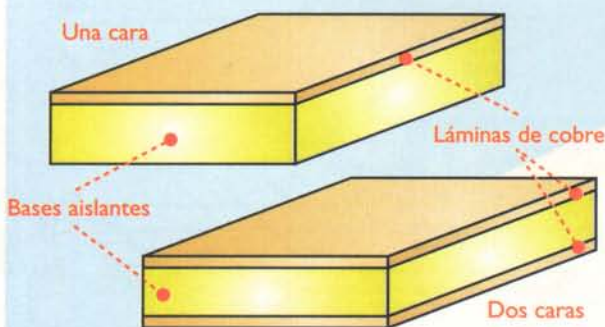
Figura 3.34. Circuito impreso universal



**Figura 3.35.** Circuito impreso de montaje superficial

estructura interna de fibra de vidrio o papel fenólico (baquelita) impregnada, que le confiere la resistencia mecánica necesaria.

Por una o las dos caras del material aislante se encuentra una lámina de cobre adherida mediante un proceso de presión y alta temperatura. Esta lámina de cobre se deposita sobre la lámina aislante mediante un proceso denominado electrólisis, el cual es un proceso químico que permite obtener capas muy finas de material sedimentado. Por lo tanto, el espesor de la lámina de cobre puede ser controlado con este proceso. El espesor normal utilizado suele tener aproximadamente 35 micras (milésimas de milímetros), pero hay casos especiales en donde pueden variar esas medidas. En la **figura 3.36** se muestran la estructura básica de una lámina virgen de una cara y una de dos caras.



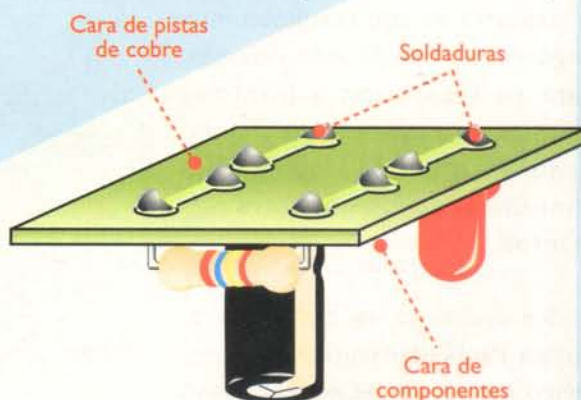
**Figura 3.36.** Estructura de la lámina para circuitos impresos

Los circuitos impresos de baquelita se utilizan normalmente en circuitos que manejan señales de frecuencias bajas o corriente continua, o en aquellos casos en que el costo sea un factor limitante ya que las placas de fibra de vidrio son más costosas. Las placas de fibra de vidrio presentan características inmejorables de aislamiento, incluso en altas frecuencias de funcionamiento y en condiciones climáticas adversas como altas o bajas temperaturas y alta humedad; además, la fibra de vidrio presenta una mayor resistencia mecánica y no tiende a fracturarse como la baquelita.

### Fabricación de los circuitos impresos

Para convertir un pedazo de lámina virgen en un circuito impreso, este se debe dibujar con un marcador, pintura o tinta indeleble sobre la placa de cobre y luego sumergirla en un ácido como el percloruro férrico. Al hacer esto, lo que logramos es proteger las líneas trazadas de la acción del ácido sobre el cobre; es decir, que al aplicar el ácido sobre la placa dibujada, únicamente se disolverá el cobre que no está protegido por la pintura, quedando finalmente las pistas o líneas dibujadas, que interconectarán los componentes. **Figura 3.37**

En la parte superior del circuito impreso, donde se montan los componentes, se puede dibujar o pintar la forma y valor de estos, con el fin de facilitar el ensamblaje, la prueba y la reparación de los circuitos. Tratándose de la fabricación en serie, en el lado de las soldaduras, se utiliza una capa de pintura especial llamada *antisolder* la cual solo deja descubiertos los pun-



**Figura 3.37.** Trazos conductores en un circuito impreso

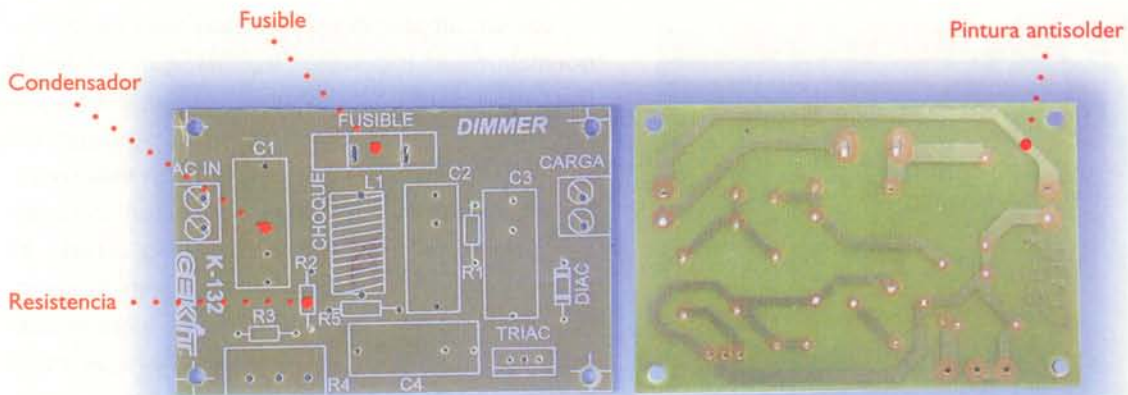


Figura 3.38. Dibujo de los componentes y pintura antisolder

tos para la aplicación de la soldadura lo que evita cortocircuitos y una mala aplicación de ésta. **Figura 3.38**

## Breve historia

En 1903, Albert Hanson, un alemán residente en Inglaterra, presentó por primera vez una patente de un método cercano a los circuitos impresos, en el cual se adherían conductores a un material aislante, con el fin de ser utilizados en los sistemas telefónicos de la época. **Figura 3.39.** Entre 1923 y 1939 se registran varias patentes que tratan sobre diferentes métodos para hacer conexiones “impresas” sobre bases aislantes. Entre ellas estaba la de Parolini en 1927 “para la producción de placas aisladoras eléctricas, con una serie de conexiones”.

Antes de esta tecnología, las interconexiones entre los diferentes elementos de un circuito o aparato se hacían por medio de cables o alambres lo que resultaba muy engorroso y complicado. Además, para su reparación y mantenimiento, se requería de mucho tiempo al tratar de identificar las conexiones de los diferentes elementos.

Sin embargo, se considera al doctor Paul Eisler, un científico austriaco, residente en Londres, como el inventor de los circuitos impresos.

Esta patente fue registrada el 6 de septiembre de 1936 como un medio para “la producción de aparatos y componentes electrónicos de corriente débil”. Su aprobación fue otorgada en 1948 como un proceso basado en la impresión de la representación de un material conductor”.

El principal acontecimiento que impulsó el desarrollo de los circuitos impresos, fue la necesidad, durante los primeros años de la segunda guerra mundial, de fabricar aparatos electrónicos muy pequeños para las comunicaciones y especialmente la fabricación de dispositivos tales como la espoleta de proximidad que hacía estallar una bomba al llegar a cierta distancia de un objeto. Las grandes cantidades de estas bombas que se necesitaron, estimularon las investigaciones tendientes a producir en masa y a ritmo acelerado los circuitos electrónicos “miniatura”.



Figura 3.39. Primera aproximación a un circuito impreso

## Los fusibles

Son dispositivos empleados para proteger los circuitos y sistemas electrónicos de corrientes excesivas y de los cortocircuitos.



Figura 3.40 Símbolo de los fusibles

### ¿Qué son los fusibles?

Un fusible es básicamente una porción de alambre muy buen conductor, cuya temperatura de fusión es mucho menor que la del cobre. Como el alambre es muy buen conductor, posee una resistencia muy baja y su longitud y diámetro son calculados para que se funda sólo cuando circule por él una corriente mayor que aquella para la cual fue diseñado. Cuando esto ocurre, se abre el circuito, lo que interrumpe el paso de la corriente, protegiendo así el sistema eléctrico o electrónico.

Los fusibles se clasifican por su capacidad en amperios, es decir por la cantidad de corriente que pueden soportar sin quemarse; esta caracte-

rística viene generalmente impresa sobre el cuerpo del fusible. Comercialmente se consiguen fusibles con capacidades desde 20mA hasta 600A, estos últimos son empleados para instalaciones eléctricas. En la **figura 3.40** se muestra la forma como se representan los fusibles en los diagramas eléctricos y electrónicos.

En general, los fusibles deben colocarse lo más cerca posible del punto donde está conectada la fuente de alimentación del circuito protegido, lejos de materiales inflamables y de tal forma que se tenga un fácil acceso a ellos, por lo que no solo pueden ser instalados directamente sobre la placa de circuito impreso, sino también mediante portafusibles, los cuales han sido diseñados para ser instalados en el *chasis* que contiene el circuito. **Figura 3.41**

### ¿Cómo elegir un fusible?

Conociendo la corriente máxima que circulará por el circuito, debemos escoger un fusible cuya capacidad sea ligeramente superior, pero nunca mayor al 15%. Dicho fusible puede calcularse tal como se observa en el siguiente ejemplo: si la corriente máxima que circulará por el circuito es de 400mA, entonces:

$$\text{Fusible} = 1,15 \times 400\text{mA}$$

$$\text{Fusible} = 460\text{mA}$$



Figura 3.41 Portafusibles



se quemará constantemente y de manera innecesaria.

- b. Si la capacidad del fusible es mucho mayor, permitirá el paso de corrientes muy elevadas, peligrosas para el circuito electrónico y que, en el peor de los casos, pueden destruirlo.



Figura 3.44 Fusible de funcionamiento retardado

### Tipos de fusibles

Los fusibles se fabrican en muchos tamaños, formas y capacidades, aunque lo único que cambia es su apariencia externa, pues internamente todos son relativamente iguales.

**Fusibles miniatura (mignon):** son tubos pequeños de vidrio con tapas metálicas en sus extremos, en cuyo interior puede observarse el elemento fusible. Son empleados en electrónica principalmente y pueden ser de dos tamaños: cortos 5x20 mm y largos 6,3x32mm. **Figura 3.42**

En la **Figura 3.43** se muestran otros tipos de fusibles utilizados en electrónica.

Los fusibles no se utilizan solo en electrónica; también son muy empleados en electricidad para

la protección de las instalaciones domiciliarias y en todo tipo de máquinas y equipos eléctricos donde se manejan principalmente dos tipos de fusibles:

**Fusibles tipo tapón:** son empleados en instalaciones eléctricas que consumen menos de 30A. A este grupo pertenecen los **fusibles de funcionamiento retardado** que son empleados para controlar la corriente en algunos motores. Estos permanecen inactivos cuando la sobrecarga tiene una corta duración, pero se queman de inmediato cuando la sobrecarga es producida por un cortocircuito. **Figura 3.44**



Figura 3.45 Fusible tipo cartucho

**Fusibles tipo cartucho o americano:** éstos pueden ser a la vez de dos clases: de contacto por casquillo, los cuales manejan corrientes comprendidas entre 3 y 60 amperios; o de contacto por cuchilla, empleados en instalaciones industriales, que son diseñados para corrientes entre 75 y 600A. **Figura 3.45**

## ¿Cuándo se queman los fusibles?

Generalmente los fusibles se queman por sobrecarga, es decir, cuando de repente reciben una corriente excesiva, la cual calienta los conductores hasta quemarlos. Como los fusibles poseen una temperatura de fusión mucho menor que la de los conductores, éstos serán los primeros en quemarse, protegiendo así el circuito.

Una sobrecarga puede producirse por:

- a. Tener demasiados aparatos conectados al circuito.
- b. Por un cortocircuito, el cual a su vez puede producirse por:
  - Contactos entre cables desnudos.
  - Humedad en los conductores (alambres, circuito impreso, etc.).
  - Por contactos con superficies u objetos metálicos, por ejemplo, el *chasis* del equipo, atornilladores, tornillos, etc.
  - Fallas en otros componentes del circuito.

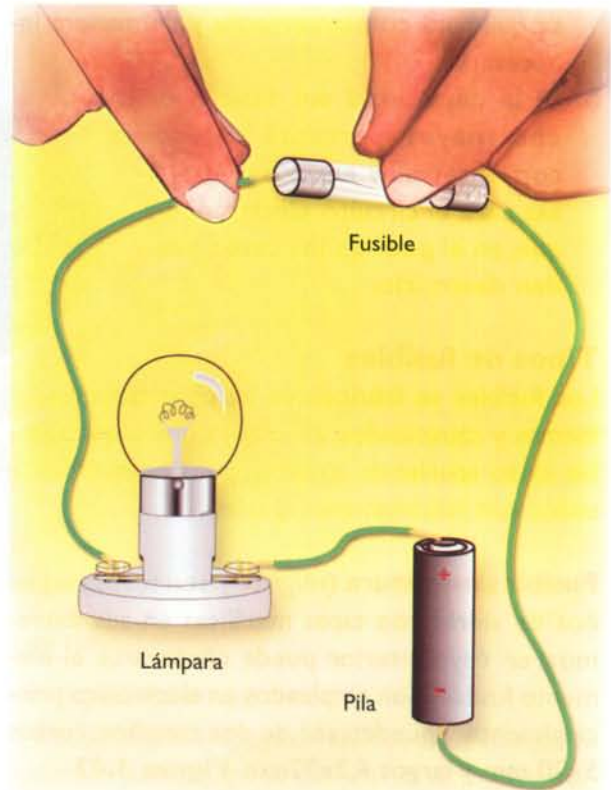
## ¿Qué debo y qué no debo hacer cuando se quema un fusible?

Lo que debe hacer:

1. Desconecte el circuito de la fuente de energía.
2. Investigue qué produjo la quemadura del fusible.
3. Repare la avería.
4. Instale un nuevo fusible del mismo tamaño y capacidad del que se quemó.

Lo que no debe hacer:

1. No instale un fusible nuevo sin haber encontrado y reparado el daño.



**Figura 3.46** Prueba de los fusibles

2. No instale un fusible de mayor capacidad del que se quemó.
3. Nunca instale un alambre de cobre, un trozo de soldadura, ni ningún otro material conductor en lugar del fusible destruido.

## ¿Cómo puedo saber si un fusible está bueno o malo?

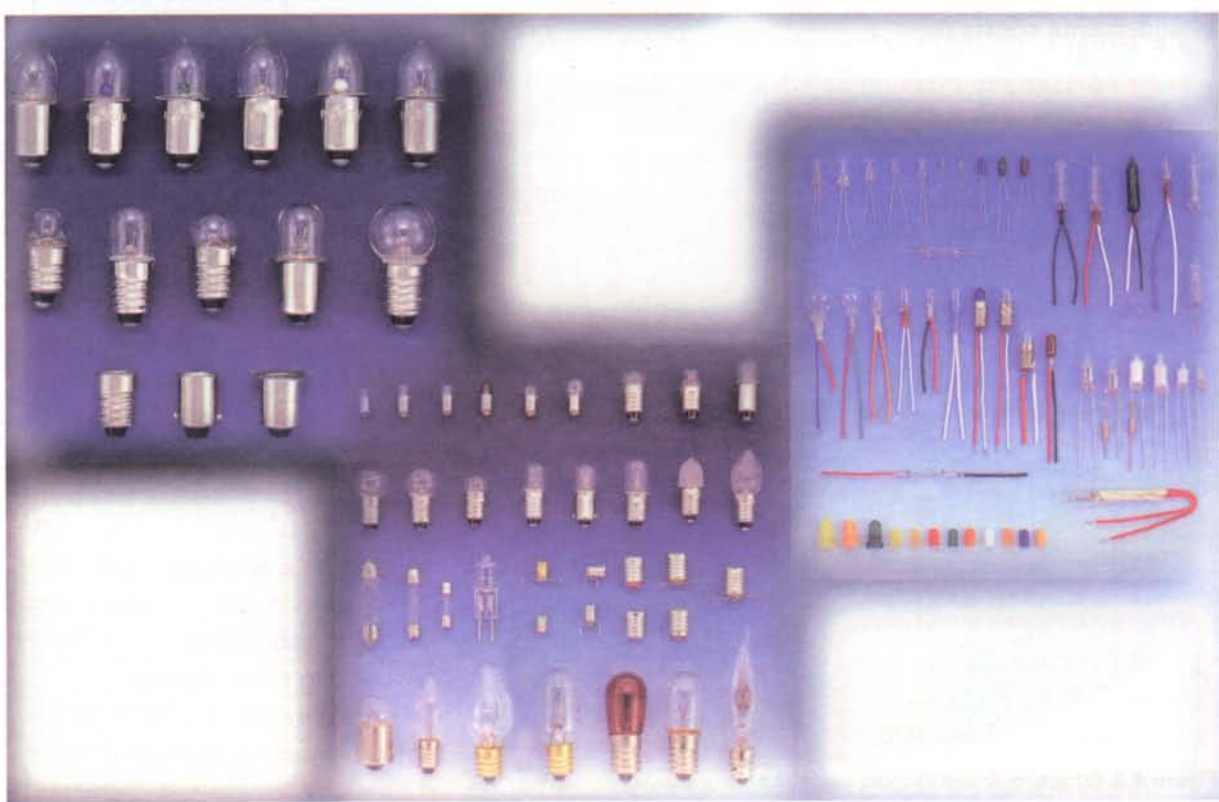
La prueba de los fusibles se estudia en la sección de electrónica práctica. Sin embargo, mostraremos aquí una forma sencilla de hacerlo que no requiere ningún conocimiento previo sobre el manejo de equipos.

Consiste en conectar el fusible formando un circuito en serie con una pila y una lámpara como se muestra en la **figura 3.46**. Si la lámpara se enciende al colocar el fusible, podemos afirmar que éste está bueno, de lo contrario, no lo está.

# Lección 4

## Las lámparas

La luz ha sido, desde siempre, uno de los fenómenos que más ha llamado la atención del hombre. Existen básicamente dos tipos de fuentes de luz: las naturales y las artificiales. Estas últimas, que pueden ser incandescentes o de descarga de gas, transforman la energía eléctrica en energía lumínica. Se utilizan para reemplazar la luz natural en las edificaciones, así como para monitorear circuitos (pilotos), producir efectos especiales, enviar señales en forma óptica, iluminar sensores de luz, y otras aplicaciones específicas.



## Las lámparas incandescentes

Se basan en la propiedad que tienen algunos materiales, como el tungsteno, de emitir luz cuando se eleva su temperatura interna. Las primeras lámparas de este tipo fueron ideadas por el inventor



Figura 4.1. Thomas Alva Edison

e industrial norteamericano Thomas Alva Edison, figura 4.1, en 1878 cuando, al recubrir un delgado hilo con polvo de carbón, para hacerlo conductor y hacer pasar a través de él una corriente eléctrica, produjo un destello de luz que duró unos minutos. Aunque el hilo se quemó, el fenómeno observado sirvió como base para la fabricación de la lámpara incandescente, la cual alcanzó gran éxito y fue inmediatamente adoptada en Europa y América.

## Estructura

Sin importar su forma, tamaño o uso, una lámpara incandescente consta de:

- Un **filamento de tungsteno** enrollado en espiral el cual, debido al paso de la corriente se calienta hasta alcanzar su punto de incandescencia, emitiendo luz. Dicho filamento se encuentra encerrado en una **ampolla** de vidrio a la cual, con el fin de prolongar la vida útil del filamento, se le extrae el aire antes de sellarla y se llena con un gas inerte, figura 4.2. De esta forma se retarda la evaporación del tungsteno y se proporciona una mejor iluminación. Las ampollas o bulbos de las lámparas incandescentes se fabrican en una variedad de estilos y tamaños adaptados para cada uso. Para su designación se utilizan una o más letras que indican la forma (S, F, G, T, A, B, etc.), seguidas de un número, el cual indica el diámetro máximo en octavas de pulgada. Por ejemplo A-25, se refiere a una lámpara tipo A con un diámetro de 25/8". **Figura 4.3**
- La base o casquillo, figura 4.4 es una pieza de latón o de aluminio, fijada al bulbo, que sirve para colocar la lámpara en su portalámpara y conectar el filamento por medio de dos alambres conductores. **Figura 4.5.** También pue-

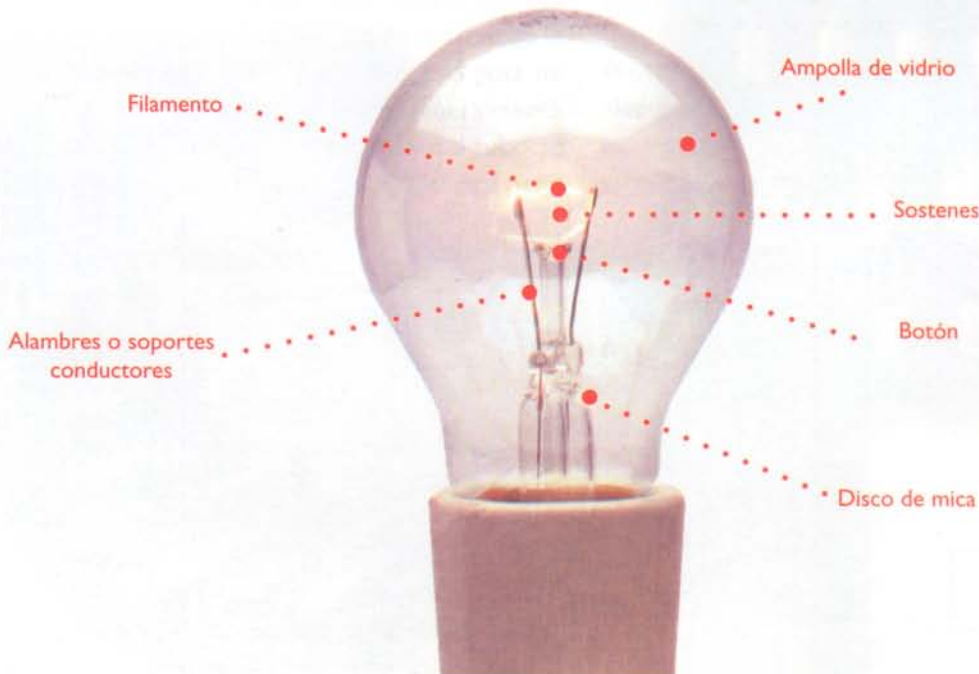


Figura 4.2. Estructura de una lámpara incandescente

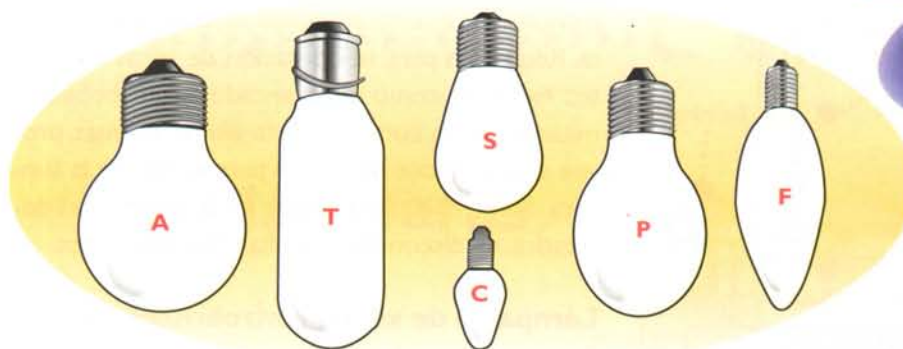


Figura 4.3. Formas estándar de lámparas incandescentes

den ser de varias formas y tamaños, dependiendo de la potencia, el tamaño y el uso de la lámpara. Generalmente son de tipo roscado, aunque algunas lámparas utilizan un casquillo tipo bayoneta el cual es muy común en los automóviles.

### Tipos de lámparas incandescentes

Las lámparas incandescentes se clasifican de acuerdo a su empleo. Pueden ser básicamente de los siguientes tipos:

1. De propósito general, empleadas como pilotos en circuitos electrónicos y fuentes de luz para sensores ópticos e iluminación de edificaciones.
2. De tres intensidades, provistas de dos filamentos y capaces de producir tres flujos luminosos diferentes.
3. De destellos empleadas algunas veces en fotografía.
4. Halógenas, empleadas en los faros de los automóviles, copadoras y escáners.
5. Reflectoras y proyectoras, empleadas en la iluminación de monumentos, campos deportivos y otras tareas que requieran altos niveles de luz, etc. También son empleadas en los juegos de luces que se montan en escenarios para conciertos, pistas de baile y teatros.

Roscado



Bayoneta

Figura 4.4. Tipos de bases o casquillos para lámparas incandescentes.

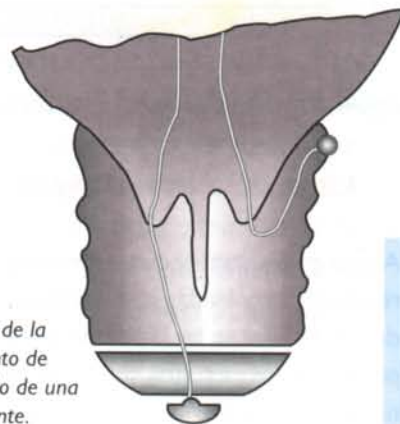


Figura 4.5. Detalle de la conexión del filamento de tungsteno al casquillo de una lámpara incandescente.

Para la instalación de las lámparas incandescentes existen diferentes tipos de portalámparas, dependiendo de las tareas que se tengan y del lugar donde serán instaladas. **Figura 4.6.** En la **figura 4.7** se muestra una sección transversal de un portalámpara común. Observe que el terminal A está conectado al contacto central, mientras que el terminal B está conectado al contacto roscado. Este último está fabricado generalmente de bronce y se encuentra contenido en un material aislante de plástico, baquelita o porcelana.

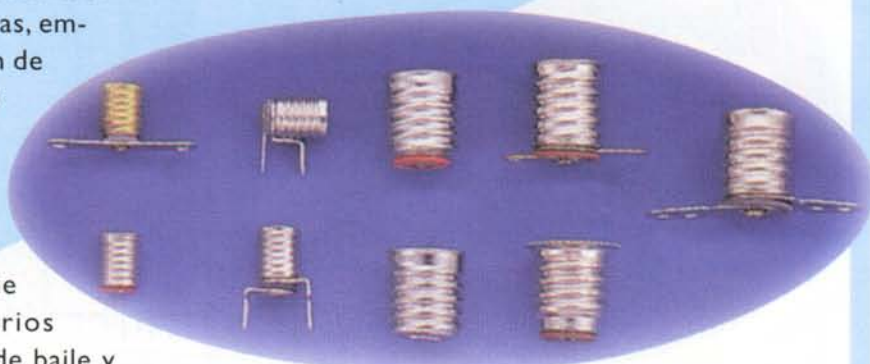


Figura 4.6. Portalámparas comunes empleados en electrónica.

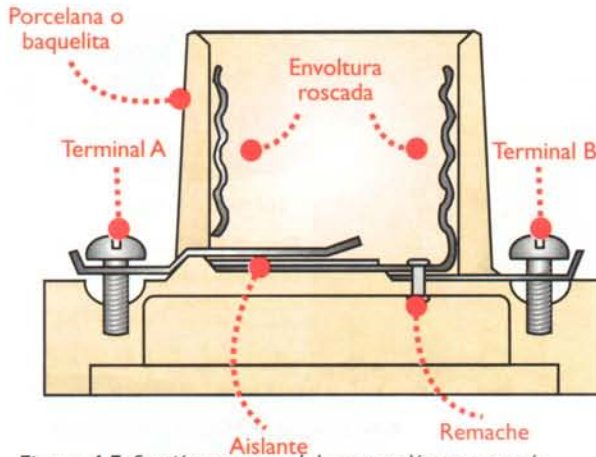


Figura 4.7. Sección transversal de un potalámpara común

## Lámparas de descarga de gas

A este grupo pertenecen, entre otras, las lámparas fluorescentes, empleadas como fuentes de luz en probadores de billetes; las lámparas de neón, usadas como pilotos en los circuitos electrónicos y en avisos luminosos; y las lámparas de xenón, que emiten destellos de luz muy fuertes y son de mucho uso en discotecas.

### Lámparas fluorescentes

Generan energía lumínica debido al paso de una corriente a través de un gas, figura 4.8. Constan de un tubo de vidrio con un electrodo sellado en cada uno de sus extremos, al cual, antes de sellarse, se le extrae todo el aire y se le introduce una gota de mercurio y un poco de gas inerte, generalmente argón o criptón. Además, las paredes del tubo se recubren de un polvo llamado fósforo, el cual tiene



Figura 4.8. Lámparas fluorescentes

la propiedad de irradiar luz cuando recibe la luz ultravioleta, lo que no podemos apreciar a simple vista. Requieren para su operación de otros elementos externos, como un arrancador y una bobina limitadora de la corriente. Esta última, además, provee el alto voltaje necesario para encender la lámpara. Son empleadas también en la iluminación doméstica, en discotecas y probadores de billetes.

### Lámparas de xenón (estroboscópicas)

Constan de un tubo de vidrio sellado y lleno con un gas inerte llamado xenón. La lámpara tiene dos electrodos laterales llamados **cátodo** y **ánodo**, y un electrodo central llamado **disparador** o **trigger**. Para su operación se requieren de dos voltajes: uno del orden de 320V entre ánodo y cátodo, figura 4.9a, y otro, del orden de 4.000V en el disparador, figura 4.9b. Una vez el disparador recibe los 4.000V, una parte del gas xenón se ioniza, permitiendo que fluyan algunos electrones a través del gas. El resultado final de esto es la emisión de un destello de luz brillante, característico de estas lámparas. Son empleadas para generar efectos especiales, como el de cámara lenta en las discotecas, como indicadores visuales de proximidad en las alas de los aviones, cuando se quieren crear secuencias de movimientos en fotografía y en algunos tacómetros que aprovechan el rayo de luz que éstas emiten.

**Nota:** No se deben utilizar cerca a personas pues afectan la visión.

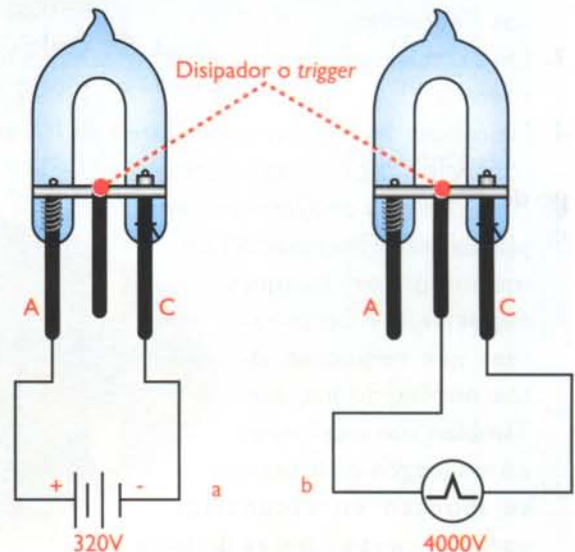


Figura 4.9. Lámpara de xenón.

# Lección 5

## Las pilas y las baterías

Las pilas y las baterías constituyen una de las dos principales fuentes de corriente continua, ellas aprovechan la energía desprendida de las reacciones químicas de ciertos materiales para producir la acumulación de cargas eléctricas diferentes en cada uno de sus terminales, por lo que entre ellos se produce un voltaje constante, capaz de impulsar una corriente a través de un circuito y les permite ser usadas como fuentes de alimentación en una gran variedad de aparatos electrónicos, ya sean fijos o portátiles. Dichos terminales son llamados ánodo y cátodo y se encuentran separados por una solución acuosa sólida o líquida conductora de la electricidad, la cual es llamada electrolito.



## Pila o celda básica

Es la fuente de energía básica en la mayoría de los circuitos electrónicos. Las reacciones químicas que se suceden en el interior de ésta, generan constantemente cargas iguales y de signo contrario en los electrodos del elemento, manteniendo una diferencia de potencial entre ellos. En las prácticas de laboratorio, normalmente se emplea una pila o celda básica húmeda, **figura 5.1**, la cual está contenida en un recipiente anticorrosivo y que está conformada por:

1. **El electrolito:** es por lo general ácido sulfúrico diluido en agua.
2. **El ánodo o terminal positivo:** formado generalmente por una barra de cobre, que fácilmente puede perder sus electrones.
3. **El cátodo o terminal negativo:** es generalmente una barra de zinc.

Para producir reacciones químicas entre ellos, los electrodos deben sumergirse en el electrolito. Al hacer esto, el electrolito trata de disolver las dos barras que constituyen los electrodos. Como el cobre es rico en electrones libres, los pierde fácilmente y queda cargado positivamente; mientras que los electrones que se desprenden de él, se acumulan alrededor del zinc, el cual queda cargado negativamente. **Figura 5.2**

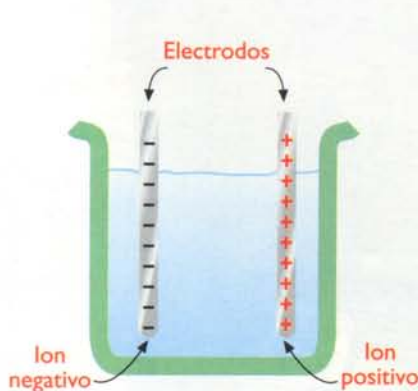
Si conectamos una carga entre estos dos metales **figura 5.3**, los electrones del terminal negati-

vo se moverán hacia el terminal positivo originando así una corriente eléctrica a través del circuito, lo cual tiende a equilibrar nuevamente las cargas, acabar con la diferencia de potencial y así detener la circulación de la corriente. Para evitar esto, el electrolito sigue desprendiendo simultáneamente electrones al cobre y pasándolos al zinc.

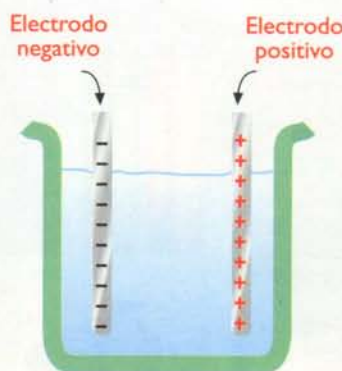
Después de mucho tiempo de esta operación alrededor del ánodo se adhieren unas burbujas de hidrógeno, producto de las reacciones químicas. Dichas burbujas se comportan como un aislante debido a que el hidrógeno es un mal conductor, e impiden que pasen electrones del ánodo al cátodo, reduciendo así la producción de cargas eléctricas. Debido a esto, esta clase de pilas, después de haber sido usadas cierto tiempo, quedan completamente inservibles y deben ser reemplazadas por nuevas.

## Símbolos

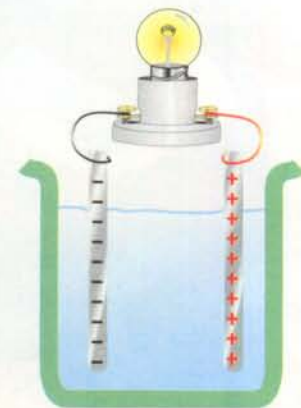
Sin importar su estructura química, las baterías se encuentran formadas por una o varias celdas. Aquellas formadas por una sola celda reciben el nombre de **pilas**, mientras que aquellas formadas por varias celdas son las **baterías** propiamente dichas y el voltaje final entregado por ellas es igual a la suma de los voltajes de cada una de las celdas básicas. En la **figura 5.4** se muestran los símbolos empleados en electrónica para representarlas. El electrodo positivo o ánodo se identifica con el signo (+), mientras que el electrodo negativo o cátodo se identifica con el signo (-).



**Figura 5.1.** Estructura de una pila húmeda



**Figura 5.2.** Acumulación de cargas en una pila húmeda



**Figura 5.3** Funcionamiento de la pila húmeda

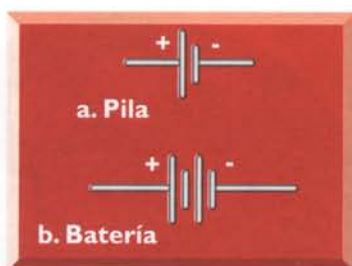


Figura 5.4. Símbolos

### Clasificación

Las pilas se clasifican en dos grandes grupos, ya sea como primarias o secundarias. La principal diferencia entre ambas es que la pila secundaria es recargable, lo que significa que, cuando la reacción química que se da en su interior finaliza y ya no suministra energía, se puede recargar, es decir, se puede restablecer su estado químico original. Por el contrario, la pila primaria, no se puede recargar y cuando ya no suministra energía es necesario cambiarla por una nueva.

### Pilas y baterías primarias

En este tipo de pilas y de baterías no se pueden revertir las reacciones químicas que se encargan de producir la corriente eléctrica, por lo tanto, cuando se han descargado, deben ser remplazadas por una nueva. Actualmente se utilizan diferentes tecnologías para la fabricación de este tipo de pilas y baterías, las más comunes son las de carbón-zinc, las alcalinas, las de litio y las de óxido de plata; aunque se fabrican también con otras tecnologías.

**Pilas y baterías de carbón-zinc:** son también llamadas pilas secas, aunque realmente no sean así. Están compuestas por las siguientes partes, figura 5.5:

1. Un cilindro de zinc que es el electrodo negativo (cátodo).
2. Una barrita de carbón, ubicada en el centro, que hace de electrodo positivo (ánodo).
3. Un electrolito formado por una pasta de amianto o de celulosa humedecida en cloruro de amonio; puede ser también una solución de cloruro de amonio o de cloruro de zinc.

Este tipo de pilas y baterías proporcionan típicamente un voltaje de 1,5V por celda. Cuando la bate-

ría se ha descargado, ya sea porque se ha secado el electrolito o porque la cubierta de zinc se ha desgastado, el voltaje entre sus terminales disminuye hasta 1,1V; en este momento es necesario remplazarla por una nueva, debido a que ha terminado su ciclo de vida útil.

**El voltaje suministrado por una pila, no depende de su tamaño, sino de los materiales empleados como electrodos y de la concentración del electrolito.** Por esta razón, encontramos pilas muy pequeñas que suministran el mismo voltaje que una grande; y encontramos también las pilas denominadas de trabajo pesado, las cuales tienen una alta concentración de cloruro de zinc en el electrolito y gracias a esto producen más corriente que una pila seca normal.

Las pilas secas se identifican por el voltaje que suministran y por su tamaño. Comúnmente se designan con las letras A, AA, AAA, B, C, D, E, F, G y N. **Figura 5.6**

Este tipo de pilas son muy económicas, tienen muy baja capacidad de corriente y se descargan gradualmente cuando no se están utilizando. Son usadas frecuentemente para alimentar linternas y radios.



Figura 5.5. Estructura interna de una pila de carbón-zinc.



Figura 5.6. Tamaños comerciales de las pilas y baterías secas comunes.

**Las pilas y baterías alcalinas:** figura 5.7. Se diferencian principalmente de las pilas secas, debido a que el electrolito es una solución fuertemente alcalina de hidróxido de potasio, el cual hace que tengan una mayor capacidad de corriente que las pilas secas, además él hace que no se descarguen tan fácilmente cuando están guardadas y que su periodo de vida útil sea más largo. Se consiguen comercialmente en las mismas presentaciones que las pilas secas y son muy empleadas en equipos de fotografía, juguetes y otras aplicaciones similares.

**Las pilas y baterías de litio:** Figura 5.8. Suministran 3V por celda y corrientes más altas que las

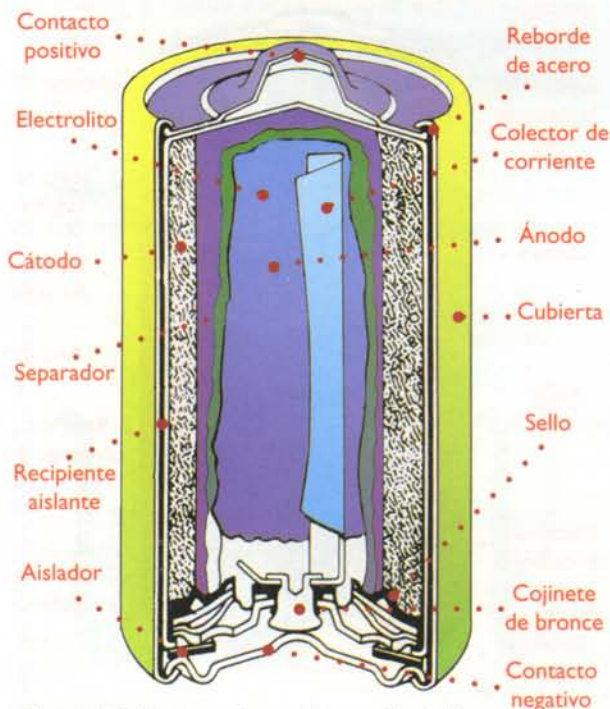


Figura 5.7. Estructura interna de una pila alcalina.

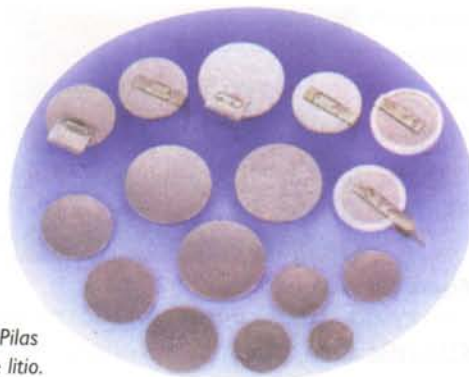


Figura 5.8. Pilas y baterías de litio.

pilas secas y las alcalinas. Están compuestas por un cátodo de dióxido de manganeso, un ánodo de litio metálico y el electrolito es una solución de dióxido de azufre. Algunas, que suministran 3,6V por celda, tienen el electrolito de cloruro de tionilo. Son empleadas principalmente como baterías de respaldo en computadoras y otros sistemas digitales. Su vida útil es de 5 a 20 años aproximadamente y son más compactas y livianas que las demás. Deben ser usadas con cuidado ya que pueden llegar a explotar si las condiciones de trabajo no son las apropiadas.

**Las pilas y baterías de dióxido de plata:** suministran 1,5V por celda. El ánodo es un gel de zinc pulverizado, el cátodo una combinación de óxido de plata con dióxido de manganeso y el electrolito una solución de hidróxido de sodio o de potasio. **Figura 5.9.** Son utilizadas principalmente en relojes y audífonos para sordos.

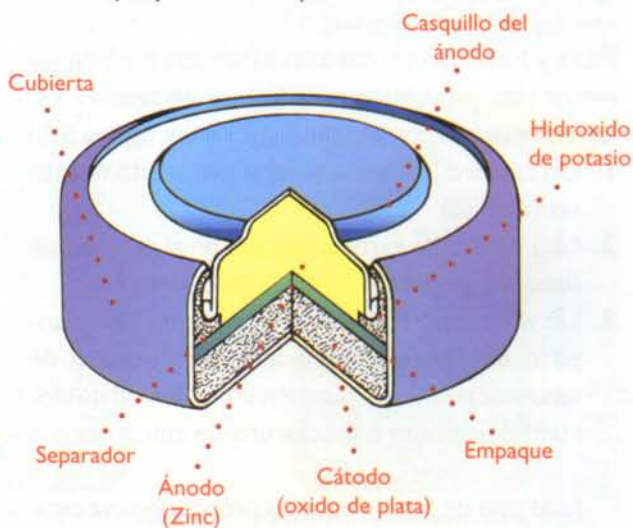


Figura 5.9. Estructura interna de una pila de óxido de plata

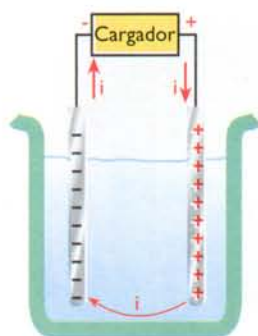


Figura 5.10. Conexión básica para la recarga de una batería

## Pilas y baterías secundarias o recargables

A este grupo pertenecen aquellas en las cuales se pueden restablecer las condiciones que existían antes de que se descargaran, pues las reacciones químicas que se dan en su interior no destruyen los electrodos. Al proceso por medio del cual se restablecen las condiciones iniciales a este tipo de baterías, se le llama **recarga**, y se produce invirtiendo el flujo de la corriente, es decir suministrándole corriente continua desde una fuente externa. **Figura 5.10.** De acuerdo a los materiales con que se fabrican, pueden clasificarse en varios grupos así:

**Pilas y baterías de plomo ácido:** figura 5.11, suministran máximo 2,2V por celda, pero cuando están alimentando grandes cargas, su voltaje puede bajar a 2V. Cada pila o batería está conformada por:

- Un recipiente aislante, resistente a la corrosión.
- Una solución acuosa de ácido sulfúrico diluido en agua, que sirve de electrolito.
- Una placa de peróxido de plomo en forma de rejilla, que sirve de ánodo.
- Una placa de plomo también en forma de rejilla, que sirve de cátodo.

Se fabrican típicamente con voltajes de 2V, 4V, 6V, 12V y 24V. Su capacidad, que se mide en amperios



Figura 5.11. Pilas y baterías de plomo ácido

La **capacidad** de una batería, indica la cantidad de energía que puede proporcionar en condiciones específicas de descarga. Se mide en amperios-hora. Por ejemplo, si una batería tiene una capacidad de 100 Ah quiere decir que puede suministrar una corriente de 20A durante 5 horas. Si la carga es de 10A, puede durar 10 horas.

hora (Ah), puede llegar a ser muy alta, del orden de 500. Son empleadas principalmente para alimentar el sistema eléctrico en automotores y motocicletas.

**Pilas y baterías de níquel-cadmio:** figura 5.12, suministran 1,2V por celda. Son empleadas generalmente para alimentar teléfonos celulares, cámaras de video, computadoras portátiles, etc. Están conformadas por:

- Un ánodo de hidróxido de níquel.
- Un cátodo de cadmio metálico.
- Un electrolito de hidróxido de potasio.

Se identifican por su tamaño, por el voltaje y por la corriente que suministran. Las más comerciales son las del tipo botón, AA, AAA, C, D; y los paquetes de baterías, formadas por varias pilas interconectadas entre sí. Pueden proporcionar corrientes muy altas en forma continua y tienen una vida útil de 2 a 4 años aproximadamente. Son más costosas que las de plomo-ácido y su eficiencia se ve reducida debido al efecto *memoria*, que se produce cuando no se dejan descargar totalmente antes de recargarlas de nuevo.

**Pilas y baterías de níquel-metal:** suministran 1,2V por celda. Se consiguen comercialmente en las mismas presentaciones de las de níquel-cadmio y se identifican de la misma forma; además son más costosas y menos comerciales que las anteriores. **Figura 5.13**



Figura 5.12. Pilas y baterías de níquel - cadmio



**Figura 5.13.** Pilas y baterías de níquel-metal



**Pilas de litio iónico:** es una nueva tecnología, que se está introduciendo al mercado, aunque aún no son muy comerciales. Suministran 3,6V por celda y son generalmente planas. **Figura 5.14**

En la actualidad son muy populares las denominadas **celdas fotovoltaicas**, conocidas también como **celdas fotogalvánicas** o **celdas autogeneradoras**; cuando éstos dispositivos reciben luz producen un voltaje entre sus terminales. Su comportamiento es muy similar al de las pilas y demás fuentes de corriente continua, pues pueden ser conectadas en serie o en paralelo cuando se requiere obtener voltajes o corrientes mayores; además, su voltaje de salida, cuando no tienen carga, es mayor que cuando tienen carga. La conexión de pilas y baterías en serie y en paralelo, se estudia en la sección de teoría.

**Tipos de celdas fotovoltaicas:** las celdas fotovoltaicas pueden ser de tres tipos principalmente: de metal semiconductor, de selenio, o de silicio, siendo las dos últimas las más comerciales. El voltaje de salida de una celda fotovoltaica se mide, por lo general, sin carga y cuando está siendo iluminada por una fuente de luz estándar de 100 ft-cd (pies-candela). Las celdas de selenio suministran típicamente voltajes comprendidos entre 0,2V y 0,45V, mientras que las de silicio suministran voltajes del orden de 0,3V a 1,5V. Comercialmente se consiguen conjuntos de celdas de 12V, 24V, 28V, 32V, etc.

La capacidad de las celdas fotovoltaicas, se mide cuando éstas son iluminadas por la misma fuente de

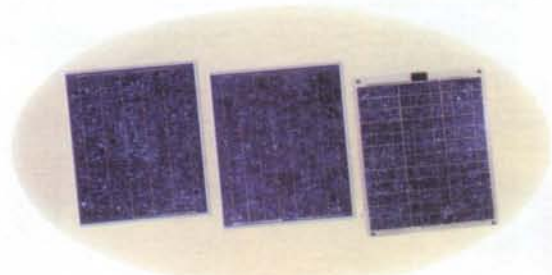


**Figura 5.14.** Pilas y baterías de litio iónico.

luz estándar con que se mide el voltaje que suministran, pero ahora en condiciones de cortocircuito. Para las celdas de selenio, la corriente de salida puede variar entre 15 $\mu$ A y 800 $\mu$ A, mientras que para las de silicio, puede variar entre 5mA y 40mA.

Las celdas fotovoltaicas son empleadas con frecuencia en medición y tareas de control, principalmente en instrumentos analíticos, detectores de humo, lectores de tarjetas, detectores de exposición fotográfica, etc. Se consiguen comercialmente en forma individual, o formando parejas emisor – receptor, las cuales se encuentran acopladas espectralmente.

Una aplicación especial de las celdas fotovoltaicas, son las denominadas **celdas solares**, llamadas así porque son capaces de generar potencia eléctrica a partir de la luz solar; son empleadas en cargadores de baterías y en la operación de equipos de radio en zonas tropicales y desérticas, en naves espaciales, y en general, en todos aquellos sitios donde no se dispone de energía eléctrica convencional, o su suministro es muy costoso. **Figura 5.15**



**Figura 5.15.** Celdas solares.



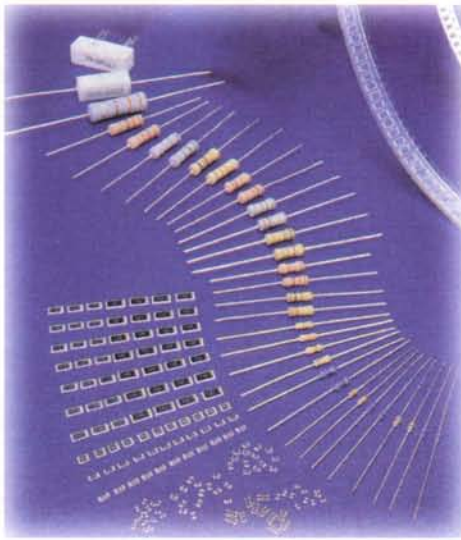


Figura 6.1. Resistencias fijas

En electrónica, con frecuencia, se requiere el uso de valores específicos de oposición al paso de la corriente, por esta razón se fabrican dispositivos especiales con el fin de que proporcionen entre sus terminales valores conocidos de resistencia. A los dispositivos diseñados con este propósito, se les conoce también con el nombre de **resistencias** (*resistors*), y su unidad de medida es el ohmio ( $\Omega$ ).

Las resistencias pueden clasificarse principalmente en dos categorías: **fijas** o **variables**, dependiendo de si su valor es fijo o puede modificarse por algún medio; cada uno de estos tipos a su vez pueden subdividirse en otras categorías dependiendo de varios factores.

## Las resistencias fijas

Figura 6.1, son aquellas que presentan un solo valor de resistencia entre sus terminales, su símbolo es el que se muestra en la figura 6.2



Figura 6.3. Estructura interna de las resistencias fijas



Figura 6.2. Símbolos de las resistencias fijas y variables

## Clasificación

Las resistencias fijas pueden clasificarse en varias categorías dependiendo de:

- El material en que están elaboradas el cual depende del uso específico que se le da a cada una de ellas, así por ejemplo: las resistencias de potencia están fabricadas con **aleaciones metálicas**, mientras que las de uso común en electrónica son hechas de **carbón**, debido a que este material posee una alta resistencia, lo cual permite que sean pequeñas físicamente, pero que ofrezcan un alto grado de oposición al paso de la corriente. La fabricación de las resistencias de carbón y las de aleaciones metálicas es muy diferente; su estructura interna se observa en la figura 6.3.

En las resistencias de carbón, pequeñas cantidades de este material se depositan en el interior de un cilindro aislante donde sus terminales se conectan a dos contactos metálicos, mientras que en las resistencias fabricadas con aleaciones metálicas, el alambre se enrolla alrededor de un cilindro aislante, y luego es recubierto con algún material también aislante, generalmente porcelana. Comercialmente se consiguen resistencias hechas con otras tecnologías como son las resistencias de película de carbón y las de película metálica.



Figura 6.4. Resistencias para montaje por inserción

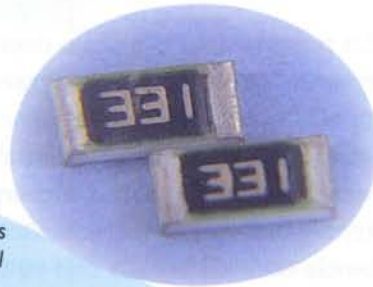


Figura 6.5. Resistencias para montaje superficial

- Las resistencias se clasifican también dependiendo del método de instalación en los circuitos electrónicos; así pueden ser para montaje por inserción, **figura 6.4**, cuando se instalan a través de orificios que se hacen sobre la placa del circuito impreso; o para montaje superficial, las cuales son muy pequeñas y se sueldan directamente sobre las pistas del circuito impreso, **figura 6.5**.

### ¿Qué debemos tener en cuenta cuando seleccionamos una resistencia?

**El valor especificado en ohmios:** debido al tamaño reducido de las resistencias utilizadas en la mayoría de los circuitos electrónicos, su valor se indica por medio de una secuencia de colores en forma de cuatro o cinco bandas que se leen de izquierda a derecha, comenzando por la que esté más próxima al extremo. A cada color le corresponde un número y viceversa; a este método se le ha llamado “**código de colores**”.

En el código de las cuatro bandas, que es el más común, la primera banda representa la primera cifra, la segunda banda es la segunda cifra y la tercera

banda es el multiplicador o sea el número de ceros que siguen después de las dos primeras cifras o números. La cuarta banda, generalmente de color dorado o plateado indica la tolerancia, o precisión lo cual explicaremos más adelante, **figura 6.6**.

No se preocupe si no puede memorizar rápidamente el código de colores, poco a poco y con la práctica, irá familiarizándose con él y rápidamente estará leyendo las resistencias como lo haría una persona experimentada, quien con solo mirarla reconoce su valor.



Figura 6.6. Código de colores

Para familiarizarnos con la lectura del código de colores, analicemos los siguientes ejemplos: **figura 6.7**.

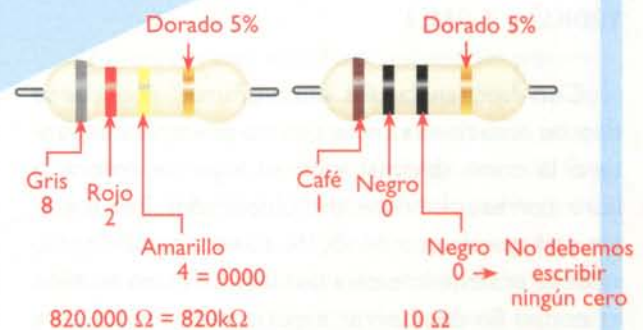


Figura 6.7. Ejemplos de aplicación del código de colores

E24	E12
10	10
11	
12	12
13	
15	15
16	
18	18
20	
22	22
24	
27	27
30	
33	33
36	
39	39
43	
47	47
51	
56	56
62	
68	68
75	
82	82
91	

Tabla 6.2

## Valores normalizados

Los valores de las resistencias, de uso común en electrónica, se han normalizado solo con ciertos valores ya que sería imposible tenerlos todos. Así, por ejemplo, la serie E12 se emplea para las resistencias con el 10% de tolerancia y recibe este nombre porque comprende 12 valores; la serie E24 ha sido normalizada para las resistencias del 2% y del 5% de tolerancia y se llama así porque comprende 24 valores. **Tabla 6.2.** Note que los valores de la serie E12 se repiten en la serie E24, éstos son los más usados.

### ¿Para qué sirven dichas series?

Las dos cifras de la serie E12 o de la serie E24, son multiplicadas por múltiplos o submúltiplos de 10 y éstos son los valores que se encuentran en

el comercio especializado. Por ejemplo, si tomamos el valor 12 de la tabla de valores normalizados y aplicamos los multiplicadores, obtendremos:

**0,12Ω, 1,2Ω, 12Ω, 120Ω, 1.200Ω, 12.000Ω, 120.000Ω y 1.200.000Ω**

Podemos evitar la escritura de números tan grandes mediante el empleo de las convenciones comunes utilizando los múltiplos así: la letra K que equivale a multiplicar por 1.000 y la letra M que equivale a multiplicar por 1.000.000. Entonces los valores anteriores quedarían expresados como:

**0,12Ω, 1,2Ω, 12Ω, 120Ω, 1,2KΩ, 12KΩ, 120KΩ y 1,2MΩ**

Con frecuencia nos encontramos con cierto tipo de notaciones en las que no se emplea el punto o la coma decimal y en su lugar se coloca la letra correspondiente al multiplicador. Por ejemplo en lugar de escribir 5,1K, se escribe 5K1; esto se debe principalmente a dos factores: uno de ellos es con el fin de ahorrar espacio y el otro es para evitar que, a medida que se reproduzca el circuito

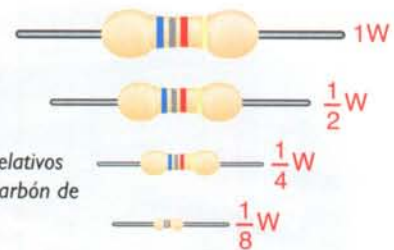


Figura 6.8. Tamaños relativos de las resistencias de carbón de acuerdo a su potencia

mediante fotocopias, se borre dicho punto; si esto llegara a suceder podríamos confundir una resistencia de 4,7K con una de 47K, lo que sin lugar a duda afectaría el funcionamiento del circuito, impidiendo tal vez su funcionamiento.

**La potencia:** es el trabajo desarrollado por la corriente eléctrica al circular a través de la resistencia, se manifiesta por la emisión de calor y se especifica en vatios. En las resistencias de alambre dicho valor viene especificado sobre el cuerpo del componente, mientras que en las resistencias de carbón la potencia está relacionada con su tamaño físico, así: a mayor tamaño, mayor potencia puede disipar y viceversa. En la **figura 6.8**, se muestran los tamaños relativos para las resistencias de 1/8W, de 1/4W, de 1/2W y de 1W. Para calcular la potencia que debe disipar una resistencia dentro de un circuito y poder hacer la elección correcta, debemos calcularla en función de la corriente que circulará a través de ella y elegir la resistencia inmediatamente superior; por ejemplo: si por una resistencia de 4,7KΩ circula una corriente de 10mA, la potencia disipada será:

$$P = I^2 \times R$$

$$P = (10\text{mA})^2 \times (4,7\text{K}\Omega)$$

$$P = 0,47\text{W}$$

Debemos elegir la resistencia cuya potencia sea inmediatamente superior, es decir, una de 0,5W, por lo tanto, en nuestro circuito debemos usar una resistencia de 4,7KΩ a 1/2W o superior, de lo contrario ella se sobrecalentará y podrá llegar a destruirse.

**¿Cómo se prueban?** En la práctica las resistencias se prueban mediante el uso del multímetro análogo o el digital así: (**Figura 6.9**)

1. Coloque la perilla selectora en la función de ohmios (Ω) y en el rango apropiado. Este rango



Figura 6.9. Prueba de las resistencias con el multímetro

depende del valor tentativo que usted dio a la resistencia que va a medir; si no conoce el valor tentativo de la resistencia, debe colocar el selector del rango en su máxima posición.

2. Conecte el terminal de prueba rojo en el orificio marcado (+) y el terminal negro en el marcado (-).
3. Ponga en cortocircuito los dos terminales de prueba y ajuste en cero la aguja en la escala de ohmios.



Figura 6.10. Potenciómetros



Figura 6.11. Estructura interna de un potenciómetro



Figura 6.11. Símbolo de los potenciómetros

4. Tome la resistencia que desea medir, toque con las dos puntas de prueba sus terminales (no importa cual) y lea en la escala en ohmios ( $\Omega$ ).
5. Para conocer el valor de la resistencia se debe multiplicar el valor leído en la escala por el rango que señale la perilla.

La prueba y medida de resistencias se estudia detalladamente en la sección de electrónica práctica.

**La tolerancia:** con ella el fabricante nos está garantizando que el valor de la resistencia está comprendido dentro de un rango de valores mayor o menor a un tanto por ciento (%) del valor nominal, es decir, del valor que se encuentra marcado sobre el cuerpo de la resistencia. Por ejemplo: una resistencia con una tolerancia del 5%, cuyo valor nominal es  $1000\Omega$ , podrá tener realmente entre sus terminales un valor de resistencia comprendido entre los  $950\Omega$  y los  $1.050\Omega$ . Ésta se indica por medio de la cuarta banda en el código de colores.

## Resistencias variables

A este grupo pertenecen aquellas resistencias cuyo valor puede variar dependiendo de la acción de agentes externos, como por ejemplo: los medios mecánicos, la temperatura, la luz, etc. En esta lección nos ocuparemos de aquellos accionados por medios mecánicos; los demás tipos serán estudiados detalladamente en lecciones posteriores.

Las resistencias variables accionadas por medios mecánicos, **figura 6.10**, además de los dos terminales fijos, poseen un tercer terminal o brazo móvil, el cual está sujeto a un eje central. Éste puede desplazarse a lo largo del material resistivo y, **figura 6.11** nos permite tomar solamente los valores de resistencia que necesitamos. Dichas resistencias reciben el nombre de potenciómetros y se representan como se muestra en la **figura 6.12**

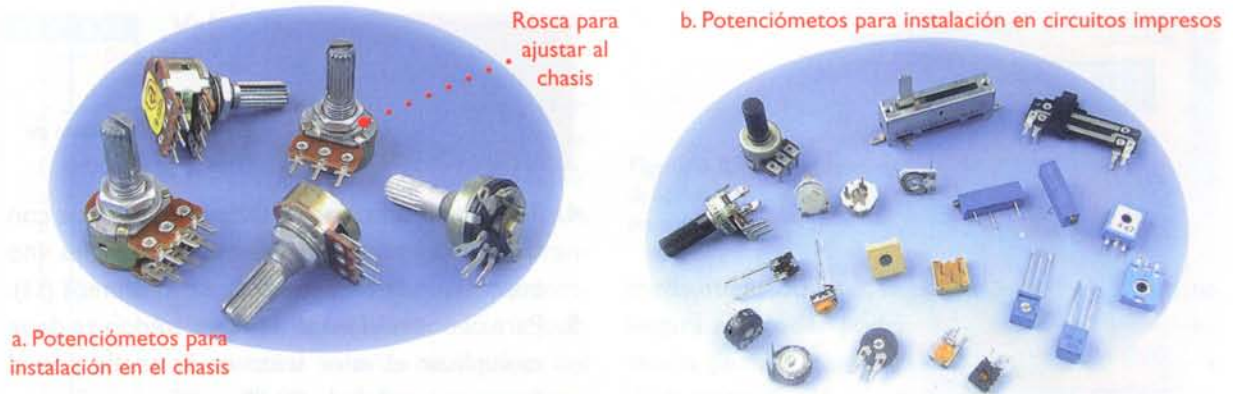


Figura 6.13. Potenciómetros para instalación en el chasis y en los circuitos impresos

## Clasificación

Los potenciómetros pueden clasificarse en varias formas así:

- De acuerdo a la forma de instalación, pueden ser: para *chasis* o para circuito impreso. **Figura 6.13.** En los potenciómetros para *chasis*, sus ejes sobresalen hacia el exterior y poseen un mecanismo para facilitar su manipulación; por lo general la carcasa es roscada lo que permite sujetarlos al equipo con la ayuda de una tuerca. Son más robustos que los de circuito impreso ya que deben ser manipulados un gran número de veces, por lo que además deben ser muy resistentes al desgaste mecánico.
- Dependiendo de si son diseñados para variar constantemente su valor o para ser ajustados en un valor determinado, pueden ser **variables** o **ajustables**. Los **potenciómetros de ajuste**, **figura 6.14**, son generalmente pequeños y se instalan en el interior de los equipos y sistemas electrónicos mediante la inserción de sus terminales en las placas de los circuitos impresos, donde son prácticamente inaccesibles para los usuarios.
- Dependiendo del material en que están fabricados pueden ser de **carbón**, de **alambre**, o de **plástico conductor** formado por una mezcla de metales preciosos y vidrio o polvo cerámico.
- Dependiendo del número de vueltas que pueda dar el eje central, pueden ser **de una vuelta**, la cual es de aproximadamente  $270^\circ$  o **de varias vueltas**, llamados también **multivuelta**, **figura 6.15**; éstos en general son potenciómetros de ajuste, empleados en aquellos circuitos donde se requiere un alto grado de precisión. El recorrido total de su resistencia se efectúa con aproximadamente 10 a 20 vueltas de su eje central, el cual es un tornillo sinfín.



Figura 6.14. Potenciómetros de ajuste

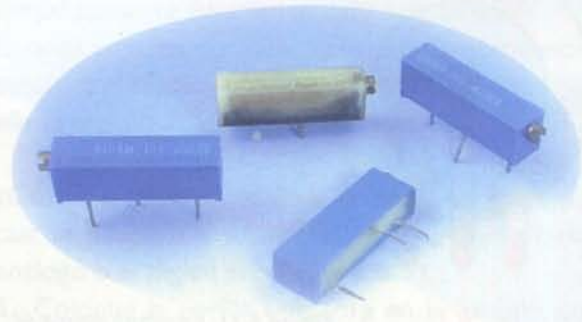


Figura 6.15. Potenciómetros multivuelta (trimmer)

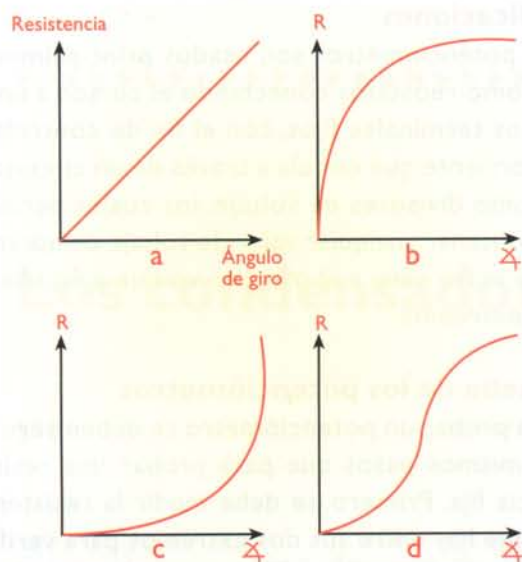


Figura 6.16. Curvas de la variación de la resistencia de los potenciómetros, de acuerdo al desplazamiento del cursor

Según la forma como varía su resistencia pueden ser:

1. **Potenciómetros lineales:** cuando el valor de la resistencia aumenta o disminuye en forma directamente proporcional al ángulo de rotación, o al número de vueltas que ha dado el eje central. Se identifican porque están marcados con la letra **B**. Figura 6.16a.
2. **Potenciómetros logarítmicos:** son usados principalmente en circuitos de audio, por lo que están diseñados para ser instalados en el *chasis* de los equipos electrónicos. Éstos, a su vez, pueden ser de tres tipos:
  - a. **De variación logarítmica positiva:** en este tipo de potenciómetros, el valor de la resistencia aumenta de manera muy rápida al principio del giro, mientras que al final del giro lo hace de manera muy lenta. Figura 6.16b
  - b. **De variación logarítmica negativa:** en éstos la variación de la resistencia es totalmente opuesta a los anteriores; es muy lenta al principio y se hace muy rápida al final del giro. Figura 6.16c
  - c. **De variación bilogarítmica:** no son muy comerciales, combinan el efecto producido por los otros dos, su resistencia aumenta muy lentamente al principio del giro, rápidamente en los valores medios, y nuevamente se hace lenta al final del giro. Figura 6.16d

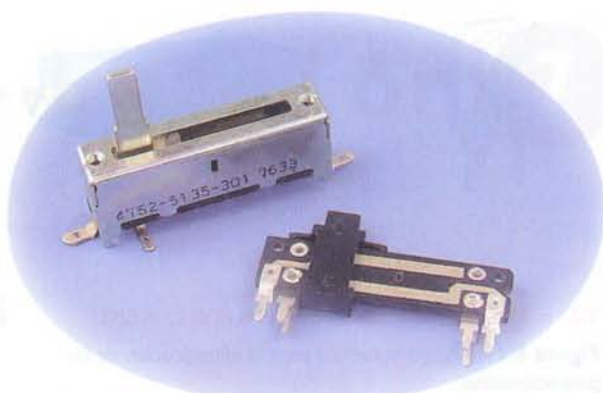
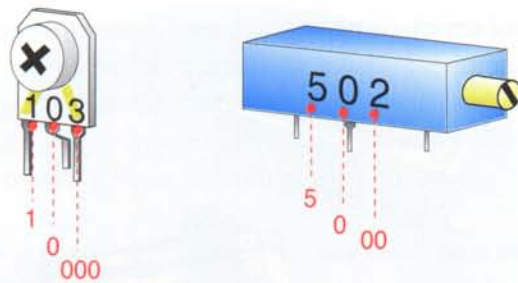


Figura 6.17. Potenciómetros deslizables

- Existen además los denominados **potenciómetros múltiples**, los cuales están conformados por dos o más potenciómetros acoplados mecánicamente entre sí. Dentro de esta categoría los más comunes son los **potenciómetros dobles**, conformados simplemente por dos potenciómetros independientes los cuales son accionados por un eje común. Son empleados principalmente en circuitos amplificadores y circuitos de control de tonos o ecualizadores estereofónicos, donde es necesario controlar ambos canales al mismo tiempo. Figura 6.17
- En todos los potenciómetros estudiados hasta ahora la variación de la resistencia se produce mediante el giro del cursor. Existe también un tipo especial de potenciómetros denominados **deslizables** o **longitudinales**, en los cuales la variación de la resistencia se obtiene desplazando de un lado al otro el cursor o mando situado en la parte superior. Son muy usados en los ecualizadores de sonido. Figura 6.18



Figura 6.18. Potenciómetros dobles



103 = 10.000Ω = 10KΩ    502 = 5.000Ω = 5KΩ

**Figura 6.19.** Código numérico para la identificación de los potenciómetros

## ¿Qué debemos tener en cuenta cuando seleccionamos un potenciómetro?

**El valor:** dependiendo del tipo y el tamaño del potenciómetro, el valor de su resistencia puede especificarse de varias formas. Generalmente el dato que viene impreso en el cuerpo de los potenciómetros es su valor nominal, es decir el valor de la resistencia medida entre sus extremos. Comúnmente se manejan dos series: una comprende los múltiplos de 1, de 2,2 y de 4,7 y la otra los múltiplos de 1, de 2,5 y de 5. En algunos tipos de potenciómetros, especialmente en los de ajuste y los multivuelta, su valor está marcado con un tipo de notación especial conformada por tres cifras que se leen tal como se indica en la **figura 6.19**.

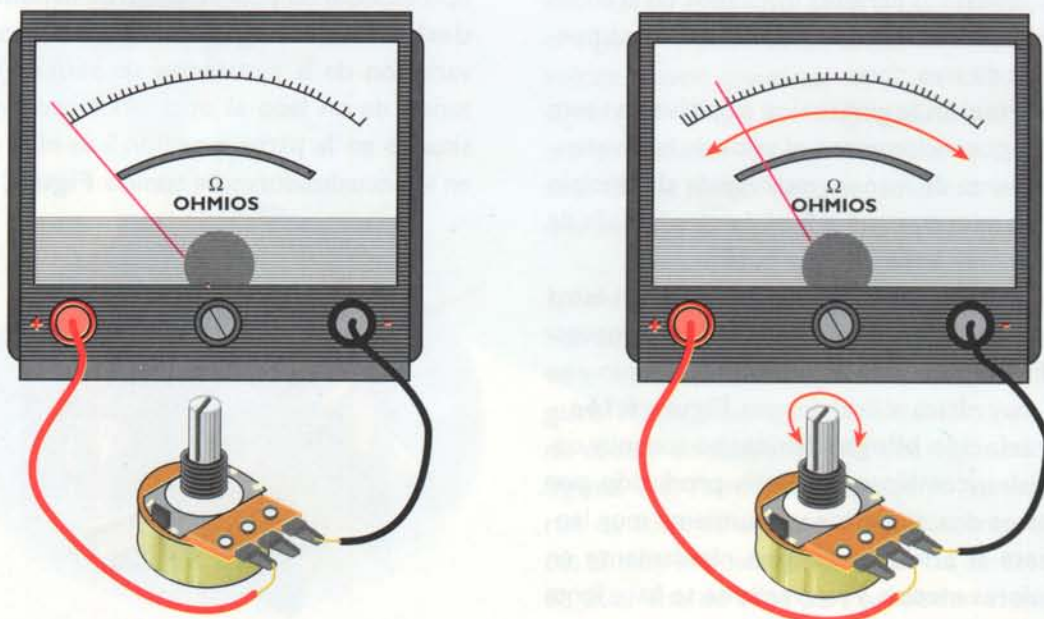
**La tolerancia y la potencia disipada:** son especificadas claramente sobre el cuerpo de los potenciómetros.

## Aplicaciones

Los potenciómetros son usados principalmente como reóstatos conectando el cursor a uno de los terminales fijos, con el fin de controlar la corriente que circula a través de un circuito; o como divisores de voltaje, los cuales permiten obtener cualquier valor de voltaje comprendido entre cero y el máximo voltaje aplicado a sus extremos.

## Prueba de los potenciómetros

Para probar un potenciómetro se deben seguir los mismos pasos que para probar una resistencia fija. Primero, se debe medir la resistencia que hay entre sus dos extremos para verificar que corresponda con la especificada sobre su cuerpo. Luego, se debe verificar si la resistencia varía correctamente a medida que se desplaza el cursor. Para hacerlo conecte uno de los terminales del multímetro en uno de los extremos, y el otro, conéctelo al terminal central y mueva la perilla del potenciómetro; a medida que usted hace esto, la aguja del multímetro debe moverse en el intervalo de valores comprendidos entre 0Ω y el valor medido entre sus extremos. La prueba de potenciómetros con el multímetro se estudia en detalle en la sección de electrónica práctica. **Figura 6.20**



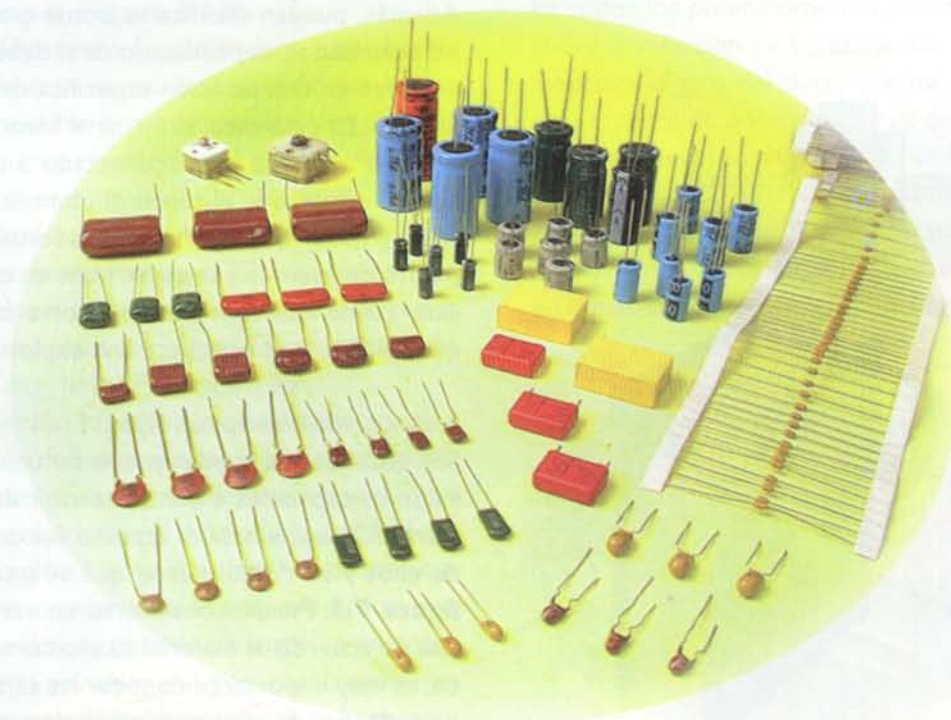
**Figura 6.20.** Prueba de los potenciómetros con el multímetro



# Lección 7

## Los condensadores

Son, después de las resistencias, los componentes más usados en los circuitos electrónicos. Su principal característica es que tienen la capacidad de almacenar energía eléctrica en forma temporal.

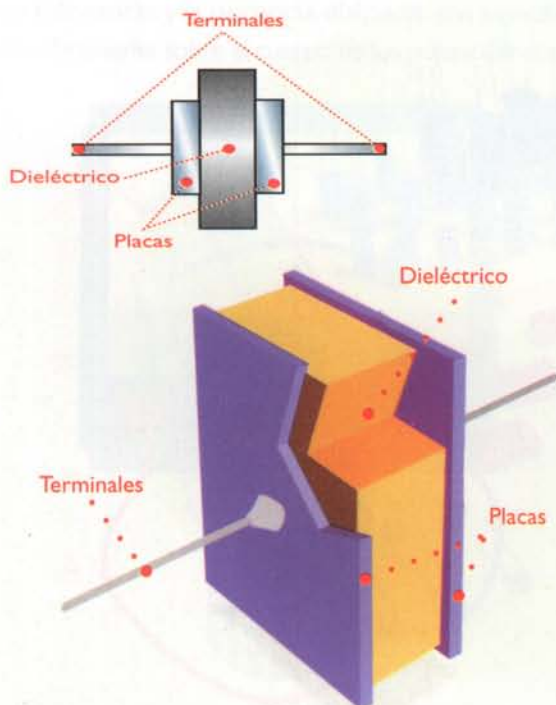


Los condensadores (*capacitors*) están conformados básicamente por dos placas metálicas conductoras separadas por un material aislante llamado **dieléctrico**, el cual puede ser de papel, cerámica, aire, mica, cuarzo y fibras sintéticas, entre otros.

Sin importar el dieléctrico o la apariencia física de un condensador simple, éste siempre tiene dos terminales los cuales se encuentran conectados internamente a las placas metálicas. **Figura 7.1**

El valor de un condensador expresa la habilidad que éste tiene para almacenar cargas eléctricas, la cual es denominada **capacidad** (*capacity*) y se representa mediante la letra **C**. Dicha capacidad depende principalmente del tamaño de las placas y de la separación entre ellas.

Su unidad de medida es el **faradio (f)**; sin embargo, un faradio es una unidad muy grande y no se utiliza en la práctica. Debido a esto, los condensadores reales se fabrican con capacidades iguales a submúltiplos de la unidad fundamental; como son el **microfaradio  $\mu f$**  ( $1 \times 10^{-6}$ ), el **nanofaradio  $nf$**  ( $1 \times 10^{-9}$ ) y el **picofaradio  $pf$**  ( $1 \times 10^{-12}$ ).



**Figura 7.1.** Estructura básica de un condensador fijo



**Figura 7.2.** Condensadores fijos



**Figura 7.3.** Símbolos de los condensadores fijos

## Clasificación

Los condensadores, al igual que las resistencias, pueden clasificarse principalmente en dos categorías: **fijos** y **variables**, dependiendo de si su capacidad es fija o puede modificarse por algún medio. Además, pueden clasificarse como polarizados y no polarizados, dependiendo de si deben o no conectarse en una posición específica dentro de un circuito. En este caso, el terminal identificado con el signo (+) debe estar conectado a un nivel de voltaje mayor que el terminal identificado con el signo (-). Hay que ser muy cuidadosos en el momento de hacer la conexión, pues en caso de que éste quede mal conectado se corre el riesgo de que se dañe o se produzca una explosión.

## Los condensadores fijos

Son aquellos que pueden presentar únicamente un valor de capacidad entre sus terminales. En la **figura 7.2** se muestra el aspecto físico de algunos de ellos y su símbolo es el que se muestra en la **figura 7.3**. Pueden clasificarse en varias categorías de acuerdo al material usado como dieléctrico; es muy importante conocer las características de cada uno de ellos para así poder usarlos de la manera más adecuada.

## Condensadores cerámicos

Están constituidos por un disco de material cerámico el cual, además de desempeñarse como dieléctrico, actúa como un soporte cuyas superficies interior y exterior están metalizadas con plata y sobre ellas se sueldan los terminales, **figura 7.4**. Todo este conjunto se recubre con un material aislante. Son los más apropiados para ser usados en aquellos equipos o sistemas electrónicos que manejan altas frecuencias de operación. Se fabrican con capacidades comprendidas entre los 0,5pF y los 100nf. En la **figura 7.5** se muestra la estructura interna típica de este tipo de condensadores.

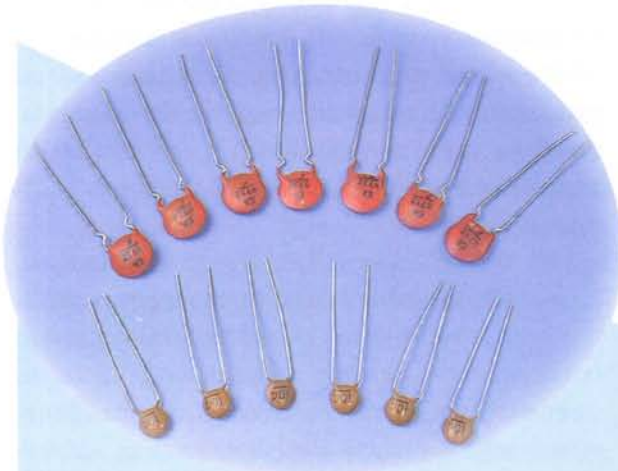


Figura 7.4. Condensadores cerámicos

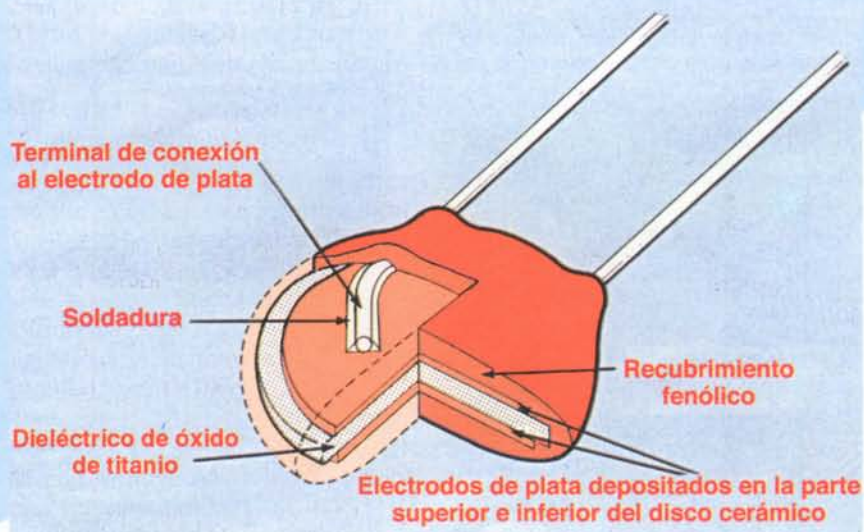


Figura 7.5. Estructura interna típica de los condensadores cerámicos

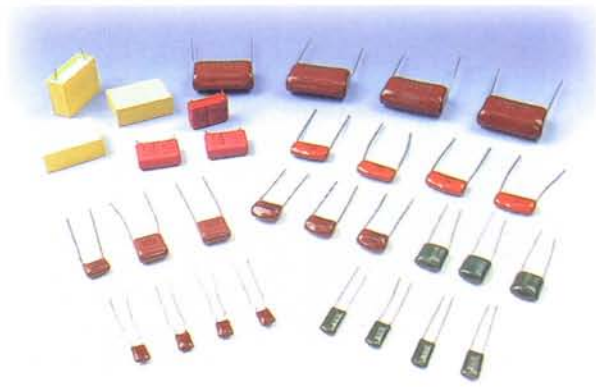


Figura 7.6. Condensadores de película plástica

## Condensadores de película plástica

Ésta puede ser de poliestireno, propileno, policarbonato, estiroflex, milar, poliéster, etc, **figura 7.6**. Se fabrican con dos cintas muy finas de este material las cuales se encuentran metalizadas por una cara, dejando en el borde de cada una de ellas una banda sin cubrir, en lados opuestos. Dichas cintas, se enrollan en si mismas y cada uno de los terminales está unido a una de las cintas metalizadas. Todo lo anterior está recubierto con una capa de material aislante. Son usados principalmente en circuitos que manejan frecuencias bajas o medias y como condensadores de paso. En algunas ocasiones, se utilizan para altas frecuencias; sin embargo presentan pérdidas con frecuencias superiores a



Figura 7.7. Estructura interna típica de los condensadores de película plástica

1MHz. Se fabrican con capacidades relativamente altas y voltajes de operación hasta de 1.000V. En la figura 7.7 se observa la estructura interna de un condensador de película plástica.

## Condensadores de papel

Su dieléctrico es de papel parafinado y su capacidad está comprendida entre los 100pf y 1mf.

## Condensadores de mica

Reciben este nombre debido a que su dieléctrico es de mica. Son usados principalmente en aquellos circuitos donde se necesita una gran estabilidad y altos voltajes de operación, debido a que la mica es un material muy estable y un gran aislante. Se fabrican con capacidades comprendidas entre 1pf y 100nf.



Figura 7.8. Condensadores electrolíticos de aluminio

Todos los condensadores mencionados hasta ahora no son polarizados. Dentro de la gran variedad de condensadores fijos, existe un tipo especial el cual es polarizado; éstos son los llamados **condensadores electrolíticos**.

## Condensadores electrolíticos

Se fabrican con capacidades mucho mayores que los anteriores y pueden ser a su vez de dos tipos:

### a. Condensadores electrolíticos de aluminio:

Están formados por una fina banda de aluminio conectada al terminal positivo, recubierta por una capa de óxido de aluminio que se comporta como dieléctrico, sobre ésta se coloca una capa de papel humedecido en un líquido conductor llamado electrolito y finalmente otra capa de aluminio, la cual está conectada al terminal negativo del condensador. Estas capas son enrolladas e introducidas en un tubo de aluminio el cual es cerrado herméticamente. **Figura 7.8**

Son usados principalmente en circuitos de filtro, para desacoplos en bajas frecuencias y como condensadores de paso. Su comportamiento no es bueno para altas frecuencias. Se fabrican generalmente con capacidades superiores a 1mf. So-

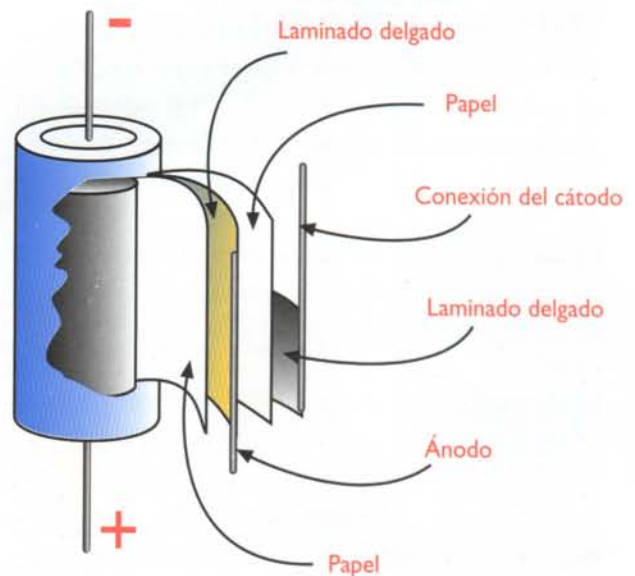


Figura 7.9. Estructura interna típica de los condensadores electrolíticos de aluminio

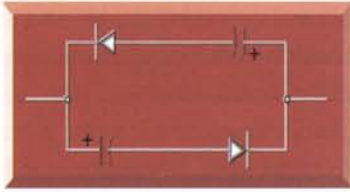


Figura 7.10. Condensadores electrolíticos no polarizados

bre su cuerpo se encuentran claramente especificados su capacidad, su tolerancia, su temperatura, el voltaje máximo de operación y una indicación de su polaridad, es decir, un signo (+) ó lo que es más frecuente un signo (-) justo al lado del terminal negativo. En la **figura 7.9** se muestra la estructura interna de un condensador electrolítico de aluminio.

Los condensadores electrolíticos son por lo general polarizados, sin embargo, en ocasiones necesitará usar o escuchará hablar de los condensadores electrolíticos no polarizados. Éstos se construyen conectando dos condensadores electrolíticos normales, tal como se indica en la **figura 7.10**. Los diodos tienen la función de evitar el flujo de corrientes inversas.

#### b. Condensadores electrolíticos de tantalio:

Su estructura interna es muy similar a la de los condensadores electrolíticos de aluminio, con la diferencia que en lugar de aluminio se usa una lámina de tantalio recubierto de una fina capa de óxido de tantalio amorfo, el cual tiene un mayor poder aislante que el óxido de aluminio; su electrolito suele ser seco. Son usados principalmente

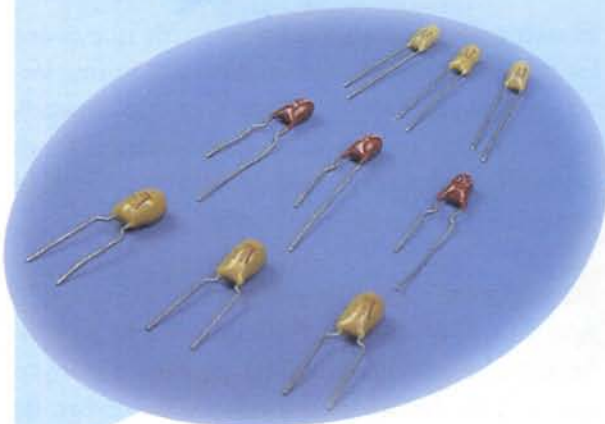


Figura 7.11. Condensadores electrolíticos de tantalio

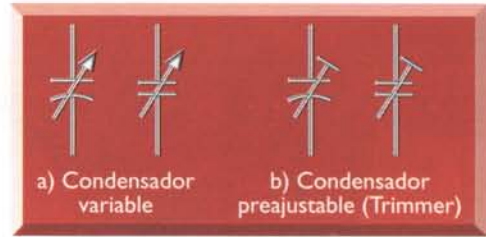


Figura 7.12. Símbolos de los condensadores variables

como condensadores de paso en circuitos de baja frecuencia y se fabrican generalmente en forma de gota, aunque los hay también tubulares y su principal ventaja es su tamaño reducido. También son condensadores polarizados, por lo que tienen la indicación de la polaridad en sus terminales. **Figura 7.11**

#### Los condensadores variables

Nos permiten obtener valores de capacidad comprendidos entre un valor máximo y un valor mínimo preestablecidos por el fabricante. Son accionados por medios mecánicos y dependiendo de si son diseñados para variar constantemente su valor o para ser ajustados a un valor determinado, pueden clasificarse como **condensadores variables** y como **condensadores ajustables**. En la **figura 7.12** se observan los símbolos usados para representarlos.

En los **condensadores variables**, **figura 7.13**, sus láminas metálicas son móviles. La mitad de ellas están fijas y la otra mitad pueden accionarse mediante un eje, y hacer que entren en las ranuras que separan a las primeras variando así la superficie enfrentada entre las placas. Dependiendo de su valor



Figura 7.13. Condensadores variables

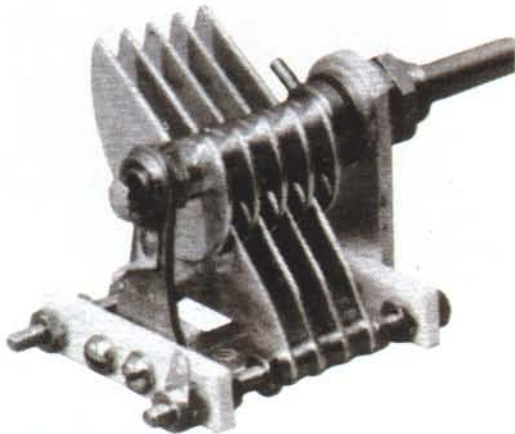


Figura 7.14. Estructura interna de los condensadores variables

pueden tener dos o más placas; son relativamente robustos debido a que deben soportar un gran número de manipulaciones y su dieléctrico es por lo general el aire. Son empleados principalmente en los circuitos de sintonía de los receptores de radio. Su capacidad puede variar entre los 5pf y los 500pf típicamente. En la **figura 7.14** se muestra la estructura interna de este tipo de condensadores.

Los dieléctricos empleados en los **condensadores ajustables** pueden ser: mica, vidrio, aire o cerámica, o una combinación de ellos, por ejemplo: mica-aire, cerámica-aire, etc. Se basan también en la variación de la superficie enfrentada entre las placas o la distancia que exista entre ellas. Son más frágiles que los ya que normalmente se ajustan al valor deseado y se fijan para que no se muevan de nuevo. Son usados por lo general para compensar o ajustar pequeñas diferencias en la calibración de los equipos y sistemas electrónicos. Son conocidos también como *trimmers* y su capacidad es de muy pocos picofaradios.

Actualmente se dispone comercialmente de condensadores en estado sólido denominados **varactores** o **varicaps**. Son condensadores variables, pero a diferencia de los ya mencionados, su capacidad no varía por medios mecánicos, sino en función de un voltaje externo aplicado a sus terminales. Pueden proporcionar capacidades inferiores a los 0,4 pf (usadas en microondas), hasta superiores a los 2.000 pf (para tareas de alta fre-

cuencia). Se usan principalmente en circuitos de sintonía de radio y televisión, en circuitos multiplicadores de frecuencia, etc.

## ¿Qué debemos tener en cuenta cuando seleccionamos un condensador?

**La capacidad:** es la posibilidad de acumulación de carga eléctrica de un condensador cuando se aplica un voltaje determinado; ésta depende del tamaño y la distancia entre las placas así como del material usado como dieléctrico. Como lo habíamos mencionado anteriormente, la unidad de medida de la capacidad es el faradio.

**La tolerancia:** nos indica los valores máximo y mínimo que podrá tener la capacidad del condensador.

**El voltaje de operación:** es el voltaje máximo que puede soportar un condensador sin destruirse.

**El coeficiente de temperatura:** nos indica la variación de la capacidad de un condensador con el aumento de la temperatura. Se expresa por lo general en ppm/°C (partes por millón por grado centígrado) y dependiendo de si la capacidad aumenta, disminuye, o permanece constante con las variaciones de la temperatura, puede ser positivo (P), negativo (N), o cero. Siempre que se reemplace un condensador, el sustituto debe tener el mismo coeficiente de temperatura.

**El uso que se le va a dar:** recuerde que todos los condensadores no responden de la misma forma a diferentes señales de entrada; esto depende del dieléctrico empleado en su fabricación. Tenga siempre presente este aspecto antes de decidirse por un tipo en particular.

## Formas de identificación

Anteriormente, el valor de la capacidad de los condensadores se indicaba usando el mismo método que para las resistencias: mediante un código de colores con las mismas equivalencias.

En la actualidad se consiguen comercialmente unos pocos ejemplares de este tipo, ya que este código ha dejado de usarse con el correr del tiempo y, cuando no se especifica claramente el valor de la capacidad en microfaradios, nos encontramos con una serie de letras y números que a simple vista puede parecer que no tienen relación con lo estudiado hasta ahora. Los condensadores identificados con este tipo de codificación han sido fabricados en el Japón y la identificación de su capacidad está codificada de acuerdo a las normas industriales estándar del Japón, conocidas como código JIS (*Japan Industrial Standard*). En el esquema de la **figura 7.15**, se indica la forma de utilizar este código.

### ¿Qué significan las letras y números impresos sobre el condensador?

El primer número y la primera letra se refieren al

voltaje máximo de operación; los tres números siguientes indican el valor de la capacidad en picofaradios, así: los dos primeros números corresponden a las dos primeras cifras significativas de la capacidad y el tercero indica la cantidad de ceros que se deben agregar a la derecha. Para conocer la capacidad en microfaradios basta con dividir ese resultado entre un millón.

Para obtener una mayor claridad acerca del manejo del código JIS, analicemos los ejemplos mostrados en la **figura 7.16**.

Al igual como sucede con las resistencias, comercialmente no se consiguen condensadores de todas las capacidades sino que se han normalizado unos valores estándar. Existen varias series de valores normalizados, entre ellas la más común es la serie E-12 que contiene doce valo-

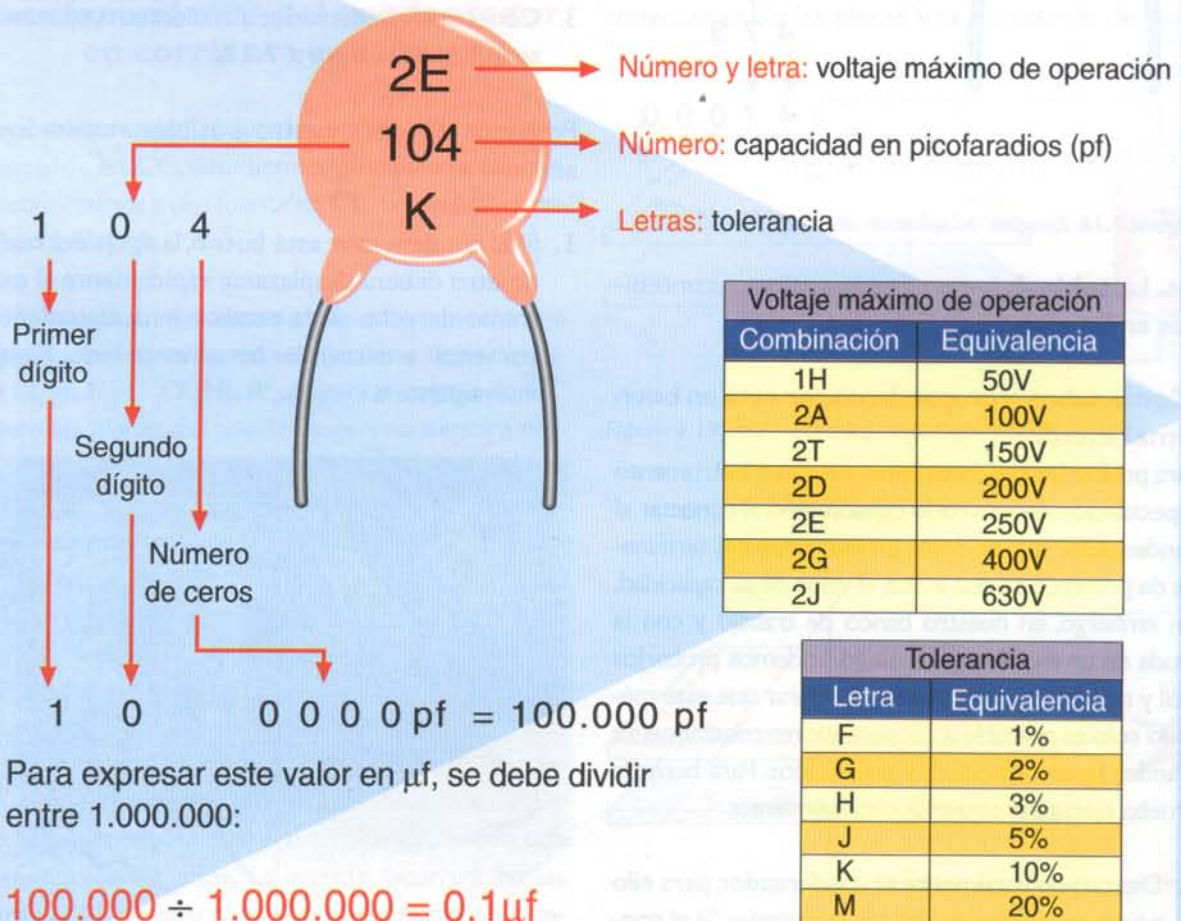


Figura 7.15. Código de colores para la identificación de condensadores

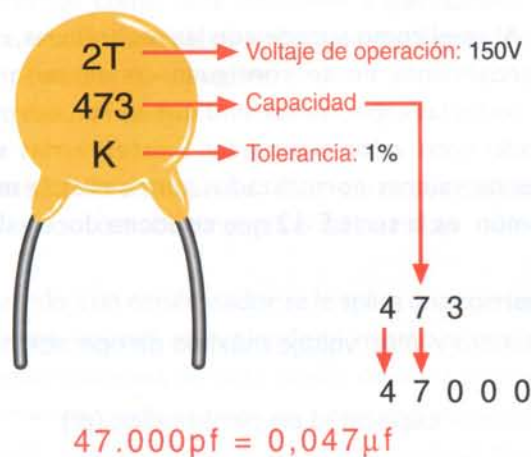
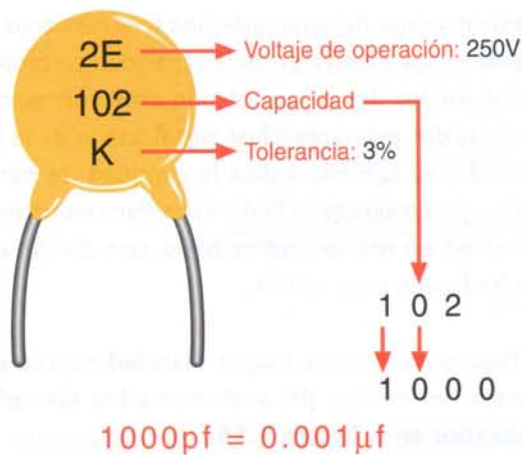


Figura 7.16. Ejemplos de aplicación del código JIS

res. La **tabla 7.1** muestra los valores contenidos en las series E-3, E-6 y E-12.

### ¿Cómo saber si un condensador está en buen o mal estado?

Para probar los condensadores existe un instrumento especializado denominado **capacímetro**; al conectar el condensador que se desea probar entre sus terminales de prueba, éste nos indica el valor de su capacidad. Sin embargo, en nuestro banco de trabajo y con la ayuda de un **multímetro** análogo podemos probarlos fácil y rápidamente. Es necesario aclarar que este método solo es aplicable a condensadores relativamente grandes (gran capacidad) y polarizados. Para hacer la prueba ejecute el siguiente procedimiento:

1. Descargue totalmente el condensador, para ello ponga en cortocircuito sus terminales. Si el condensador está cargado verá una pequeña chispa.

Serie E-3	Serie E-6	Serie E-12
1	1	1
		1,2
	1,5	1,5
		1,8
2,2	2,2	2,2
		2,7
	3,3	3,3
4,7		3,9
	4,7	4,7
		5,6
	6,8	6,8
		8,2

Figura 7.1. Valores normalizados para los condensadores

2. Seleccione en el multímetro la función para medir resistencias en un rango relativamente pequeño.
3. Conecte el condensador al multímetro, tal como se indica en la **figura 7.17**.

Podemos obtener cuatro posibles resultados, así:

1. Si el condensador está bueno, la aguja del multímetro deberá desplazarse rápidamente al extremo derecho de la escala e inmediatamente comenzar a descender lentamente hasta llegar nuevamente a cero.

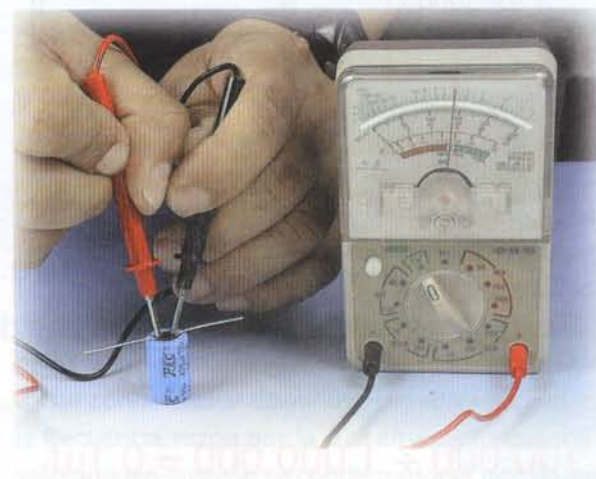


Figura 7.17. Prueba de condensadores con el multímetro

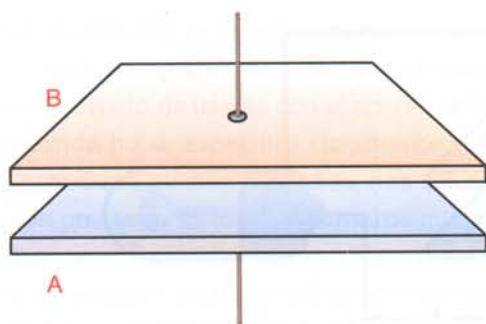


Figura 7.18. Condensador sin carga

2. Si el condensador tiene fugas, la aguja se desplazará al extremo derecho de la escala y cuando está retornando a cero se detendrá en un punto cualquiera.
3. Si el condensador está abierto la aguja permanecerá inmóvil.
4. Si el condensador está en cortocircuito, la aguja se desplazará al lado derecho ( $0\Omega$ ) y no retornará más (se quedará en ese punto).

### Funcionamiento del condensador en corriente continua

Para comprender el funcionamiento de un condensador en CC, estudiemos qué sucede cuando lo conectamos a una fuente de CC, como por ejemplo, una batería.

Mientras el condensador no está conectado a ninguna fuente es neutro, es decir, no tiene ninguna carga, **figura 7.18**. Al aplicar un voltaje de CC entre las placas del condensador, no existirá ningún paso de corriente a través del mismo, debido a la presencia del dieléctrico (aislante); sin embargo, se produce una acumulación de cargas eléctricas entre las placas debido a que el terminal negativo de la batería repele los electrones libres del conductor hacia la placa A, mientras que el terminal positivo de la batería atrae los electrones libres de la placa B; de modo tal que en la placa conectada al terminal negativo de la fuente de CC habrá una acumulación de electrones y en la capa conectada al positivo se producirá una disminución de ellos. Lo mismo ocurrirá en las caras del dieléctrico que se encuentran en contacto con las placas. **Figura 7.19**.

El proceso de carga continúa hasta que el voltaje en el condensador iguala el voltaje de la batería, pues, el voltaje aplicado ya no es capaz de hacer que los electrones libres circulen por los conductores. Durante este proceso la corriente está circulando por todo el circuito, pero no por mucho tiempo, debido a que el proceso de carga es muy rápido.

Si se suspende el suministro de CC, la carga acumulada se mantiene debido a la fuerza de atracción eléctrica entre las placas cargadas. Para neutralizar la carga que existe en un condensador, es decir, para descargarlo, sólo es necesario que exista una trayectoria de conducción entre las placas; por ejemplo: si se ponen en cortocircuito los terminales del condensador se produce una corriente alta pero muy corta entre ellos, que genera una chispa y descarga el condensador. **Figura 7.20**. De la misma forma, podemos conectar entre las placas una resistencia de car-

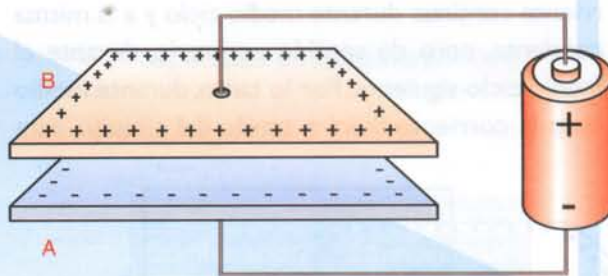


Figura 7.19. Proceso de carga de un condensador

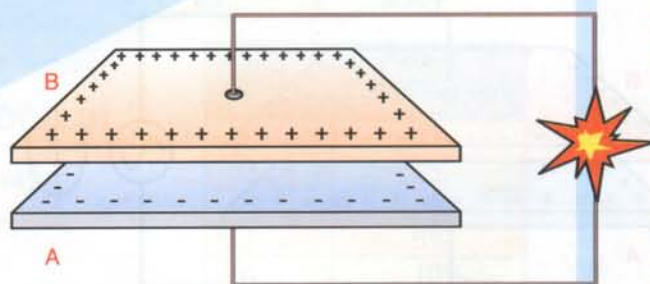


Figura 7.20. Descarga de un condensador poniendo en cortocircuito sus terminales

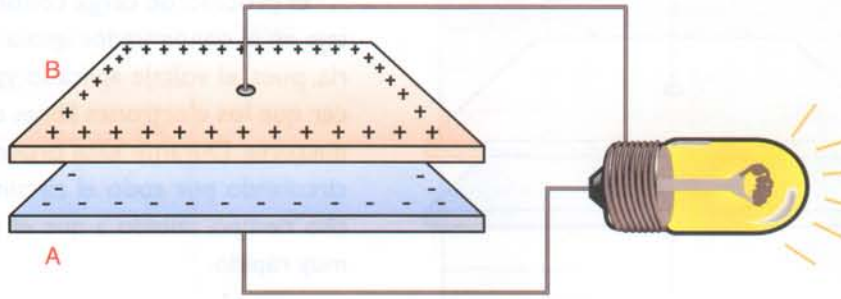


Figura 7.21. Descarga de un condensador a través de una resistencia

ga que puede ser un bombillo, entonces observaremos cómo éste enciende y permanece en ese estado durante un corto tiempo, **figura 7.21**. El proceso de descarga es tan rápido como el proceso de carga.

## Funcionamiento del condensador en corriente alterna

Cuando a un condensador se le aplica una corriente alterna, se está sometiendo al mismo a una corriente continua durante medio ciclo y a la misma corriente, pero de sentido contrario, durante el medio ciclo siguiente. Por lo tanto, durante medio ciclo la corriente fluirá a través del circuito para

cargar el condensador y durante el medio ciclo siguiente una corriente fluirá en sentido contrario a través del circuito para descargar el condensador, y cargarlo nuevamente con la polaridad contraria. **Figura 7.22**.

En conclusión: cuando se aplica a un condensador un voltaje de CA, éste se carga y se descarga periódicamente. Primero, el condensador se carga con una polaridad y entonces se descarga; luego el condensador se carga con la polaridad opuesta y entonces vuelve a descargarse. Por lo tanto, podemos ver que, si conectamos un voltaje de CA a través de un condensador, una corriente alterna fluirá siempre a través del circuito.

**En general, podemos decir que un condensador bloquea el paso de la corriente continua y permite el paso de la corriente alterna.**

Los ciclos de CA de carga y descarga son los que proporciona la CA que circula por el circuito, la cual tiene la misma frecuencia que el voltaje aplicado. El dieléctrico debe soportar los cambios de polaridad que se producen rápidamente y debería tener la habilidad de cambiar su polarización a este mismo ritmo. Si la frecuencia aumenta, el dieléctrico no podrá seguir los cambios a la misma velocidad y la polarización disminuirá, por lo tanto disminuirá su capacidad. En conclusión, la capacidad de un condensador disminuye cuando se aumenta la frecuencia, razón por la cual en altas frecuencias solo pueden emplearse condensadores con determinados tipos de dieléctrico.

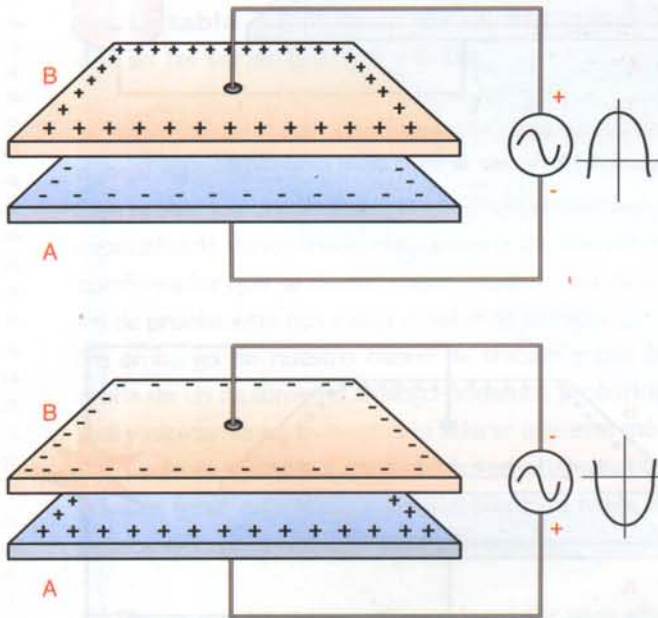


Figura 7.22. Funcionamiento de un condensador en corriente alterna

# Lección 8

## Las bobinas

Las bobinas, con las resistencias y los condensadores, forman el principal grupo de componentes pasivos en la electrónica. Por su forma y construcción pueden almacenar temporalmente energía eléctrica en forma de corriente y oponerse a los cambios de la misma, fenómeno que recibe el nombre de **inductancia**.

Están conformadas por varias vueltas de alambre aislado o esmaltado enrolladas alrededor de un núcleo. Algunos tipos de bobinas las podemos construir de acuerdo a nuestras necesidades, debido a que se fabrican con materiales fáciles de conseguir.





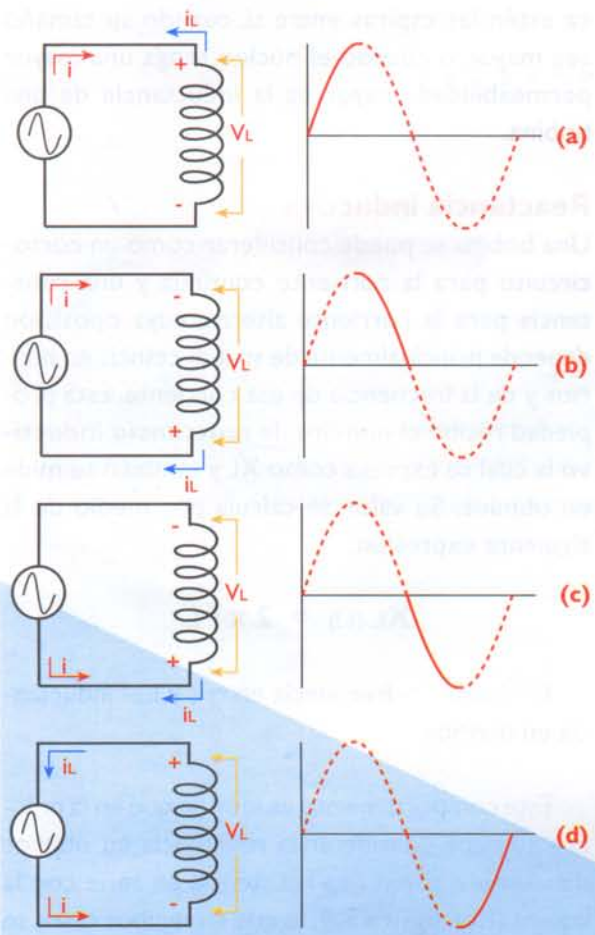


Figura 8.2. Variación del campo magnético

En la **figura 8.2b**, aunque la corriente está circulando en la misma dirección, la magnitud de ésta disminuye. El voltaje inducido en la bobina produce una corriente en la misma dirección que la producida por la fuente, sumándose a la primera e impidiendo que disminuya.

En la **figura 8.2c**, la fuente cambia de polaridad, por lo que la corriente empieza a aumentar en la dirección opuesta. El voltaje inducido en la bobina genera una corriente que va en la dirección contraria a la de la fuente, oponiéndose al aumento de la primera corriente.

En la **figura 8.2d**, observamos cómo la corriente producida por la fuente comienza a disminuir; como consecuencia de esto, el voltaje inducido cambia de polaridad y produce una corriente que circula en la misma dirección que la producida por

la fuente de alimentación, sumándose y contrarrestando así la disminución de la corriente en el circuito. Debido a esto, el voltaje inducido recibe comúnmente el nombre de **fuerza contraelectromotriz** o fuerza electromotriz contraria. A esto es lo que se llama **inductancia**.

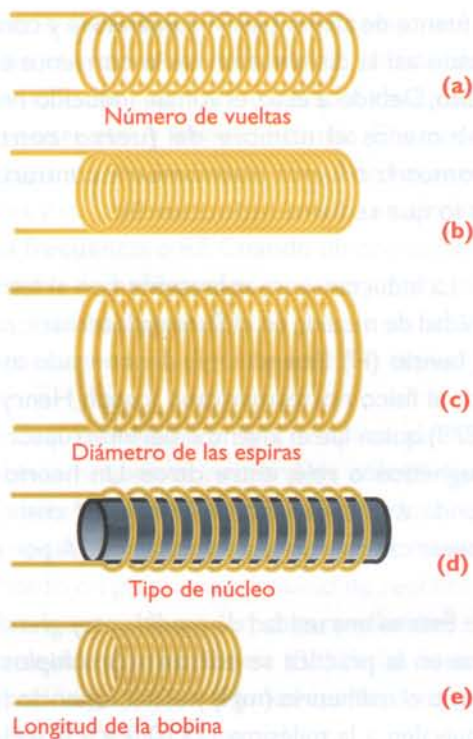
La inductancia se representa con la letra **L** y su unidad de medida en el Sistema Internacional (SI) es el henrio (H) (*henry* ó *Hy*), denominado así en honor al físico norteamericano Joseph Henry (1797 - 1878) quien fue el inventor del interruptor electromagnético o relé, entre otros. Un henrio corresponde a la capacidad de inducir 1V cuando la corriente cambia con una velocidad de 1A por segundo.

Ésta es una unidad de medida muy grande por lo que en la práctica se utilizan submúltiplos de ella, como el milihenrio (mH) y el microhenrio ( $\mu\text{H}$ ) que equivalen a la milésima ( $1 \times 10^{-3}$ ) y a la millonésima ( $1 \times 10^{-6}$ ) parte de un henrio, respectivamente. Las primeras bobinas o choques utilizados en los aparatos antiguos de radio, sonido, o televisión tenían una inductancia de varios henrios; actualmente los valores típicos para las bobinas más utilizadas en la electrónica se encuentran en milihenrios (mH) y microhenrios ( $\mu\text{H}$ ). Las bobinas también deben especificar cuál es su corriente máxima de trabajo en amperios, lo que está determinado por el calibre o diámetro del alambre con el cual están fabricadas.

De acuerdo a las características de construcción de las bobinas, la inductancia depende de:

**El número de vueltas de la bobina:** la inductancia aumenta en forma directamente proporcional con el cuadrado del número de espiras ( $N^2$ , siendo N el número de espiras). Así, por ejemplo, si se duplica el número de vueltas, conservando el diámetro de éstas y su longitud, la inductancia se aumenta cuatro veces. Por ejemplo, la bobina de la **figura 8.3b** tiene una inductancia mayor que la de la **figura 8.3a**.

**El área (diámetro) de cada vuelta:** cuando se aumenta el área de cada vuelta, también se incrementa la inductancia. Es decir, una bobina donde



**Figura 8.3.** Factores que determinan la inductancia en una bobina

las vueltas son más grandes tiene una inductancia mayor. La bobina de la **figura 8.3c**, tiene más inductancia que la de la **figura 8.3a**, aun cuando ambas tienen el mismo número de espiras.

**La permeabilidad del núcleo:** la inductancia de una bobina depende de la facilidad con que el núcleo pueda ser atravesado por un campo magnético. Así, por ejemplo, la permeabilidad de una bobina con núcleo de aire es igual a uno. La bobina de la **figura 8.3d**, tiene mayor inductancia que la bobina de la **figura 8.3a**.

**La longitud:** si se mantiene el mismo número de vueltas y se distribuyen en un núcleo de longitud mayor, la inductancia disminuye debido a que se produce una menor concentración del campo magnético; lo contrario sucede si el núcleo es de longitud menor. La bobina de la **figura 8.3e** tiene una inductancia mayor que la de la **figura 8.3a**, ya que la última se encuentra enrollada sobre un núcleo de menor longitud.

En resumen, cuando más grande sea el número de espiras de una bobina, cuando más cer-

ca estén las espiras entre sí, cuando su tamaño sea mayor, o cuando el núcleo tenga una mayor permeabilidad, mayor es la inductancia de una bobina.

## Reactancia inductiva

Una bobina se puede considerar como un cortocircuito para la corriente continua y una resistencia para la corriente alterna, cuya oposición depende principalmente de su inductancia en henrios y de la frecuencia de esa corriente. Esta propiedad recibe el nombre de **reactancia inductiva** la cual se expresa como  $X_L$  y también se mide en ohmios. Su valor se calcula por medio de la siguiente expresión:

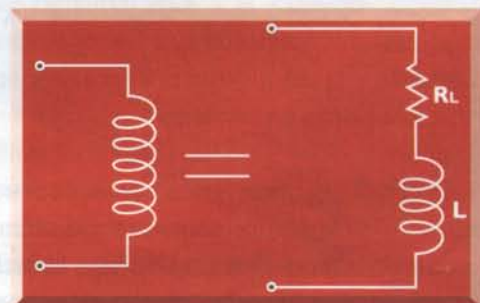
$$X_L (\Omega) = 2 \pi f L$$

En donde  $f$  = frecuencia en cps y  $L$  = inductancia en henrios

Este comportamiento es ideal ya que en la práctica se debe considerar la resistencia en ohmios del alambre como una resistencia en serie con la bobina ( $R_L$ ), **figura 8.4**, lo que en algunos casos se debe tener en cuenta.

## Clasificación

Las bobinas, al igual que las resistencias y los condensadores, pueden clasificarse principalmente en dos categorías: fijas y variables, dependiendo de si su inductancia es fija o puede modificarse por algún medio, ya sea por desplazamiento del núcleo o por selección de espiras mediante puntos de conexión (*taps*).



**Figura 8.4.** Circuito equivalente o real de una bobina

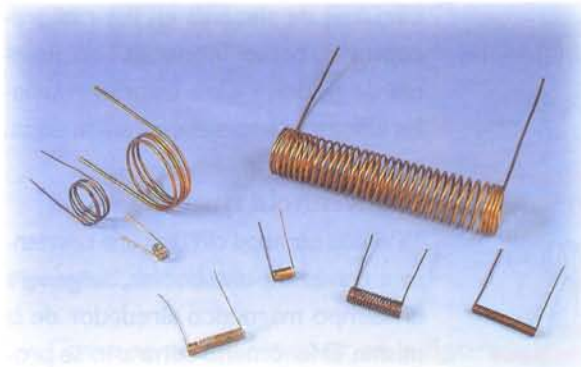


Figura 8.5. Bobinas con núcleo de aire

Tanto las bobinas fijas como las variables pueden subdividirse a su vez en otras categorías, dependiendo de varios factores, como el material del núcleo, su forma y el tipo de montaje así:

**Material del núcleo.** Éste depende de la aplicación específica que se da a cada una de ellas. Los principales tipos usados en electrónica son los de aire, los de hierro ya sea laminado o pulverizado y los de ferrita.

**1. Las bobinas con núcleo de aire:** son llamadas así aquellas que no tienen ningún núcleo en su interior. Tienen baja inductancia y se utilizan en circuitos donde se manejan señales de alta frecuencia, como radios, televisores, equipos de comunicaciones, etc. **Figura 8.5**

**2. Las bobinas con núcleo de hierro:** son usadas cuando se requiere de un valor alto de inductancia, ya que con éstas se obtiene un mayor efecto magnético que con las de núcleo de aire. Los núcleos de hierro están formados por láminas delgadas en forma de E y de I, con el fin de evitar pérdidas de energía en el proceso de inducción.

**3. Las bobinas con núcleo de ferrita:** son ampliamente utilizadas actualmente en electrónica, ya que poseen una alta inductancia y tamaño reducido, son usadas en circuitos donde se requiere manejar altas frecuencias. En la **figura 8.6**, se observan algunos ejemplos de bobinas con estos núcleos de ferrita.

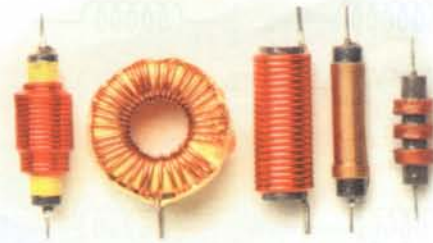


Figura 8.6. Bobinas con núcleo de ferrita



Figura 8.7. Bobinas rectas y toroidales

**Forma del núcleo.** De acuerdo a la forma del núcleo, las bobinas pueden ser rectas (lineales) o toroidales. Estas últimas son de amplia utilización actualmente. **Figura 8.7**

**Tipo de montaje.** De acuerdo a la forma en que se instalan en los circuitos electrónicos, pueden ser: de montaje por inserción o de montaje superficial. **Figura 8.8**

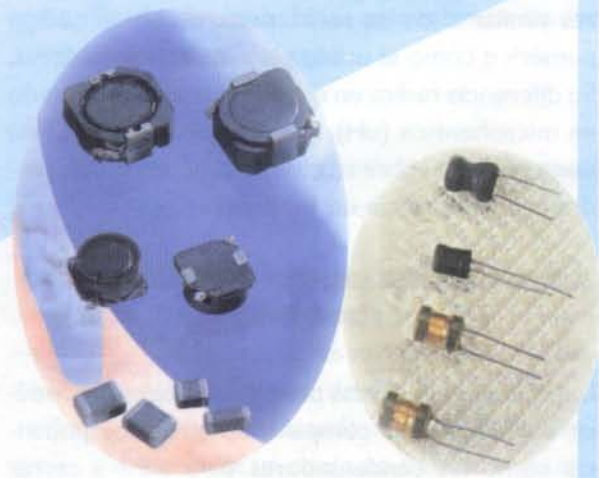


Figura 8.8. Bobinas para montaje superficial y montaje por inserción

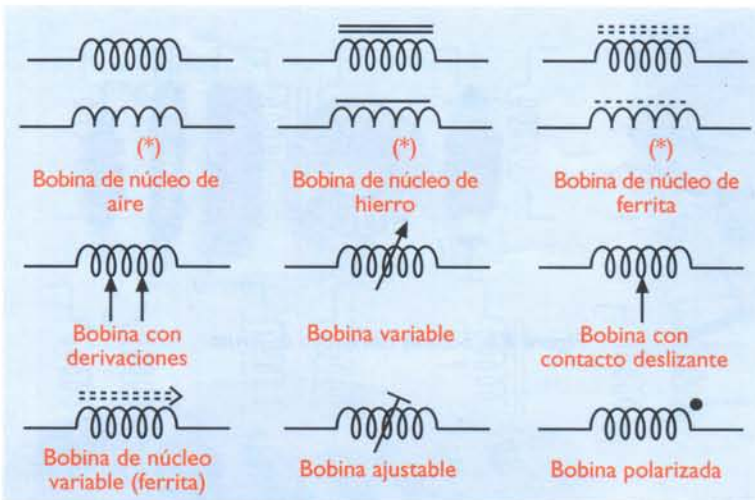


Figura 8.9. Símbolos de las bobinas

## Símbolos

Las bobinas se representan de acuerdo a sus características de construcción y a su clasificación. Su símbolo no solo especifica si la bobina es fija o variable, sino que también especifica el material del núcleo. **Figura 8.9**

## Formas de identificación

Generalmente las bobinas no tienen ningún tipo de información sobre su valor. Si deseamos conocerlo, es necesario ayudarnos de un instrumento especializado para tal fin denominado inductómetro, o por medio de un medidor RLC, **figura 8.10**. Sin embargo, comercialmente se consiguen bobinas prefabricadas, **figura 8.11**, las cuales están encapsuladas y se identifican con un código de colores similar al de las resistencias, o con un código numérico como el usado para los condensadores. Su diferencia radica en que el valor está expresado en microhenrios (uH). Por ejemplo: si una bobina tiene grabado sobre su cuerpo el número 102, tendrá una inductancia de 1.000 uH.

## Principales aplicaciones de las bobinas

Las bobinas son usadas principalmente para producir oscilaciones en compañía de otros componentes como los condensadores, para abrir y cerrar cargas por medios magnéticos, como parte de los

circuitos de sintonía en los radioreceptores, como “choques” en fuentes de poder, y para transferir señales eléctricas entre etapas, entre otras.

## Inductancia mutua

Ya vimos como, al circular una corriente a través de una bobina, se genera un campo magnético alrededor de la misma. El fenómeno contrario se produce si introducimos una bobina en un campo magnético variable, éste hará circular una corriente que inducirá un voltaje en los extremos de la bobina. Estos dos fenómenos pueden

combinarse si sometemos una bobina al campo magnético producido por otra. Así, el mismo campo magnético estará induciendo un voltaje en ambas bobinas.



Figura 8.10. Medidor digital de bobinas



Figura 8.11. Bobinas prefabricadas

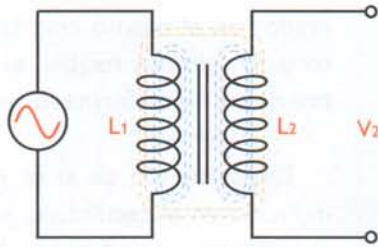


Figura 8.12. La inductancia mutua

Como se puede observar en la figura 8.12, la bobina  $L1$  está conectada a una fuente de CA. La bobina  $L2$  no está conectada a ninguna fuente ni a  $L1$ , sin embargo, sus espiras están unidas a través de un campo magnético. Por lo tanto, cualquier variación en la corriente que circula por  $L1$ , inducirá un voltaje en  $L2$ . Si todo el flujo magnético producido por  $L1$  abarca todas las espiras de  $L2$ , cada espira de ésta tendrá un voltaje inducido de la misma magnitud que  $L1$ . Recuerde que la corriente está variando, por ello el voltaje inducido también lo hace; así, el voltaje inducido será también de CA. La aplicación más importante de éste fenómeno es el transformador, el cual estudiaremos a continuación.

## Los transformadores

Son componentes conformados por dos o más bobinas enrolladas alrededor de un núcleo. La primera bobina se enrolla sobre el núcleo, la segunda sobre la primera, y así sucesivamente. La bobina que se conecta a la entrada se llama primario y la bobina que proporciona la señal de salida se llama secundario. Los transformadores son la principal aplicación derivada del fenómeno de inductancia mutua, visto anteriormente.

### Funcionamiento básico de un transformador

El funcionamiento de un transformador se basa en el fenómeno de la inducción electromagnética. Cuando se hace circular una corriente alterna por el primario, se produce un campo magnético variable alrededor de la bobina del primario cuya amplitud y frecuencia dependen de la amplitud y frecuencia de la corriente aplicada.

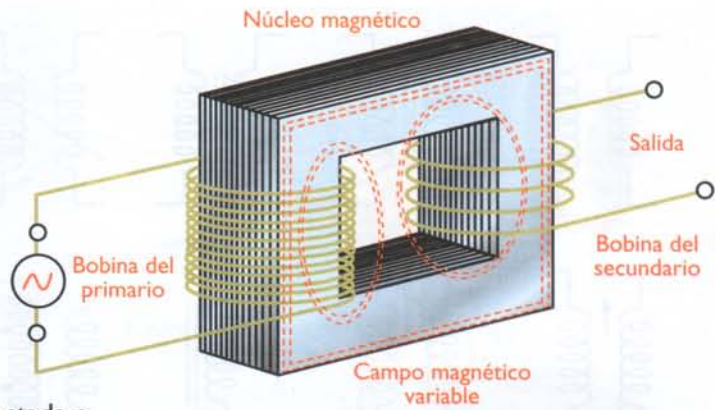


Figura 8.13. Funcionamiento básico del transformador

Este campo magnético encuentra en el núcleo un camino para transportarse y como la bobina o bobinas del secundario se encuentran enrolladas sobre el mismo núcleo, se induce en ellas un voltaje variable o alterno que depende del número de vueltas de la o las bobinas del secundario. **Figura 8.13.** Vale la pena anotar que los transformadores solo funcionan cuando se les aplica corriente alterna en la entrada.

Los transformadores se utilizan principalmente en los sistemas electrónicos, para aumentar o disminuir el nivel de voltaje y de corriente, o para transferir señales entre diferentes circuitos.

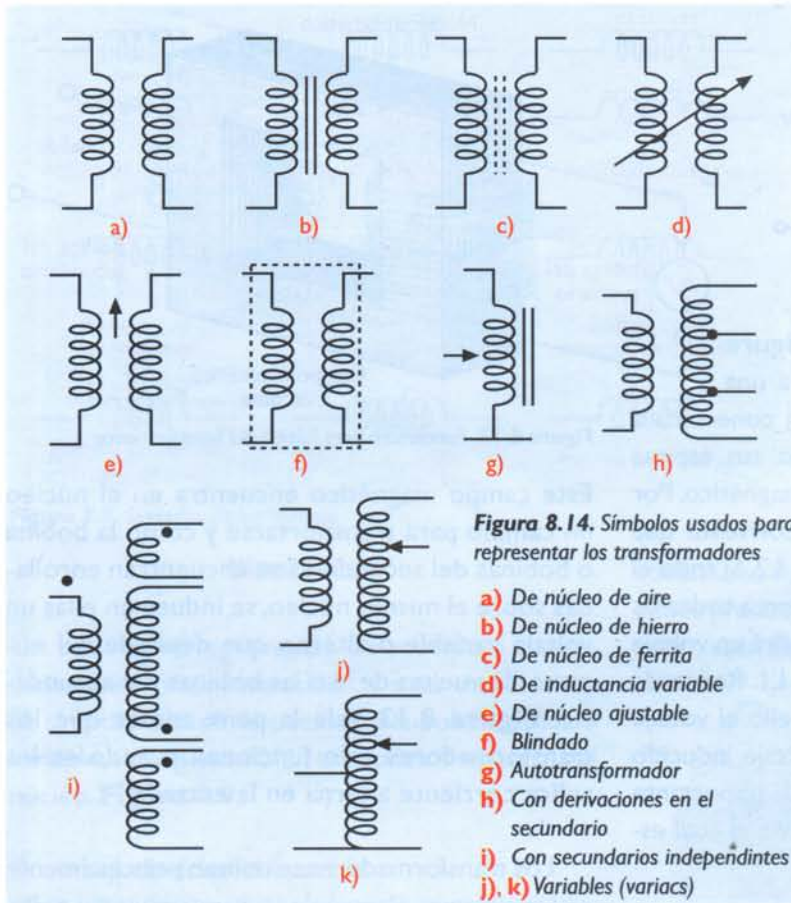
### Símbolos

Los símbolos usados para representar los transformadores se muestran en la figura 8.14. El símbolo indica el material del núcleo, la forma como están distribuidas las bobinas en el transformador y si éstos son variables o no.

### Clasificación

Los transformadores se clasifican de diferentes formas así:

Dependiendo de si su inductancia mutua es fija o variable, pueden clasificarse como fijos o variables. En los transformadores variables, la inductancia mutua puede variarse de dos formas: desplazando el núcleo o cambiando el número de espiras, ya sea mediante un contacto deslizante o utilizando derivaciones (*taps*).



Dependiendo de sus aplicaciones y frecuencia de trabajo, los transformadores pueden clasificarse en cinco grupos principales:

**1. Transformadores de potencia o de entrada.** Son los más comunes y están diseñados para recibir el voltaje de la red eléctrica y adaptarlo a las necesidades del circuito al cual están conectados. Estos transformadores toman dicho voltaje y lo elevan o lo reducen, según los requerimientos del circuito. **Figura 8.15**. Si un circuito necesita tener varios voltajes, el transformador puede tener varios secundarios ya sean separados o inte-

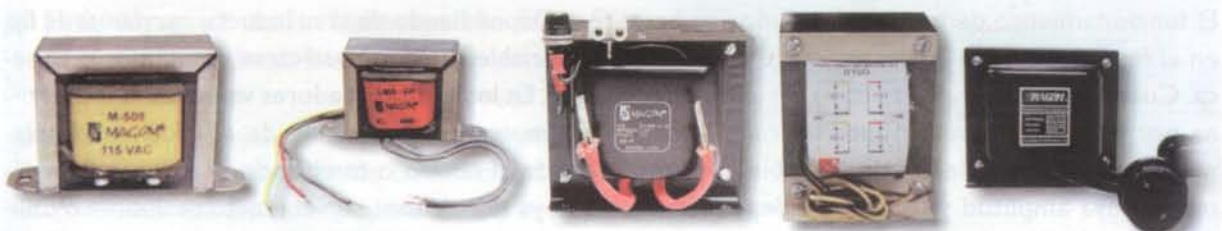
grados en el mismo enrollamiento; estos últimos reciben el nombre de autotransformadores.

Dependiendo de si el voltaje inducido en el secundario es mayor, menor, o igual que el voltaje aplicado al primario, los transformadores de potencia se clasifican como elevadores, reductores, o de aislamiento; esto es determinado por el número de espiras o vueltas de alambre que haya en cada uno. Si en el secundario hay más espiras que en el primario, el voltaje se eleva; en el caso contrario el voltaje se reduce; si el número de espiras es el mismo en el devanado primario y en el secundario, el transformador es de aislamiento.

• **Transformadores reductores:** son los más comunes y se utilizan cuando se requieren voltajes bajos para operar en los circuitos electrónicos, son muy usados en las fuentes de alimentación, incluyendo los denominados adaptadores. **Figura 8.16**

• **Transformadores elevadores:** su principal aplicación está en los *flybacks*, usados para obtener los voltajes requeridos para excitar las pantallas de los televisores y los monitores de vídeo. **Figura 8.17**

• **Transformadores de aislamiento:** se usan para evitar la conexión directa de ciertos equipos a las líneas de energía de la red pública. **Figura 8.18**



**Figura 8.15.** Transformadores de potencia

**2. Transformadores de corriente.** Se utilizan para convertir una corriente alta en una corriente pequeña, con el fin de poder medirla fácilmente en tableros eléctricos o electrónicos, o para diseñar circuitos de protección de sobrecorriente. Su núcleo es de aire y su forma generalmente es circular, con un orificio cen-

tral por el cual se pasa un conductor, **figura 8.19**. Al circular una corriente por este conductor se induce un voltaje en la bobina del transformador, el cual es proporcional a esa corriente y así se puede hacer la medida o activar un circuito de protección.

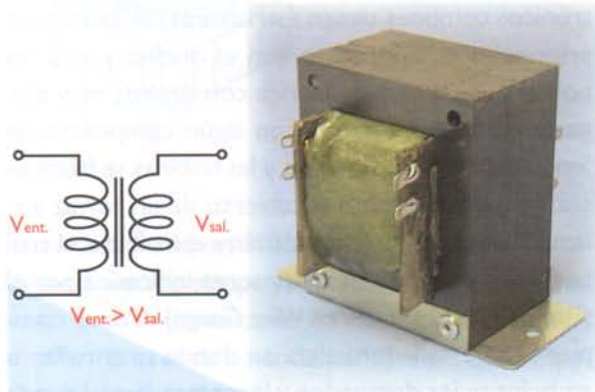


Figura 8.16. Transformador reductor



Figura 8.17. Transformadores elevadores de voltaje



Figura 8.18. Transformador de aislamiento

**3. Transformadores de radiofrecuencia.** Se fabrican para trabajar en altas frecuencias (mayores de 100KHz), se usan en las etapas de sintonía o de antena y de frecuencia intermedia (FI) en los receptores, o en la etapa final de los transmisores de radio. Generalmente tienen una carcasa o blindaje metálico. Sus núcleos están compuestos de aire o de compuestos especiales con hierro pulverizado.

Figura 8.20

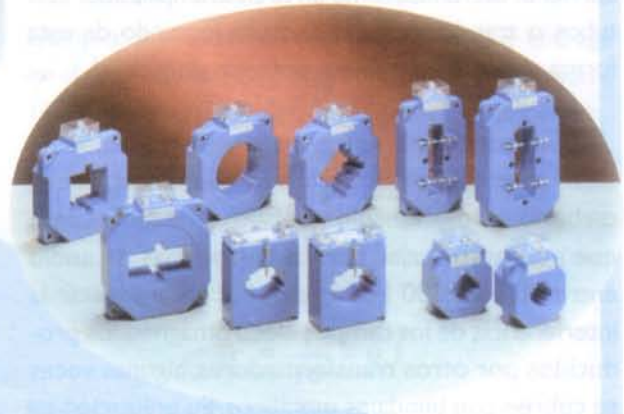


Figura 8.19. Transformadores de corriente



Figura 8.20. Transformadores de radio frecuencia

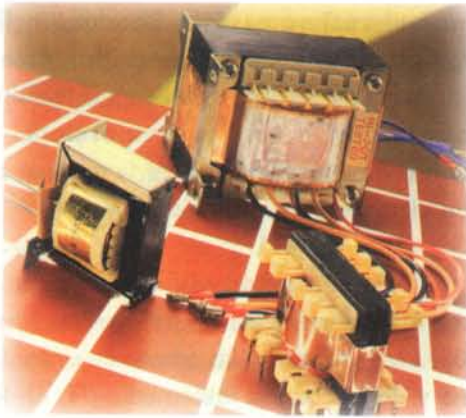


Figura 8.21. Transformadores de audiofrecuencia

**4. Transformadores de audiofrecuencia.** Su función es enlazar dos circuitos en un aparato de audio o de sonido, que tengan características de voltaje y de corriente diferentes, como un circuito amplificador con tubos o transistores y el parlante, logrando de esta forma transmitir la máxima potencia de la señal.

Su núcleo está compuesto generalmente de aleaciones especiales de hierro con níquel, silicio, carbono, cromo, vanadio y cobalto, o de ferrita, para que puedan trabajar con las frecuencias de audio entre 20 y 20.000 Hz, figura 8.21. Para evitar la interferencia de los campos electromagnéticos producidos por otros transformadores, algunas veces se cubren con blindajes metálicos. Su utilización se ha ido eliminando debido a los nuevos diseños de los circuitos de audio, dotados con transistores y circuitos integrados.

**5. Transformadores de pulsos.** Se utilizan para

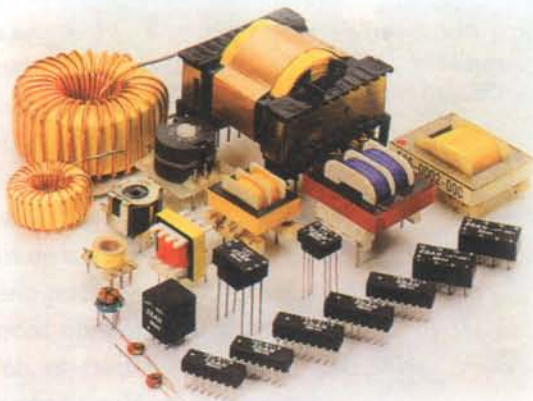


Figura 8.22. Transformadores de pulsos

transferir pulsos, es decir, señales de corriente o de voltaje que cambian muy rápidamente. Algunos tiristores y las lámparas estroboscópicas operan con este tipo de señales. Figura 8.22

## Estructura básica de los transformadores

Los transformadores de potencia y de audiofrecuencia, que son los más utilizados en los aparatos electrónicos comunes, tienen estructuras similares y sus principales componentes son el núcleo y la ó las bobinas. El primero se fabrica con láminas muy delgadas de hierro-silicio o con algún compuesto de ferrita o hierro pulverizado, y las bobinas se fabrican con alambre de cobre recubierto de un barniz aislante y por esto se llama alambre esmaltado, el cual se fabrica en diferentes espesores indicados por el sistema AWG (*American Wire Gauge*). Como complemento está la formaleta en donde se enrollan o embobinan los devanados, y la carcasa, la cual puede tener varias formas según el modelo y tiene como función compactar el núcleo. Figura 8.23

Los transformadores de radiofrecuencia vienen en diferentes modelos según su aplicación; en la figura 8.24 se muestra la estructura básica de algunos de ellos. El tamaño del núcleo en los transformadores depende de la frecuencia de trabajo. Es por esto que los transformadores de potencia, que trabajan a 50 o 60 Hz tienen los núcleos más grandes, y los transformadores de RF, que trabajan a varios cientos de KHz o de MHz, tienen el núcleo más pequeño.

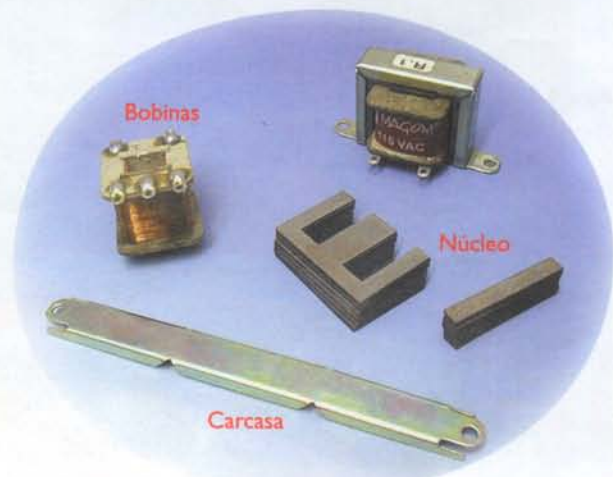


Figura 8.23. Partes de un transformador

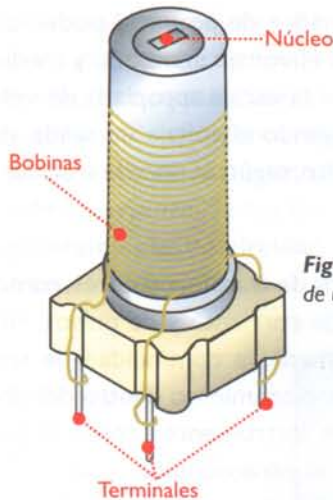


Figura 8.24. Estructura básica de un transformador de RF

### Formas de identificación

Dependiendo de su tipo y aplicaciones, los transformadores pueden identificarse de diferentes formas. Los transformadores de potencia, por ejemplo, traen especificado el voltaje del primario, el voltaje del secundario y la potencia o la corriente del secundario. Ejemplo:

**Voltaje primario:** 110V  
**Voltaje secundario:** 12V  
**Potencia:** 12W

Los transformadores de audio o de salida se identifican por sus impedancias en el primario y el secundario, y por la potencia de transformación. Ejemplo:

**Impedancia del primario:** 1000 Ω  
**Impedancia del secundario:** 8 Ω  
**Potencia:** 50W

### Relación de transformación

Uno de los factores más importantes que se debe conocer en cualquier transformador es la relación de transformación, o sea la relación entre el voltaje primario y el voltaje secundario, la cual depende del número de vueltas de cada bobina o devanado. Ésta puede calcularse de las siguientes formas:

### Proporción de vueltas en los transformadores

$$Tr = \frac{\text{Número de vueltas del secundario}}{\text{Número de vueltas del primario}} = \frac{N_s}{N_p}$$

Ejemplo: si un transformador tiene 440 vueltas en el primario y 880 vueltas de alambre en el secundario, la relación de transformación será:

$$Tr = \frac{N_s}{N_p}$$

$$Tr = \frac{880}{440}$$

$$Tr = 2$$

Esto quiere decir que, si en el primario hay 110V, en el secundario tendremos 220V, o sea un transformador elevador.

$$V_{out} = V_{in} \times Tr$$

$$V_{out} = 110V \times 2$$

$$V_{out} = 220V$$

### Proporción de voltajes en los transformadores

$$Tr = \frac{\text{Voltaje del secundario}}{\text{Voltaje del primario}} = \frac{V_s}{V_p}$$

Ejemplo: si se tiene un transformador que entrega en el secundario 12V y el primario está conectado a 120V, se tiene una relación de transformación de:

$$Tr = \frac{V_s}{V_p}$$

$$Tr = \frac{12V}{120V}$$

$$Tr = \frac{1}{10} = 0,1$$

### Relación de potencia

Idealmente, en los transformadores la potencia de entrada es igual a la potencia de salida:

**Potencia del primario = Potencia del secundario**

$$P_p = P_s$$

$$V_p \times I_p = V_s \times I_s$$

Por lo tanto, si un transformador es elevador, la corriente presente en el bobinado primario sería mayor que la del secundario. Por el contrario, si el transformador es reductor, la corriente que maneja en el bobinado primario es menor que la manejada por el bobinado secundario. En los transformadores que entregan en su bobinado secundario el mismo voltaje que en el primario, tendrán también la misma corriente en ambos bobinados. Si despejamos los voltajes para encontrar la relación de transformación, tendremos:

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{V_s}{V_p}$$

## Leyes básicas de los transformadores

De lo estudiado anteriormente, se derivan las tres leyes principales de los transformadores:

**Primera:** los voltajes son directamente proporcionales al número de espiras.

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

**Segunda:** los voltajes son inversamente proporcionales a las intensidades de las corrientes.

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{I_s}{I_p}$$

**Tercera:** las intensidades de las corrientes son inversamente proporcionales al número de espiras.

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{I_p}{I_s}$$

## Pérdidas en los transformadores

Los transformadores no son componentes ideales ni perfectos, es decir, en el proceso de transformación hay pérdidas de potencia debidas a diferentes factores tales como la dispersión del flujo magnético en el núcleo, y otros, como corrientes parásitas que hacen que la potencia entregada en el secundario sea ligeramente menor que la recibida en el primario. Para compensar estas pérdidas se debe agregar un poco de voltaje o de corriente en el secundario. Esto lo brinda el fabricante de acuerdo al diseño y al tipo de materiales utilizados, por lo que no profundizaremos en este tema en el curso actual.

## Pruebas básicas de los transformadores

Para determinar si un transformador está bueno o malo, la primera prueba es determinar la continuidad de sus bobinas, para lo cual podemos utilizar un multímetro en la función de óhmetro. Dependiendo del tipo de transformador y de su estructura, medimos cada una de sus bobinas; si una bobina tiene pocas vueltas debe medir pocos ohmios y viceversa. También, el calibre o diámetro del alambre establece el valor en ohmios. **Figura 8.25**



**Figura 8.25.** Prueba de la continuidad de un transformador con el multímetro

Si es un transformador de potencia, podemos aplicar en el primario el voltaje adecuado y medir con un multímetro en la escala apropiada de voltios AC si está entregando el voltaje de salida, ya sea más bajo o más alto, según el tipo de transformador. **Figura 8.26**

Para los otros tipos de transformadores, como los de audio, de RF, de corriente y de pulsos, inicialmente se puede medir la continuidad de sus bobinas, y luego, su funcionamiento dentro del circuito, utilizando otros instrumentos como el generador de señales y el osciloscopio.

Como en todos los transformadores, con excepción de los autotransformadores, las bobinas del primario y del secundario deben estar aisladas físicamente, la resistencia entre ellas debe ser infinita; de lo contrario, si marca unos pocos ohmios, indicará que se encuentran en cortocircuito, algo que ocurre con cierta frecuencia. Esto también se debe verificar entre las bobinas y el núcleo. A esta prueba se le llama **prueba de aislamiento**.

Estos componentes se podrán entender mejor a medida que veamos sus aplicaciones prácticas en los diferentes circuitos, como las fuentes de poder, los amplificadores, los radioreceptores, etc.



**Figura 8.26.** Prueba del voltaje de CA en el secundario de un transformador





nes en la capa de valencia. Así se produce un patrón tridimensional llamado **red cristalina** o **crystal**. **Figura 9.2.**

Un cristal semiconductor puro, como el descrito anteriormente, se comporta como aislante a temperaturas cercanas al cero absoluto. Sin embargo, a medida que aumenta la temperatura la agitación térmica hace que algunos electrones de valencia rompan los enlaces que los mantienen unidos al cristal y se conviertan en electrones libres, permitiendo la circulación de corrientes eléctricas.

Cuando sale un electrón de la banda de valencia deja siempre en ella un espacio vacío llamado **huevo**, el cual es llenado por otro electrón libre o por un electrón de valencia perteneciente a un átomo vecino. Por lo tanto, dentro de un semiconductor, por el que circula una corriente eléctrica, hay permanentemente un movimiento de electrones y huecos en direcciones opuestas.

### Los semiconductores intrínsecos y extrínsecos

Los cristales semiconductores puros son raramente empleados en electrónica debido a que, en su estado natural, poseen muy pocos electrones libres y necesitan de muy altas cantidades de energía para

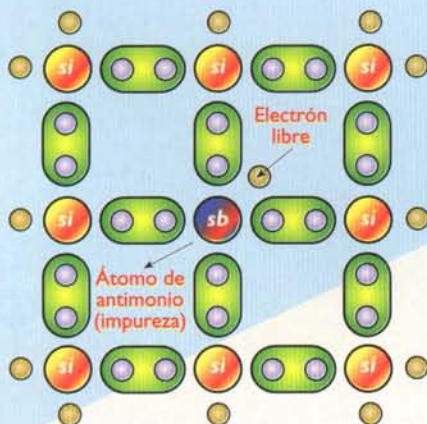


Figura 9.3. Semiconductor tipo N

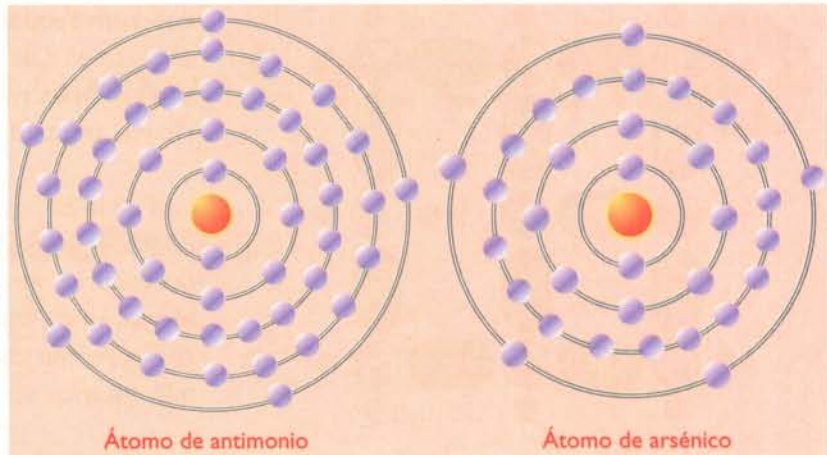


Figura 9.4. Estructura atómica de las impurezas pentavalentes

transportar corrientes significativas; dichos cristales, reciben el nombre de **semiconductores intrínsecos**. En la práctica, los materiales semiconductores utilizados en la fabricación de diodos, transistores, circuitos integrados, etc., están **dopados**, es decir, contienen unas cantidades muy pequeñas, pero controladas, de impurezas llamadas **dopantes** que son las que determinan sus características eléctricas. Este tipo de semiconductores se denominan **semiconductores extrínsecos**.

Dopar un semiconductor significa inyectarle átomos de otros elementos. Al hacer esto, se pretende que cuando se formen los enlaces entre los electrones de valencia queden electrones sin enlazar o, por el contrario, queden faltando electrones para completar los enlaces. Para ello, deben inyectarse átomos de elementos que tengan cinco electrones de valencia (denominados pentavalentes) o átomos de elementos que tengan solo tres electrones de valencia (denominados trivalentes), respectivamente.

Los semiconductores dopados con impurezas pentavalentes, se denominan **semiconductores tipo N** y se caracterizan porque en éstos solo cuatro de los electrones del átomo dopante forman enlaces con los átomos del cristal puro; el electrón sobrante tiene la libertad de moverse a través del cristal, convirtiéndose en un portador de corriente. **Figura 9.3.** Los principales materiales usados como **dopantes** son: el antimonio, el arsénico y el fósforo. En la **figura 9.4** se observa la estructura atómica de estos elementos.

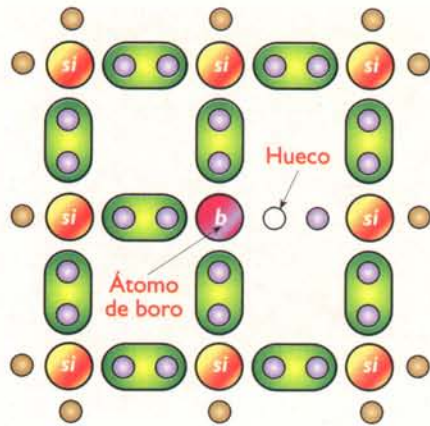


Figura 9.5. Semiconductor tipo P

Los semiconductores dopados con impurezas trivalentes se denominan **semiconductores tipo P** y se caracterizan porque en ellos los tres electrones del átomo dopante forman enlaces con los átomos del cristal puro, completando solo siete electrones de valencia, **figura 9.5**.

El electrón faltante produce un hueco el cual se comporta como una carga positiva libre, capaz de atraer un electrón externo. Por lo tanto, un semiconductor tipo P es un **aceptor** de electrones. Los principales elementos utilizados como impurezas aceptoras son el aluminio, el boro, el indio y el galio. En la **figura 9.6** se observa la estructura atómica de estos elementos.

Debido a la adición de impurezas, un semiconductor tipo N tiene más electrones libres que hue-

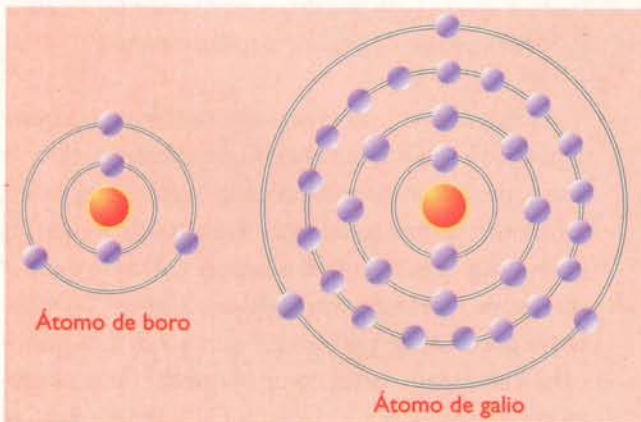


Figura 9.6. Estructura atómica de las impurezas trivalentes

cos y un semiconductor tipo P más huecos que electrones. Las cargas en exceso se denominan **portadores mayoritarios** y las cargas en deficiencia **portadores minoritarios**.

Por lo tanto, en un semiconductor tipo N los portadores mayoritarios son los electrones y los portadores minoritarios son los huecos. De otra forma, en un semiconductor tipo P, los portadores mayoritarios son los huecos y los portadores minoritarios son los electrones.

Cuando se aplica un voltaje a un semiconductor tipo N ó P, el resultado es la circulación de una corriente relativamente grande a través de él debido a los portadores mayoritarios y una corriente relativamente pequeña debida a los portadores minoritarios.

Esta última, que es del orden de unos pocos microamperios, se denomina **corriente de fuga** y depende principalmente de la temperatura. **Figura 9.7**

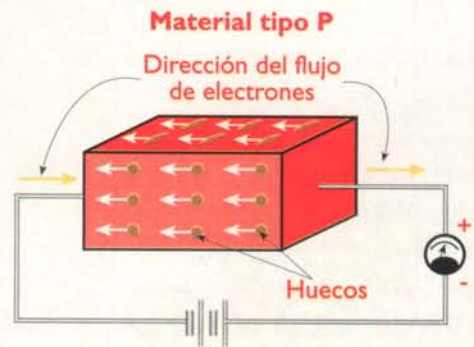
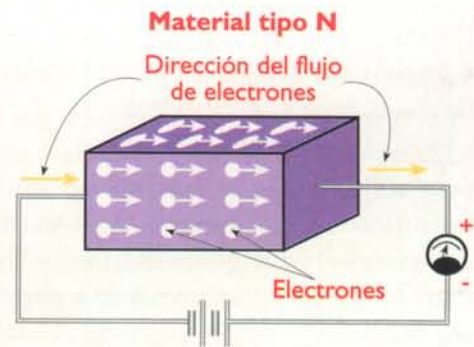


Figura 9.7. Corriente en los semiconductores

Los materiales semiconductores P y N por sí solos no son de mucha utilidad en la práctica; para que éstos sean realmente útiles, deben unirse en dos o más capas formando uniones de diferente tipo con las cuales se fabrican los componentes semiconductores. Ellos forman parte del grupo de componentes activos o no lineales enunciados al principio de este curso. A continuación iniciaremos su estudio con el más simple de ellos: el **diodo**.

### El diodo (diode)

Como ya lo hemos mencionado, el descubrimiento de las propiedades físicas de ciertos materiales, llamados **semiconductores**, revolucionó totalmente la electrónica y podríamos decir sin temor a equivocarnos que cambió radicalmente la forma de vida del hombre sobre la tierra. El componente semiconductor más sencillo, pero quizás el más importante, es el **diodo**, **figura 9.8**, ya que, de acuerdo a su funcionamiento y a sus principios básicos, se fabrican los componentes más representativos en la electrónica moderna, como son los transistores y los circuitos integrados, los cuales han permitido la fabricación masiva de radios, televisores, sistemas de sonido, de comunicaciones, computadoras, etc. A los semiconductores también se les llama **dispositivos en estado sólido** (*solid state devices*).

#### Breve historia

Los primeros descubrimientos sobre las propiedades especiales semiconductoras de algunos materiales, como el selenio, se remontan al año 1876, mucho antes de los tubos de vacío. El principio básico de funcionamiento del diodo fue enuncia-

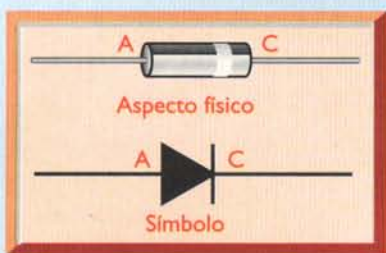


Figura 9.8. El diodo rectificador

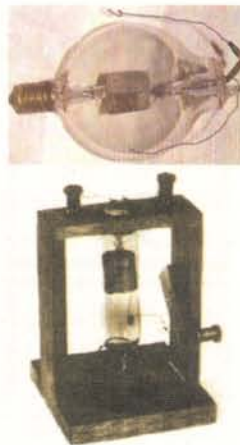


Figura 9.9. Primeros diodos de vacío. Aspecto físico y símbolo

do por primera vez por Thomas Alva Edison en 1884 y fue llamado «Efecto Edison». Sin embargo, este gran inventor no lo utilizó en ninguno de sus aparatos y según este descubrimiento, se fabricó en 1905 el primer tubo de vacío llamado diodo (*diode* en inglés y que quiere decir «dos electrodos o dos terminales»). Su invención se le atribuye a Sir John Ambrose Fleming (1849-1945), **figura 9.9**, y cuya principal aplicación era servir como rectificador o como detector, es decir, para convertir corriente alterna (CA) en corriente continua (CC), o para convertir las señales débiles de radiofrecuencia recibidas de las emisoras en voltajes de corriente continua, para manejar otros circuitos y generar el sonido correspondiente a las mismas en un parlante. Es en esta época cuando se señala la fecha de nacimiento de la era moderna de la electrónica, la cual acaba de cumplir el primer siglo.

Algunos diodos semiconductores primitivos se fabricaron con cristal de galena (sulfuro de plomo) y se utilizaron como detectores en los primeros radiorreceptores por allá en el año 1905. Luego, alrededor de los años 1949 y 1950, se fabricaron los primeros diodos con germanio (Ge), material que no se comportaba muy bien con la temperatura por lo que se utilizó luego el silicio (Si), que es el material más utilizado en la actualidad para este propósito. El germanio se sigue utilizando en algunos tipos de diodos que requieren características especiales.

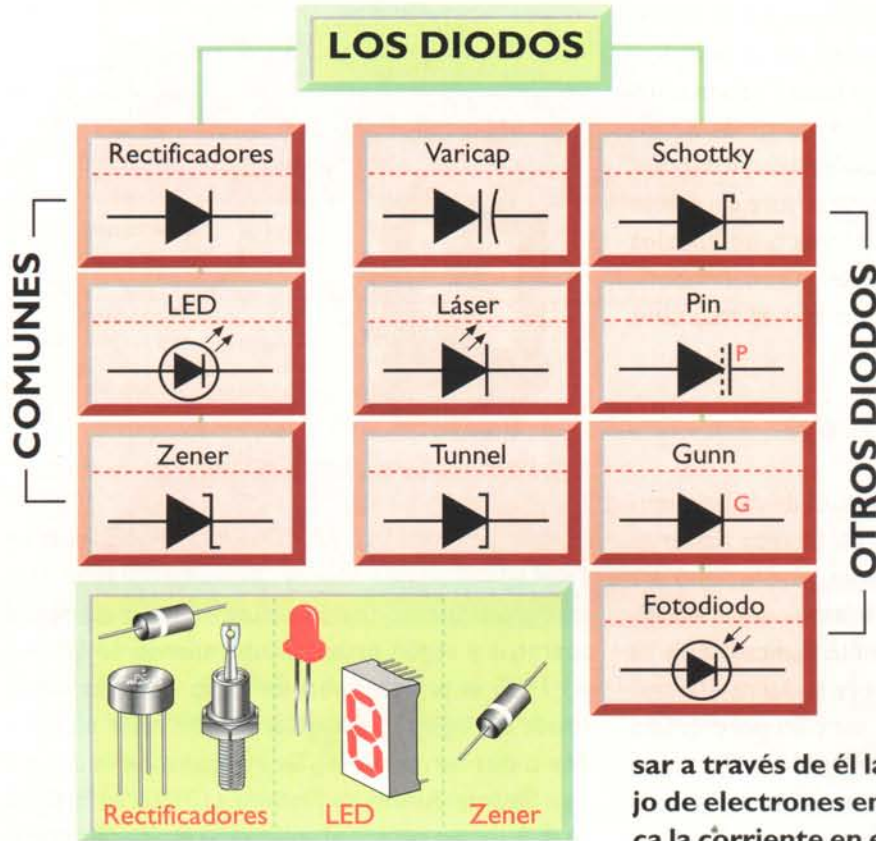
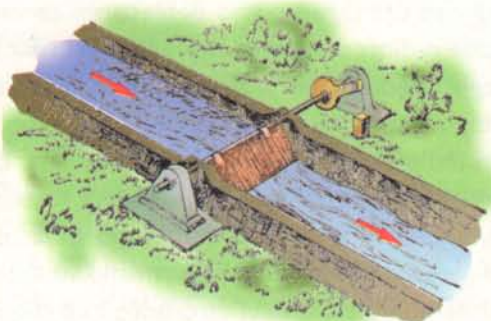


Figura 9.10. Clasificación de los diodos, sus símbolos y aspecto físico de algunos de ellos

## Tipos de diodos

Según su fabricación, funcionamiento y características eléctricas, hay diferentes tipos de diodos los cuales podríamos dividir en dos grupos principales. Los más comunes o utilizados en todo tipo de aparatos electrónicos son: los diodos rectificadores, los diodos LED y los diodos Zener, y los otros, no tan comunes, como: los diodos láser, tunnel, Schottky, PIN, Gunn y los fotodiodos, figura 9.10.

La presión del agua empuja la compuerta y el agua circula en este sentido



En este sentido, el agua empuja la compuerta y debido al tope del lado derecho, esta se cierra y el agua no circula

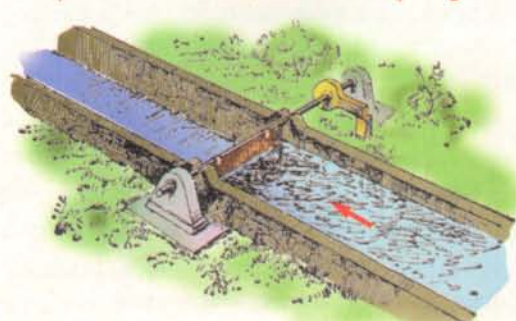


Figura 9.11. El diodo es una compuerta de una sola vía para los electrones

Cada uno de estos tipos tiene a su vez otras subdivisiones lo cual explicaremos más adelante.

## Funcionamiento básico de los diodos

Antes de continuar con la descripción de los diferentes tipos de diodos, es muy importante y necesario comprender cómo funciona un diodo rectificador en cuyo principio básico se basan los demás.

Podemos decir que un: **diodo es una compuerta de una sola vía, es decir, que solo deja pasar**

**a través de él la corriente eléctrica o flujo de electrones en un solo sentido; si se aplica la corriente en el sentido contrario, el diodo no conduce.** Esto lo podemos entender mejor utilizando la analogía de un canal de agua con una compuerta especial como se muestra en figura 9.11.

Teniendo en cuenta que la electrónica es la tecnología que utiliza el control del flujo de los electrones para manejar todo tipo de información y otros efectos, como la voz, imagen, datos, movimientos, etc., este principio parece muy elemental; sin embargo, es la base de toda la electrón-

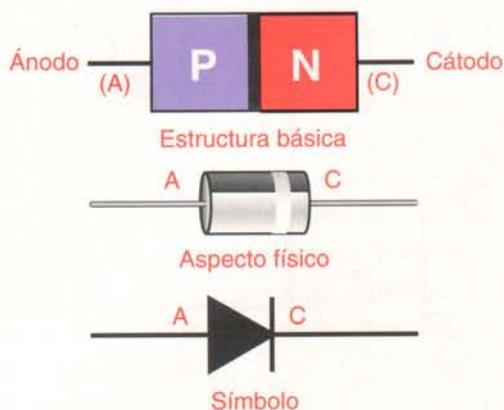


Figura 9.12. Juntura PN o diodo

nica moderna ya que un transistor está formado por dos diodos y un circuito integrado puede contener desde unos cientos hasta varios millones de transistores; por lo tanto, el diodo es el elemento constructivo básico de toda la electrónica y de ahí su gran importancia. Veamos ahora cómo funciona un diodo; para explicarlo debemos retomar el tema de los materiales semiconductores P y N visto anteriormente.

Habíamos dicho que estos materiales P y N en forma individual no tenían mucha aplicación práctica, pero si los unimos se producen fenómenos muy interesantes.

### La juntura PN

Un diodo es esencialmente la unión de un material tipo P con un material tipo N lo cual se ha llamado **juntura PN**. Conservando la nomenclatura de los antiguos diodos de vacío, el material P recibe el nombre de **ánodo** el cual se representa con la letra **A** y el material N

recibe el nombre de **cátodo**, representado con la letra **C** o **K**. **Figura 9.12**

En una unión de este tipo, cuando el diodo no está polarizado o conectado a una fuente de voltaje, hay inicialmente un exceso de electrones en el lado N y un exceso de huecos en el lado P. Por lo tanto, al unir dos capas de material semiconductor, algunos electrones del lado N son atraídos por algunos huecos del lado P y viceversa, mediante un proceso de difusión. En otras palabras, ocurre un fenómeno similar al que sucede cuando se abre un frasco de perfume. Al abrirlo, las moléculas del aroma que estaban altamente concentradas en el frasco forman un vapor oloroso y se van mezclando o difundiendo con las moléculas del aire en donde antes no estaban.

En la juntura PN proceso de intercambio de cargas continúa hasta que se forma entre ellos una barrera eléctrica de voltaje que impide el paso de un gran número de portadores mayoritarios de un lado a otro; dicha barrera es llamada zona de agotamiento (*depletion zone*) y tarda muy poco tiempo en formarse. **Figura 9.13**

Así, en el límite de la juntura, el material tipo N queda cargado positivamente y el material tipo P queda cargado negativamente creando una diferencia de potencial pequeña, pero de gran importancia.

En una unión PN o diodo de silicio el potencial de la barrera es de aproximadamente 0,6V, mientras que en uno de germanio es de aproximadamente 0,3V. **Las características de la zona de agotamiento pueden controlar-**

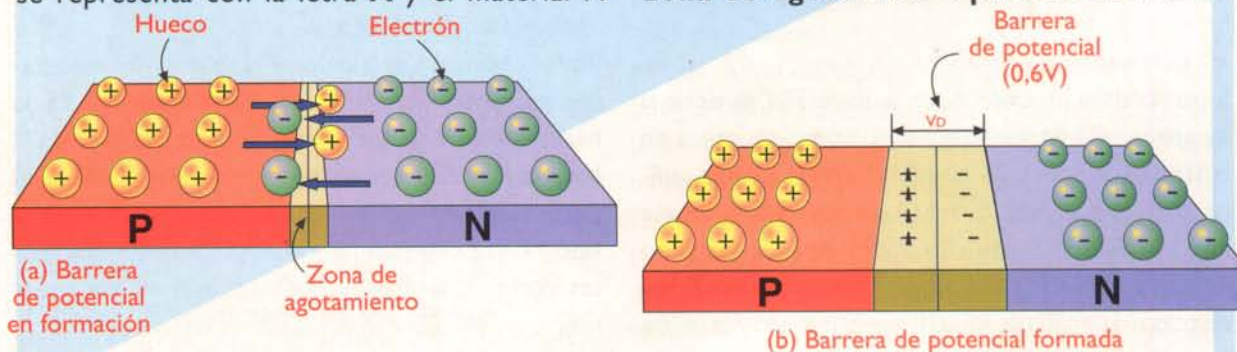


Figura 9.13. Formación de la barrera de potencial en la juntura PN

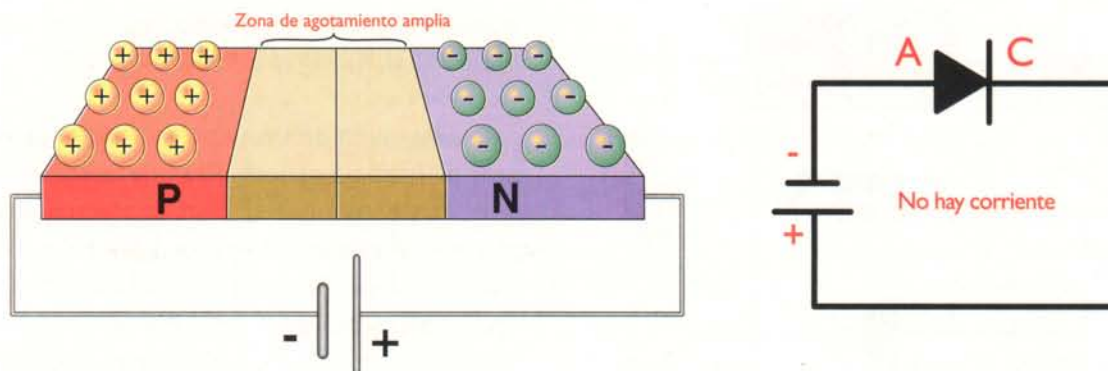


Figura 9.14. Polarización inversa de un diodo

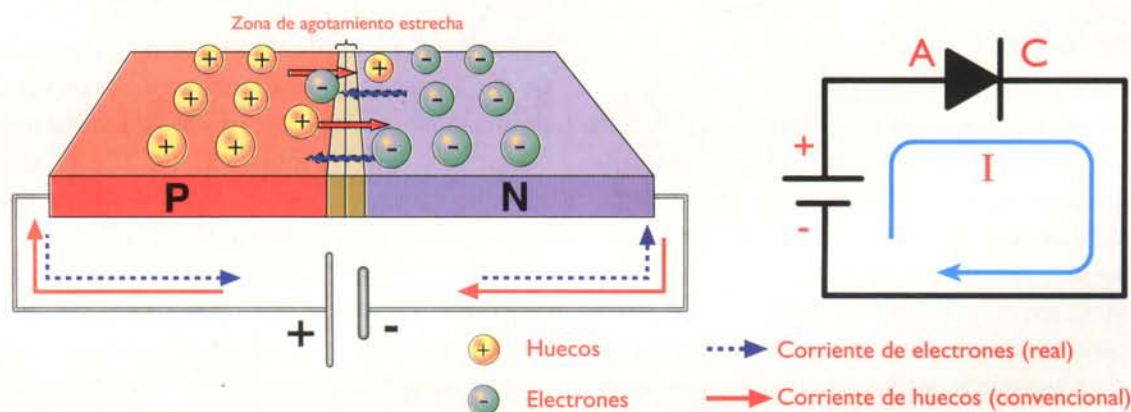


Figura 9.15. Polarización directa de un diodo

se aplicando una diferencia de potencial o voltaje externo, lo que hace realmente útil esta unión.

Cuando tenemos este componente y se le aplica un voltaje de corriente continua (polarización), hay dos posibilidades: si el voltaje positivo se aplica al ánodo se dice que hay una **polarización directa** y en el caso contrario, cuando el voltaje positivo se aplica al cátodo, se establece una **polarización inversa**.

### Polarización inversa

Si se polariza inversamente la unión PN, es decir si se aplica un voltaje externo, tal como se indica en la **figura 9.14**, el efecto de la barrera se intensifica, debido a que el terminal positivo de la fuente atrae los electrones del material tipo N y el polo negativo atrae los huecos del material tipo P, haciendo más ancha la zona de agotamiento y la unión presenta una alta resistencia al paso de la corriente,

comportándose como un **aislante**; solo unos pocos portadores minoritarios logran atravesar la barrera formando la denominada corriente de fuga que es muy pequeña y que en muchos casos prácticos no se tiene en cuenta.

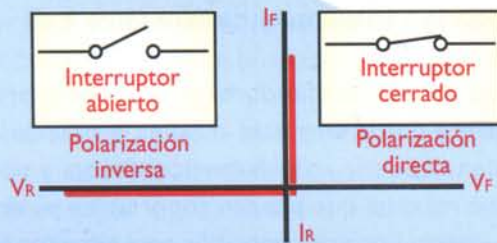
Cuando el voltaje aplicado en forma inversa aumenta hasta cierto valor, esta corriente se hace muy grande y destruye el diodo, lo que explicaremos más adelante.

### Polarización directa

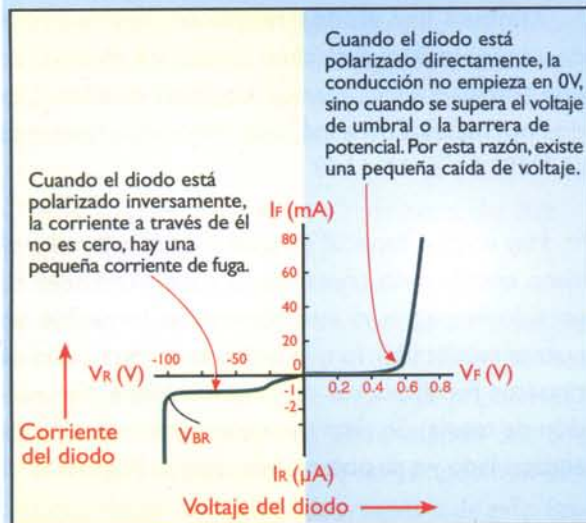
Por el contrario, si la unión PN se polariza directamente, tal como se muestra en la **figura 9.15**, la barrera se disminuye ya que el polo positivo de la batería repele los huecos del material tipo P y su polo negativo repele los electrones del material tipo N, haciendo que atraviesen la unión. Bajo estas condiciones la unión PN presenta una resistencia muy baja al paso de la corriente, comportándose como un **conductor**.

Teóricamente los diodos rectificadores deberían comportarse como interruptores perfectos, es decir, no deberían permitir el paso de ninguna corriente cuando están polarizados inversamente y no deberían ofrecer ninguna resistencia al paso de la misma cuando se encuentran polarizados directamente, **figura 9.16**. Sin embargo, en la realidad se observan algunas características especiales que se ilustran en la **figura 9.17**.

La conducción de polarización directa no empieza en 0V, sino cuando se supera el voltaje de umbral o la barrera de potencial. Por esta razón, existe una pequeña caída de voltaje en el diodo cuando éste se encuentra polarizado directamente, y la corriente a través del diodo cuando está polarizado inversamente no es cero, hay una pequeña corriente de fuga. Un diodo polarizado inversamente conduce cuando el voltaje aplicado alcanza un cierto valor, a lo cual se le llama voltaje de ruptura inverso.



**Figura 9.16.** Comportamiento ideal de un diodo



**Figura 9.17.** Comportamiento real de un diodo

Por lo anterior podemos deducir que un diodo se debe conectar en una sola forma, es decir, es un componente polarizado y se debe respetar la conexión del ánodo y el cátodo en una determinada posición, según la tarea del diodo, lo cual estudiaremos más adelante cuando veremos varios circuitos en donde se utilizan estos componentes.

## Tipos de diodos

Como ya lo vimos, existen varios tipos de diodos semiconductores. Éstos se pueden clasificar de acuerdo a sus características eléctricas y a sus características constructivas, las cuales determinan sus aplicaciones. Las principales características eléctricas son:

- **Corriente máxima ( $I_F$ ):** es el valor máximo de la corriente promedio que pueden conducir en polarización directa sin destruirse por sobrecalentamiento.
- **Voltaje de conducción directa ( $V_F$ ):** es el valor de la caída de voltaje en un diodo semiconductor polarizado directamente, como resultado de la corriente que circula a través de él. Dicho valor es ligeramente superior al potencial de la barrera.
- **Voltaje de ruptura o de avalancha ( $V_{BR}$ ):** indica el nivel de voltaje, que aplicado a un diodo polarizado inversamente, puede hacerlo conducir llegando incluso a destruir el dispositivo, ya que en el momento de la conducción la corriente inversa de fuga crece bruscamente. Su valor es generalmente alto, del orden de 100V o más, excepto en los diodos Zener.
- **Corriente inversa de fuga ( $I_R$ ):** es la corriente que circula a través de un diodo polarizado inversamente. Teóricamente es igual a cero, pero en realidad ésta tiene un valor muy pequeño, del orden de los microamperios o nanoamperios.
- **Tiempo de recuperación inverso ( $T_{RR}$ ):** expresa el tiempo que tarda la unión PN en desalojar la carga eléctrica que acumula, cuando se encuentra polarizado inversamente.

Estas características se deben tener en cuenta en el momento de elegir el modelo más apropiado para una tarea específica. Procure no acercarse de-

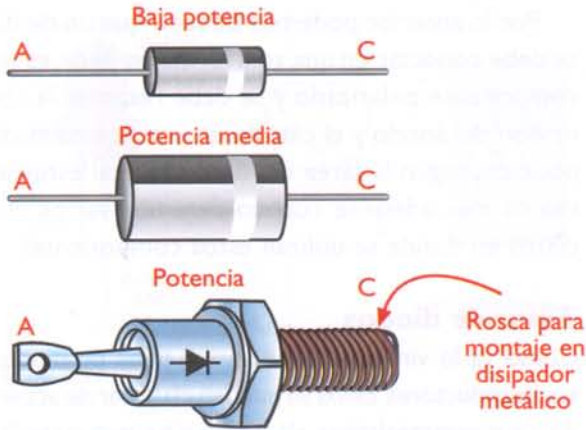


Figura 9.18 Diodos rectificadores

masiado a los valores máximos, ya que puede ocurrir un daño fácilmente y con ello se reduce la vida útil del componente.

## Identificación de los diodos

Los diodos, en general, se identifican mediante una referencia o nomenclatura. Para estas referencias hay tres sistemas: el americano, el europeo y el japonés. En el sistema americano, la referencia consta del prefijo **IN** seguido de un número de serie, por ejemplo: **IN4001**. La **N** significa que se trata de un semiconductor, el **I** indica el número de uniones PN y el **4001** las características propias del dispositivo; en este caso una corriente de trabajo de 1,5 amperios y un voltaje de ruptura inverso de 200 voltios. En el sistema europeo o continental, se utiliza un prefijo de dos letras, por ejemplo **BY254**. En este caso la letra **B** indica el material y la **Y** el tipo. Estas reglas no siempre se cumplen ya que muchos fabricantes utilizan sus propias referencias. El sistema japonés asigna el **1** como primer dígito para diodos, seguido de la letra **S** y un número que indica las características propias de ese diodo. Por ejemplo, **1S922**.

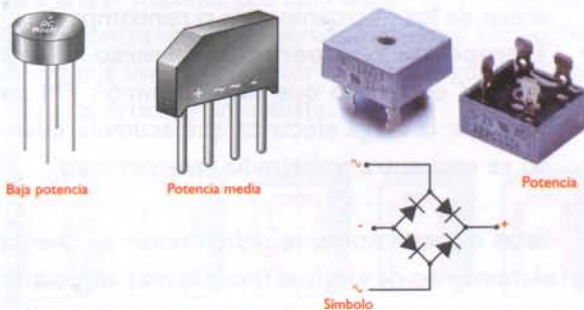


Figura 9.19 Puentes rectificadores

En cuanto a su uso los tipos de diodos más utilizados son los diodos rectificadores, los diodos Zener y los diodos LED.

## Diodos rectificadores (rectifier diodes)

A esta familia pertenecen todos los diodos que han sido diseñados especialmente para convertir CA en CC, en las fuentes de potencia (*power supplies*) lineales. Este proceso se llama rectificación y se estudia detalladamente en la sección de teoría. De acuerdo a la potencia manejada (corriente y voltaje), éstos se dividen en diodos de señal y diodos de potencia. Los de señal o baja potencia son aquellos que manejan menos de 1 amperio, y los de potencia, los que trabajan con corrientes superiores a 1 amperio. El encapsulado de éstos depende de la potencia que deben disipar. En los de baja potencia se usa el plástico y para las potencias superiores a 5 W, el encapsulado debe ser metálico; cuando las potencias son muy altas el encapsulado debe ofrecernos la posibilidad de conectarlo a un disipador de calor, figura 9.18.

Los diodos rectificadores se especifican principalmente por la corriente máxima promedio que pueden conducir en polarización directa y por el voltaje máximo que pueden soportar en polarización inversa. Los más conocidos, para circuitos electrónicos comunes, son los de la serie IN4001, IN4002, hasta el IN4007.

También hay diodos rectificadores llamados de conmutación o *suicheo* (*switching diodes*) los que trabajan a frecuencias mayores que los diodos normales. Entre los más conocidos tenemos el IN914 y el IN4148.

Hay un tipo especial de diodo rectificador el cual viene encapsulado conteniendo cuatro unidades en un solo empaque ya interconectadas formando un puente rectificador lo que facilita la construcción de circuitos rectificadores de onda completa (ver sección de teoría). Se clasifican de acuerdo a su tipo de encapsulado y a su potencia de trabajo. Figura 9.19

## Diodos Zener (Zener diodes)

Son diodos especialmente diseñados para trabajar

en la zona de ruptura, comportándose en polarización directa como diodos rectificadores y en polarización inversa como referencias de voltaje. Su principal aplicación es como reguladores de voltaje. En la **figura 9.20** se muestran el símbolo utilizado en los esquemas electrónicos para representarlos y la curva característica V-I típica.

De acuerdo a esta curva, en un diodo Zener polarizado inversamente la corriente inversa ( $I_R$ ) es prácticamente insignificante, hasta que el voltaje inverso ( $V_R$ ) alcanza un cierto valor  $V_Z$ , llamado **voltaje Zener** o de referencia. Cuando se llega a este punto, el diodo entra en conducción, permitiendo la circulación de una corriente importante. A partir de entonces, la tensión entre sus terminales permanece prácticamente constante e igual a  $V_Z$  para una amplia gama de valores de  $I_R$ . Esta propiedad es la que permite utilizar los diodos Zener como reguladores de voltaje y/o referencias de tensión en un gran número de usos. En la sección de teoría se explican los circuitos más comunes para este propósito.

Los diodos Zener se identifican por una referencia, digamos **1N3828** o **BZX85**, y se especifican principalmente por su voltaje Zener nominal ( $V_Z$ ) y la potencia máxima que pueden absorber en forma segura sin destruirse ( $P_Z$ ). Actualmente se consiguen diodos Zener con valores estándar de  $V_Z$  desde 2,0V hasta 200V y valores máximos de  $P_Z$  de 0,25 W, 0,5 W, 1 W, 5 W, 10 W y 50 W. Los valores de  $V_Z$  disponibles son similares a los de la serie E24 de resistencias de carbón. Por ejemplo, los valores comerciales de  $V_Z$  más próximos a 5V son 4,7V y 5,1 V.

### Diodos LED o diodos emisores de luz (Light Emitting Diodes)

Debido a su gran cantidad de usos, bajo consumo de corriente, durabilidad, una buena variedad de formas y tamaños y otros factores, estos diodos luminosos han ido ganando una gran popularidad en la electrónica moderna reemplazando casi que totalmente los indicadores de otros tipos. Son diodos hechos generalmente de arseniuro de galio fosfatado (GaAsP), que emiten luz en forma continua o intermitente cuando se polarizan directamente.

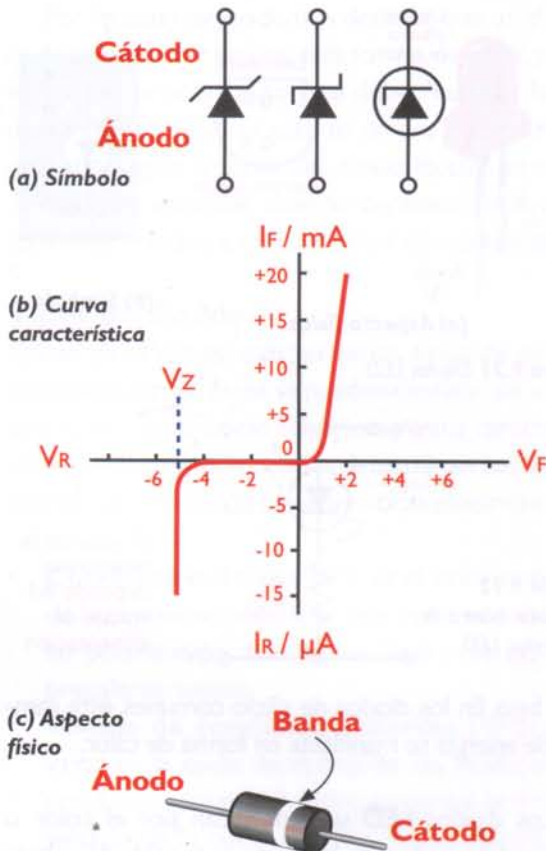


Figura 9.20 Diodos Zener

Se utilizan primariamente como indicadores y para la construcción de visualizadores. Bajo determinadas condiciones, pueden también actuar como detectores de luz. La luz emitida por un LED puede ser roja, amarilla, anaranjada, verde o azul, dependiendo de su composición.

Un grupo muy importante son los **LED infrarrojos** o **IRE** (*infrared diodes*), que emiten una luz invisible para el ojo humano, son utilizados en dispositivos de control remoto, alarmas, barreras infrarrojas, etc. También hay **diodos láser**, que emiten una luz altamente concentrada y coherente, de los cuales hablaremos más adelante.

En la **figura 9.21** se muestra el aspecto físico de un LED, el símbolo utilizado para ellos en los esquemas electrónicos, y la forma de identificar el cátodo (C ó K) en un LED de cápsula circular. Los LED emiten luz debido a que los electrones, al combinarse con los huecos, pasan de un nivel energético superior a uno

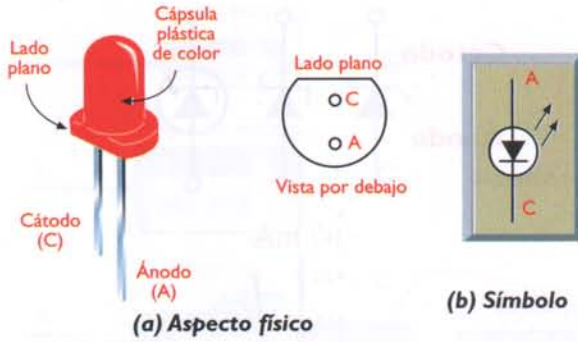


Figura 9.21 Diodos LED

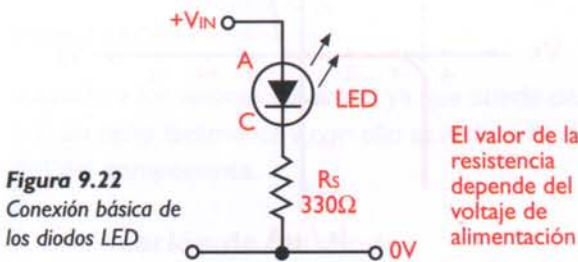
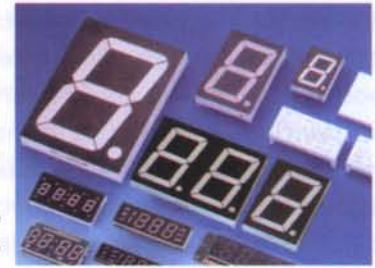


Figura 9.22 Conexión básica de los diodos LED

más bajo. En los diodos de silicio comunes, este cambio de energía se manifiesta en forma de calor.

Los diodos LED se especifican por el color o longitud de onda de la luz emitida, la caída de voltaje directa (VF), el máximo voltaje inverso (VR), la máxima corriente directa (IF) y la intensidad luminosa. Típicamente, VF es del orden de 1,6 V a 2,8 V y VR del orden de 4 V a 5 V. Se consiguen LED con valores de IF desde menos de 20 mA hasta más de 100 mA, e intensidades desde menos de 0,5 mcd (milicandelas) hasta más 4.000 mcd. Entre mayor sea la corriente aplicada, mayor es el brillo, y viceversa. El valor de VF depende del color, siendo mínimo para LED rojos y máximo para LED azules. Los diodos LED deben ser protegidos mediante una resistencia en serie, como se indica en la figura 9.22, para limitar la corriente a través suyo a un valor seguro, inferior a la IF máxima. Los LED deben también protegerse contra voltajes inversos excesivos. De hecho, un voltaje inverso superior a 5 V causa generalmente su destrucción inmediata.



(a) Aspecto físico

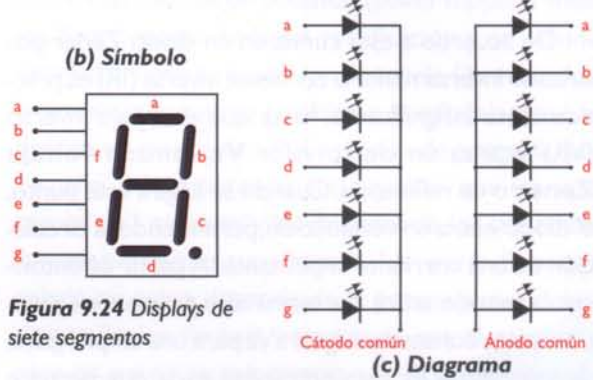


Figura 9.24 Displays de siete segmentos

## Displays o indicadores con diodos LED

Los diodos LED se pueden agrupar para formar indicadores numéricos los cuales son muy utilizados para expresar cantidades en diferentes tipos de circuitos o aparatos digitales, como instrumentos (multímetros, voltímetros, amperímetros, etc.) o en proyectos como termómetros, contadores, velocímetros, medidores de otros tipos de magnitudes, etc.

Los más conocidos son los llamados *displays* de siete segmentos en los cuales hay siete LED (segmentos) organizados en una forma tal, que al encenderlos con diferentes combinaciones, se pueden mostrar o indicar todos los números dígitos (0 a 9), figura 9.23. Éstos vienen en dos formas, de ánodo común y de cátodo común, según su conexión interna, y en diferentes tamaños y colores. En la figura 9.24 se muestra su aspecto físico, el símbolo y el circuito interno. En las secciones de teoría y proyectos se presentan varios circuitos con este tipo de componentes en donde se explica su funcionamiento y conexión.

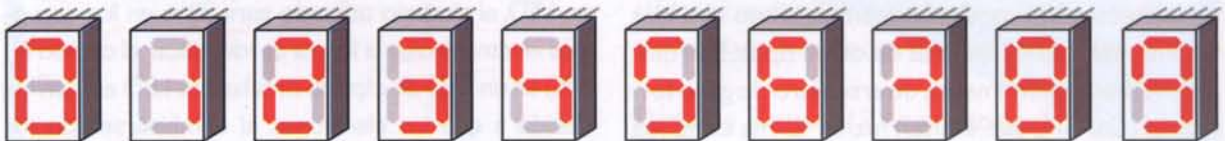


Figura 9.23 Representación de los dígitos de 0 a 9 en un display de siete segmentos

## Otros tipos de diodos

Aprovechando la propiedad básica de conducir la corriente eléctrica en un sentido, mientras la bloquean en el otro, y las características excepcionales de las uniones PN, existen varios tipos de diodos para tareas especiales. Dentro de esta categoría se incluyen, por ejemplo, los diodos detectores, los fotodiodos, los diodos Schottky, los diodos varicap, los diodos túnel, los diodos láser y los diodos de microondas.

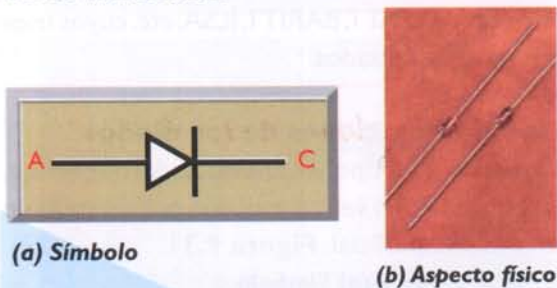


Figura 9.25. Diodos detectores o de señal

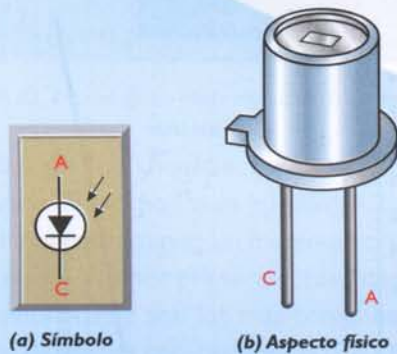


Figura 9.26. Fotodiodos

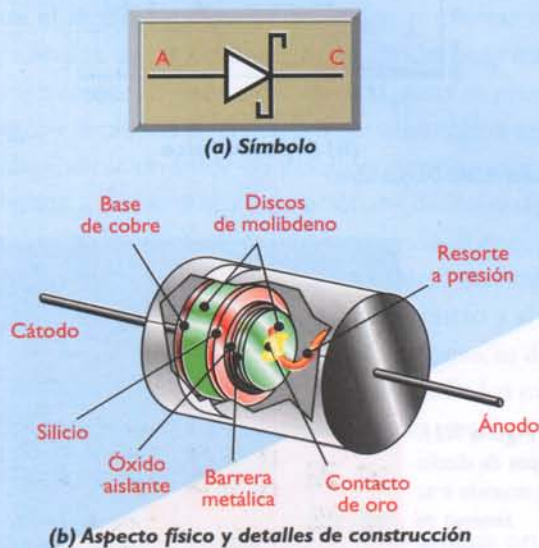


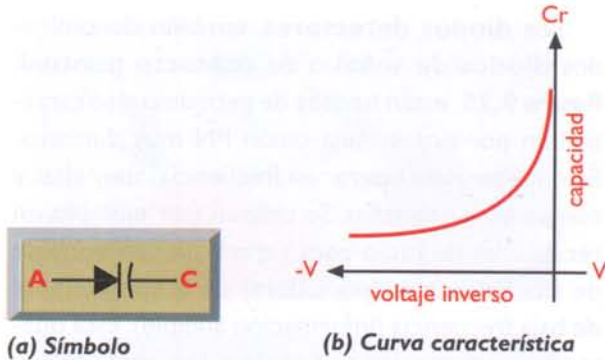
Figura 9.27. Diodos Schottky

Los **diodos detectores**, también denominados **diodos de señal** o de **contacto puntual**, figura 9.25, están hechos de germanio y se caracterizan por poseer una unión PN muy diminuta. Esto les permite operar en frecuencias muy altas y con señales pequeñas. Se utilizan, por ejemplo, en receptores de radio para separar la componente de alta frecuencia (portadora) de la componente de baja frecuencia (información audible). Esta operación se denomina **detección**. Los más conocidos de este tipo son el IN34 y el IN60.

Los **fotodiodos**, figura 9.26, son diodos provistos de una ventana transparente cuya corriente inversa puede ser controlada regulando la cantidad de luz que pasa por la ventana e incide sobre la unión PN. A mayor cantidad de luz incidente, mayor es la corriente inversa producida porque se genera un mayor número de portadores minoritarios, y viceversa. Son muy utilizados como sensores de luz en fotografía, sistemas de iluminación, contadores de objetos, sistemas de seguridad, receptores de comunicaciones ópticas y otras aplicaciones.

Los **diodos Schottky**, también denominados **diodos de recuperación rápida** o de **portadores calientes**, figura 9.27, están hechos de silicio y se caracterizan por poseer una caída de voltaje directa ( $V_F$ ) muy pequeña, del orden de 0,25V o menos, y ser muy rápidos. Se utilizan en fuentes de potencia de conmutación o *suicheo*, en sistemas digitales y en equipos de alta frecuencia. Una variante de este tipo son los **diodos back** o de **retroceso**, los cuales tienen un voltaje de conducción prácticamente igual a cero, pero también un voltaje inverso de ruptura muy bajo. Esto último limita su uso a tareas muy especiales.

Los **diodos varicap**, también llamados **varactores** o **diodos de sintonía**, figura 9.28, trabajan polarizados inversamente y actúan como condensadores variables controlados por voltaje. Esta característica los hace muy útiles como elementos de sintonía en receptores de radio y televisión. Son también muy utilizados en osciladores, multiplicadores, amplificadores, generadores de FM y otros

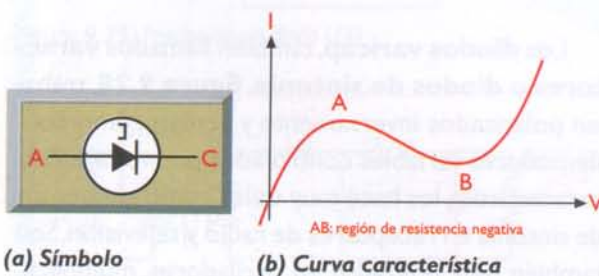


(a) Símbolo  
 Figura 9.28. Diodos Varicap

circuitos de alta frecuencia. Una variante de los mismos son los **diodos SNAP**, utilizados para usos en UHF (ultra alta frecuencia) y microondas.

Los **diodos túnel**, también denominados **diodos Esaki**, figura 9.29, se caracterizan por poseer una zona de agotamiento extremadamente delgada y tener en su curva V-I una región de **resistencia negativa**, donde la corriente disminuye a medida que aumenta el voltaje. Esta última propiedad los hace útiles como detectores, amplificadores, osciladores, multiplicadores, interruptores, etc., en tareas de alta frecuencia.

Los **diodos láser**, también llamados **láseres de inyección o ILD (injection laser diodes)**, figura 9.30, son diodos LED que emiten una luz monocromática, generalmente roja o infrarroja, fuertemente concentrada, enfocada, coherente y potente. Son muy utilizados en computadoras y sistemas de audio y vídeo para leer discos compactos (CD) que contienen datos, música, películas, etc., así como en sistemas de comunicaciones para enviar información a través de cables de fibra óptica. También se emplean en marcadores luminosos, lectores de códigos de barras y otras aplicaciones.

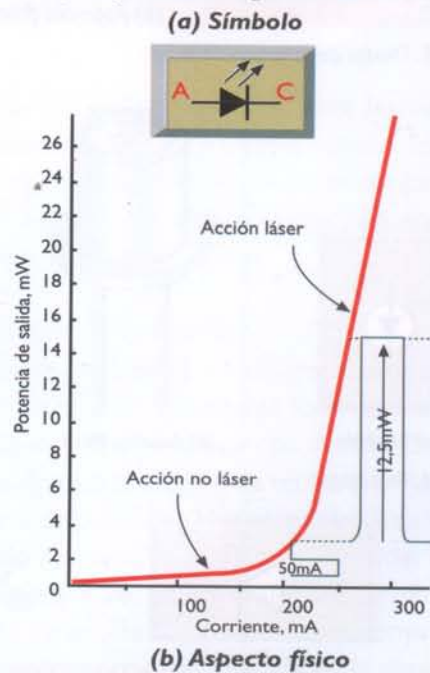


(a) Símbolo  
 Figura 9.29. Diodos túnel

Los **diodos de microondas** son dispositivos desarrollados para trabajar en frecuencias muy elevadas, donde la capacidad de respuesta de los diodos comunes está limitada por su **tiempo de tránsito**, es decir el tiempo que tardan los portadores de carga en atravesar la unión PN. Los más conocidos son los diodos Gunn, PIN e IMPATT. Los diodos **PIN** se utilizan principalmente como resistencias variables por voltaje y los diodos **Gunn** e **IMPATT** como osciladores. También se dispone de diodos TRAPATT, BARITT, ILSA, etc. cuyos usos son muy especializados.

## Otras clasificaciones de los diodos

De acuerdo a su tipo de encapsulado o montaje, los diodos pueden ser de montaje por inserción o de montaje superficial. **Figura 9.31.**



(a) Símbolo  
 (b) Aspecto físico  
 Figura 9.30. Diodos láser



(a) De inserción  
 (b) De montaje superficial (SMT)  
 Figura 9.31. Tipos de diodos de acuerdo a su sistema de montaje

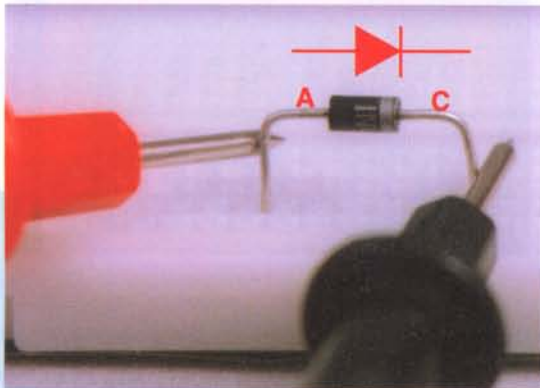
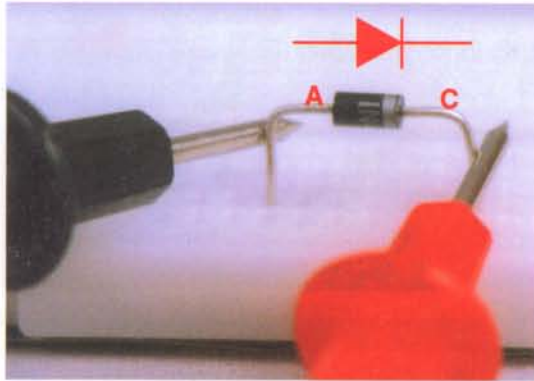


Figura 9.32. Prueba de un diodo con un multímetro análogo

### Prueba de los diodos

La mayoría de los diodos se pueden probar o verificar fácilmente utilizando un multímetro, ya sea análogo o digital. Veamos primero el caso de los diodos rectificadores, que son los más comunes. Seleccione la escala de más baja resistencia (RX1) y conecte el diodo entre las puntas de prueba. Para reconocer que el diodo está bueno se deben presentar dos resultados así: si conectamos el diodo polarizado directamente, es decir, el ánodo en la punta de prueba negra y el cátodo en la punta de prueba roja, la aguja debe indicar un valor de poca resistencia, unos 15 ohmios, y, si invertimos la posición del diodo, se debe presentar una lectura de alta resistencia. Si encuentra una baja resistencia (pocos ohmios) en ambas posiciones, el diodo está en **cortocircuito** y si no hay lectura en ninguna de las dos posiciones, se dice que el diodo está **abierto**. Figura 9.32. En los multímetros digitales las puntas de prueba se conectan al contrario, figura 9.33

Con el diodo Zener se puede hacer una prueba básica de conducción o no conducción similar a

la explicada para el diodo rectificador. En este caso las lecturas en el multímetro varían ligeramente. Para una prueba más precisa en donde se pueda medir el voltaje de conducción o  $V_z$ , se monta un circuito sencillo en un *protoboard*, Figura 9.34, y se alimenta con una fuente variable de CC aumentando lentamente el voltaje y midiéndolo permanentemente en los terminales del diodo Zener, hasta verificar que, al llegar al valor esperado de regulación ( $V_z$ ), éste no varíe lo que indica que el diodo está bueno. Este procedimiento también se puede utilizar para averiguar el voltaje de un diodo Zener cuyo valor sea desconocido. Hay que tener cuidado con el valor de la resistencia en cuanto a ohmios y vatios la cual se puede ir cambiando de acuerdo a los valores utilizados.

La prueba de los LED también se puede hacer con un multímetro o con un circuito sencillo, teniendo en cuenta que éstos siempre deben tener una resistencia en serie para que no se supere el voltaje de conducción, el cual es muy bajo. Figura 9.35. Esta misma prueba se puede utilizar para

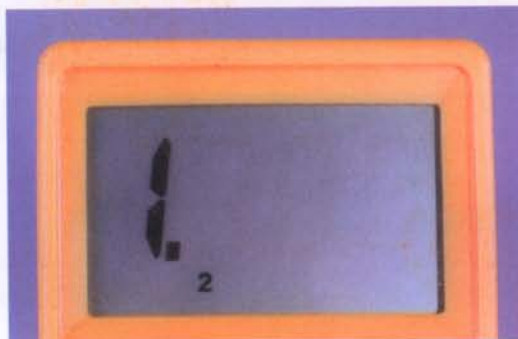
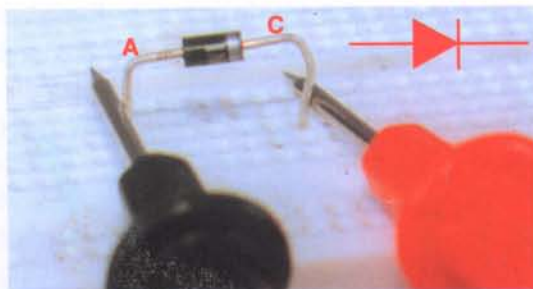
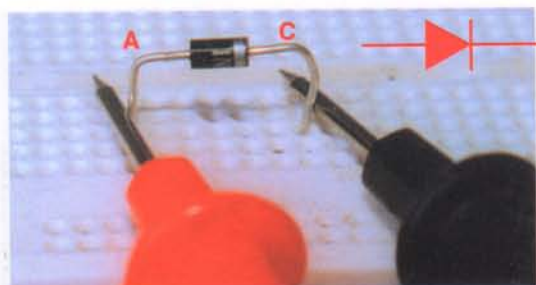


Figura 9.33. Prueba de un diodo con un multímetro digital

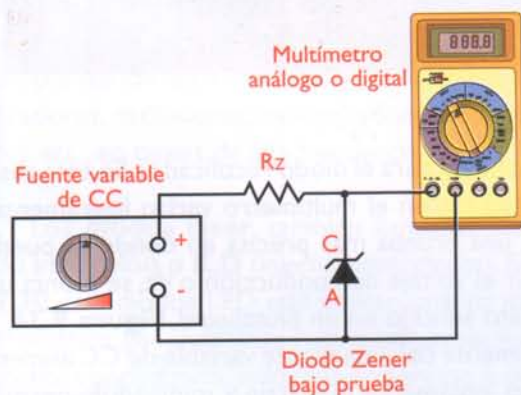


Figura 9.34. Prueba del voltaje  $V_z$  de un diodo Zener

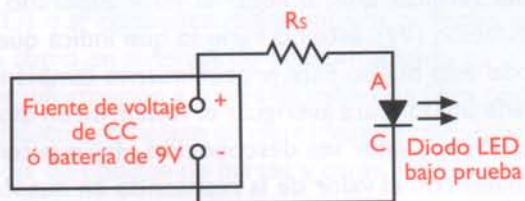


Figura 9.35. Prueba de un diodo LED

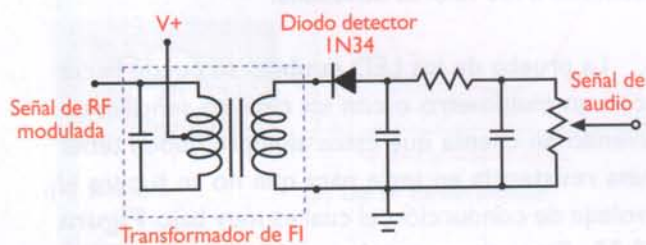


Figura 9.36. Circuito detector de una radio de AM

verificar el buen estado de los siete segmentos de los displays de ánodo y cátodo común, los cuales se pueden probar uno por uno o en conjunto, para lo cual se tiene que ensamblar un pequeño circuito que los alimente a todos.

## Circuitos con diodos

Los diodos se utilizan en una gran cantidad de circuitos siendo los principales los rectificadores y los reguladores de voltaje con diodos Zener, que se estudian en la sección de teoría (ver fuentes de poder o de potencia). Hay otros circuitos, como el llamado detector, en los radioreceptores de AM y FM, **figura 9.36**, en los cuales se utilizan los diodos de señal. Otro uso común es como protección contra corrientes inversas en la alimentación de los relevos, **figura 9.37** el cual hemos visto en algunos de los proyectos de este curso.

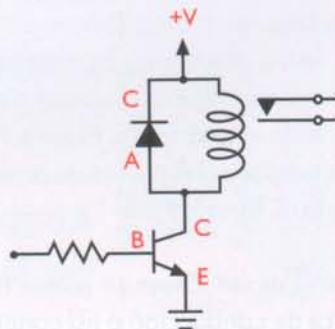
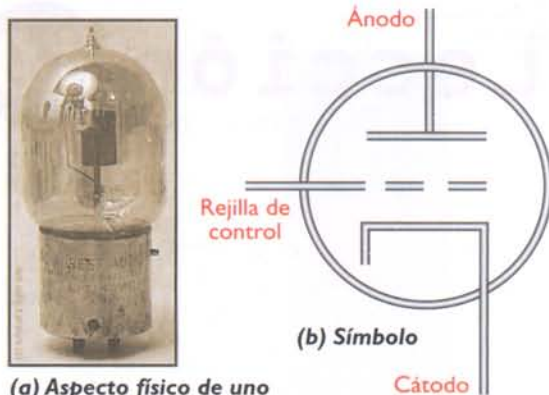


Figura 9.37. Circuito de protección con diodo





(a) Aspecto físico de uno de los primeros triodos

Figura 10.1. El triodo

Como lo mencionamos en la lección anterior, los semiconductores, iniciando con los diodos, revolucionaron totalmente la electrónica, pero fue con los transistores que este cambio tomó forma definitivamente, para luego consolidarse con los circuitos integrados.

## Breve historia

Antes del transistor, su predecesor fue el tubo de vacío llamado triodo (tres electrodos), **figura 10.1**, inventado en 1906 por el norteamericano Lee de Forest (1873-1961), con el cual fue posible el control total del flujo de los electrones y la creación de los primeros circuitos **amplificadores**. Alrededor de este componente y sus sucesores, como los tubos tetrodo y pentodo, se inició y creció la gran industria electrónica entre los años 1920 y 1960, haciendo posible la fabricación masiva de los primeros receptores de radio y amplificadores de sonido, luego, los receptores de televisión, las primeras computadoras y los equipos de comunicaciones, entre otros.

El tema de los tubos de vacío (*vacuum tubes*) es muy interesante pero no lo trataremos en este curso ya que ellos casi no se utilizan en la práctica y pertenecen más a la historia, pero, debido a su importancia para la comprensión global de la electrónica y sus orígenes, invitamos a nuestros lectores a que lo investiguen en diferentes textos o a través de la internet, en donde hay una gran cantidad de páginas web dedicadas a ellos.

El transistor fue inventado en 1948 en los laboratorios de la Bell Telephone en E.U.A por un grupo de científicos liderados por John Bardeen, William Shockley y Walter Brattain, **figura 10.2** lo que les hizo ganar el premio Nobel de física en el año 1956.

La palabra **transistor** es un acrónimo de los términos *transfer* y *resistor* (resistencia de transferencia) y designa, en forma genérica, a un componente electrónico de tres terminales cuya resistencia entre dos de ellos (colector y emisor) depende del nivel de corriente o voltaje aplicado al otro (base). Aprovechando esta propiedad, los transistores se utilizan como amplificadores, interruptores electrónicos, fuentes de corriente controladas, osciladores, mezcladores y en muchas otras aplicaciones prácticas.

Los transistores fueron reemplazando poco a poco a los tubos de vacío en todos sus usos, debido principalmente a estas ventajas:

- Larga vida útil
- Bajo consumo de energía
- Bajo costo
- Tamaño pequeño
- Estructura robusta y confiable

## Tipos de transistores

Existen básicamente dos grandes grupos de transistores: los **transistores bipolares** (*bipolar transis-*



Figura 10.2. Inventores del transistor

tors) y los **transistores de efecto de campo** o **FET** (*Field Effect Transistors*). Estos últimos incluyen los FET de unión (JFET) y los FET de compuerta aislada (MOSFET). **Figura 10.3.** Actualmente son también muy populares los **transistores bipolares de compuerta aislada** ó **IGBT**, utilizados en electrónica de potencia, que son muy similares a los MOSFET en su estructura física, pero se asemejan más a los transistores bipolares en su operación eléctrica, temas éstos que explicaremos más adelante.

### Los transistores bipolares

Son dispositivos semiconductores formados por una capa de material tipo P emparedada entre dos capas de material tipo N, o una de material tipo N emparedada entre dos de tipo P. En el primer caso se tiene un transistor **NPN** y en el segundo un transistor **PNP**. **Figura 10.4.** La capa central se denomina **base** (B) y las de los extremos **emisor** (E) y **colector** (C), respectivamente.

La base es sumamente estrecha y poco dopada en relación con el emisor y el colector. En consecuencia, tiene una concentración muy baja de portadores. El emisor, por su parte, está fuertemente dopado y la concentración de portadores mayoritarios disponibles supera ampliamente la de la base. De otro lado, el colector es sumamente amplio y tiene una alta concentración de portadores minoritarios en relación a la base y muy pocos portadores mayoritarios en comparación con el emisor.

En el caso de un transistor NPN, esto significa que la base no posee la suficiente cantidad de huecos para combinarse con todos los electrones que puede suministrar el emisor. Como resultado, la mayoría de estos electrones atraviesan la base en dirección del colector.

### Polarización y funcionamiento

Debido a la forma como se alternan las capas P y N, en un transistor existen dos uniones PN: una entre emisor y base (EB), y otra entre colector y base (CB). Estas uniones deben polari-

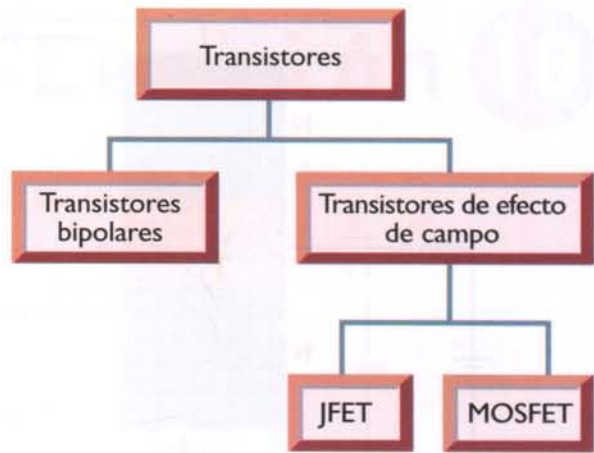


Figura 10.3. Principales grupos de transistores

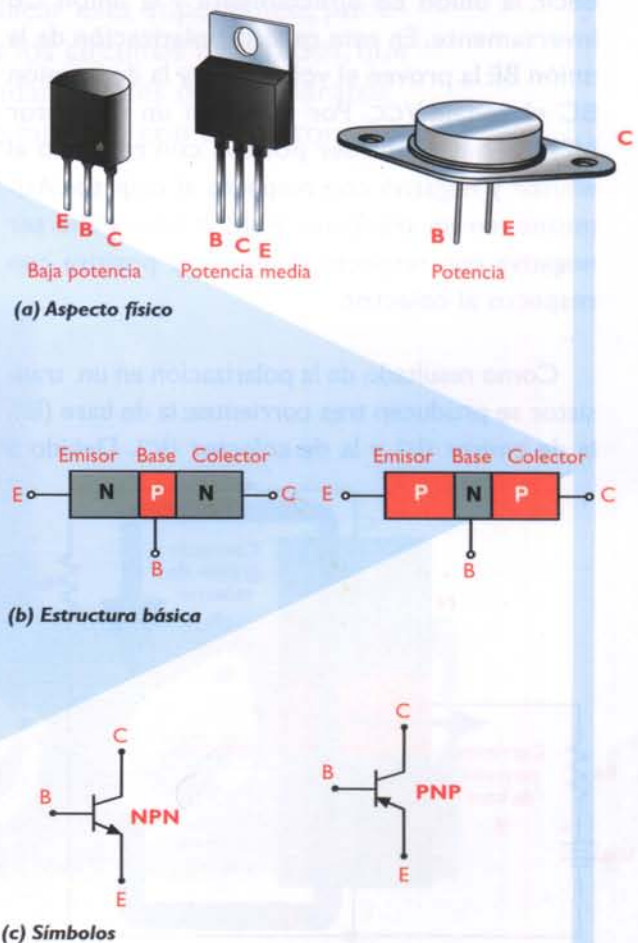


Figura 10.4. Principales tipos de transistores bipolares

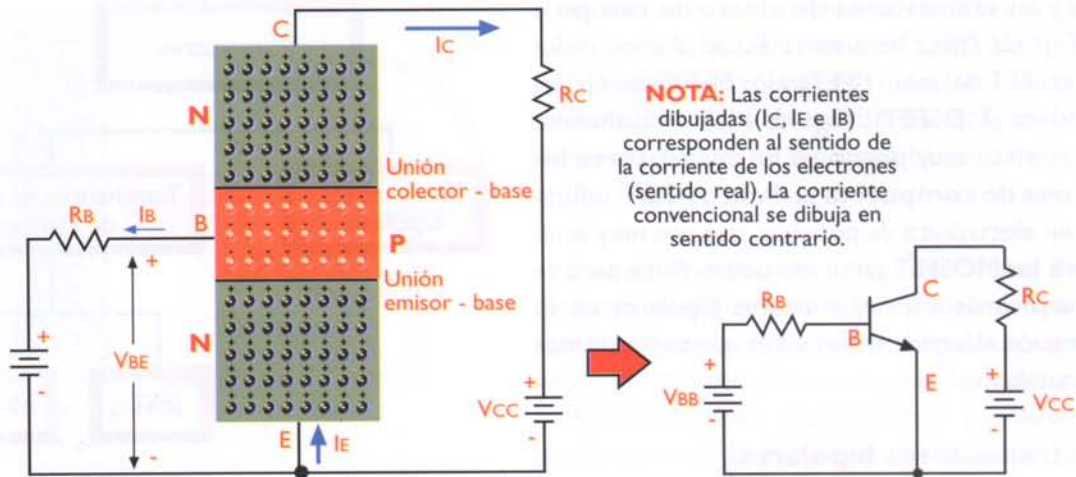


Figura 10.5. Polarización de un transistor bipolar NPN

zarse (suministrar voltajes fijos de CC en sus terminales), como se indica en la **figura 10.5**, es decir, la unión EB directamente y la unión CB inversamente. En este caso, la polarización de la unión BE la provee el voltaje  $V_{BE}$  y la de la unión BC el voltaje  $V_{CC}$ . Por tanto, en un transistor NPN, la base debe ser positiva con respecto al emisor y negativa con respecto al colector. Asimismo, en un transistor PNP, la base debe ser negativa con respecto al emisor y positiva con respecto al colector.

Como resultado de la polarización en un transistor se producen tres corrientes: la de base ( $I_B$ ), la de emisor ( $I_E$ ) y la de colector ( $I_C$ ). Debido a

que la unión BE está polarizada directamente, los portadores mayoritarios de ambas regiones son obligados por el voltaje  $V_{BE}$  a cruzar la unión y combinarse mutuamente. En el caso de un transistor NPN, esto significa que una parte de los electrones suministrados por el emisor (del 1% al 5%) se combinan con los pocos huecos disponibles en la base. Esto origina una corriente de base ( $I_B$ ) relativamente pequeña.

Los electrones restantes (del 95% al 99%) son atraídos hacia el colector por la fuerte tensión inversa de polarización  $V_{CC}$  de la unión BC. Estos electrones cruzan la unión BC, pasan a través de la extensa región de colector y se dirigen hacia el polo positivo de la batería  $V_{CC}$ , creando una corriente de colector ( $I_C$ ) muy intensa, **figura 10.6**. Las corrientes de colector ( $I_C$ ) y de base ( $I_B$ ) están relacionadas con la corriente de emisor ( $I_E$ ), mediante la siguiente fórmula:

$$I_C = \beta \times I_B$$

Esto quiere decir que, con un transistor se puede lograr **amplificación de corriente**, el cual es el fenómeno fundamental que se produce en ellos y por medio del que se logró su incorporación en la electrónica moderna, pudiéndose fabricar así los aparatos que antes se elaboraban con tubos de vacío.

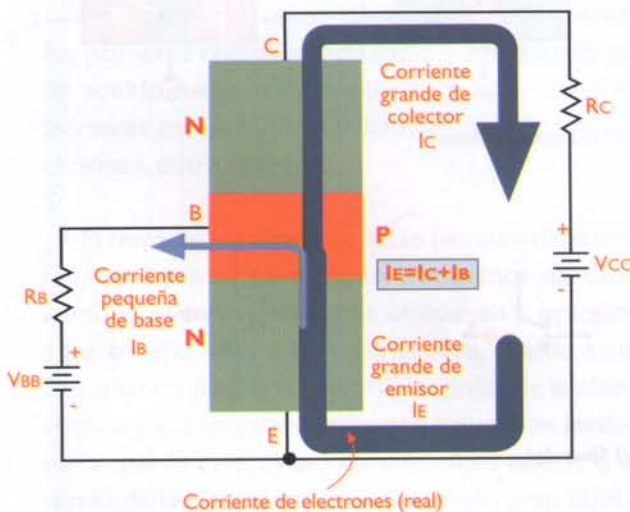


Figura 10.6. Combinación de corrientes en un transistor

En otras palabras, con una corriente de base débil o pequeña se puede controlar una corriente alta de la misma forma que se hace en los tubos de vacío al controlar la corriente de placa o ánodo con la corriente de la rejilla de control. Si la corriente de base aumenta, la corriente de colector también aumenta, y, si la primera disminuye, ésta disminuye. Por tener este comportamiento, los transistores se han utilizado ampliamente como interruptores o como amplificadores (reguladores del paso de la corriente) en diferentes tipos de circuitos, los cuales se estudian en la sección de Teoría de este curso.

La capacidad de amplificación de un transistor se mide observando el efecto de la corriente de base (I<sub>B</sub>) sobre la corriente de colector (I<sub>C</sub>), para un determinado valor de V<sub>CE</sub>. La relación entre ambas cantidades se denomina **ganancia de corriente** o Beta y se representa mediante el símbolo **β** o hFE. Esto es:

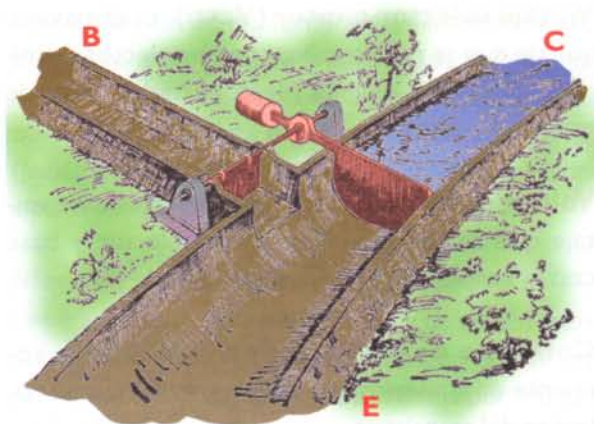
$$\beta(hFE) = \frac{I_C}{I_B}$$

Para entender mejor el funcionamiento de un transistor bipolar, nos podemos basar en la analogía con un canal de agua cuyo caudal es regulado por un canal más pequeño, tal como se muestra en las **figuras 10.7a, b y c**. En ellas podemos ver el efecto que tiene la cantidad de agua en el canal regulador (lateral) sobre el caudal del canal principal, cuya compuerta tiene un contrapeso de tal forma que, para moverlo, sólo se requiere de una pequeña fuerza.

Hay que mencionar que los circuitos con transistores requieren para su funcionamiento de los otros componentes ya estudiados, como son las resistencias, los condensadores, las bobinas, los transformadores y los diodos, entre otros. Esta combinación forma los circuitos electrónicos que se estudian en la sección de **Teoría** de este curso.

### Características eléctricas y físicas de los transistores bipolares

Además del tipo (NPN o PNP) y del material con el cual se fabrican (germanio o silicio), los transistores bipolares se diseñan con diferentes características eléctricas dependiendo de su uso. Las principales son:



**Figura 10.7a.** Analogía de un canal de agua regulado con el transistor. En este caso no hay agua (corriente de base) en el canal regulador (B) y no hay paso de agua desde el punto C (colector) hacia el punto E (emisor).



**Figura 10.7b.** En este caso hay una débil corriente de agua en el canal regulador (B), por su efecto, la compuerta principal se abre un poco y deja circular una buena cantidad de agua entre los puntos C y E.



**Figura 10.7c.** En este caso hay una corriente de agua un poco mayor en el canal regulador (B). La compuerta principal se abre más y deja circular una mayor cantidad de agua entre los puntos C y E.

**Voltaje colector-emisor ( $V_{CE0}$ ):** es el máximo voltaje que se puede aplicar entre colector y emisor con la base abierta (desconectada), antes de que el dispositivo se averíe.

**Voltaje colector-base ( $V_{CB0}$ ):** es el máximo voltaje que se puede aplicar entre colector y base con el emisor abierto (desconectado).

**Corriente de colector ( $I_C$ ):** es la máxima corriente en amperios que puede circular por el colector del transistor.

**Potencia disipada ( $P_D$ ):** es la máxima potencia en vatios que puede manejar el transistor.

**Ganancia de corriente ( $h_{FE}$ ):** es las veces que se amplifica la corriente de base. También llamada Beta ( $\beta$ ).

**Frecuencia de trabajo o de corte ( $f_T$ ):** es la máxima frecuencia de la señal con la cual puede trabajar el transistor como amplificador.

**Encapsulado:** es la forma, material y tamaño del empaque físico exterior. Hay varios tipos de encapsulados para los transistores bipolares, los cuales explicaremos en detalle más adelante. En la **figura 10.8** podemos observar los datos de un transistor típico en donde se resumen las características anteriores.

Estas características son las que determinan los valores máximos de trabajo para estos dispositivos. Lo que se recomienda en la práctica es ponerlos a trabajar con valores menores (entre un 50% y un

75%) con el fin de garantizar su duración, ya que si se trabaja con valores máximos se pueden averiar fácilmente. Estos valores (voltaje, corriente, potencia y frecuencia de trabajo) los determinan los circuitos y componentes externos (polarización) y las señales aplicadas a los transistores (ver sección de Teoría).

Hay muchas otras características eléctricas para los transistores bipolares las cuales no se estudiarán en este curso, pero que se pueden consultar en los manuales de los fabricantes.

De acuerdo a las características anteriores los transistores se clasifican en diferentes grupos. Por ejemplo, según la potencia de trabajo ( $P_D$ ) la cual tiene que ver con la corriente y el voltaje manejados, hay transistores de baja potencia o baja señal, transistores de potencia media y transistores de potencia. Según la frecuencia de trabajo ( $f_T$ ), hay transistores de baja frecuencia (para tareas de audio), de frecuencia media y de alta frecuencia o RF (radiofrecuencia) utilizados en aparatos de radio, televisión, comunicaciones, etc.

## Encapsulados

En la práctica, los transistores se fabrican en serie, formando simultáneamente varios cientos o miles de ellos sobre una oblea (forma circular), luego se cortan uno por uno y su tamaño real es pequeñísimo. Para facilitar su manipulación y la conexión en los diferentes circuitos, éstos se “encapsulan” o empaquetan con diferentes formas y tamaños dependiendo principalmente de la potencia manejada. La cápsula aísla el transistor del ambiente (humedad y contaminación), sirve como disipador de calor,

**Silicon Transistor Selector Guide**  
(Listed in order of package and  $V_{CB0}$  Rating,  $*T_C=+25^\circ C$ )

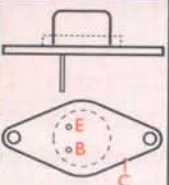
NTE Type Number		Application	Maxium Breakdown Voltage (Volts)		Maxium Collector Current (Amps)	Maxium Collector Dissipation (Watts)	Typical Forward Current Gain	Typical Freq. (MHz)	Package Style
NPN	PNP		$V_{CB0}$	$V_{CE0}$	$I_C$	$P_D$	$h_{FE}$	$f_T$	
274	275	Darlington Pw Amp Sw	80	80	4	50	3000	-	 TO-66
-	218	Audio Pwr Output	90	80	4	25	30 min.	4 min.	
124	-	High Vltg. Gen Pwp	325	300	1	20*	40 min.	10 min.	

Figura 10.8. Características de un transistor


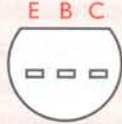

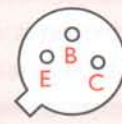

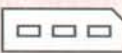

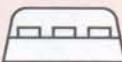

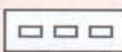
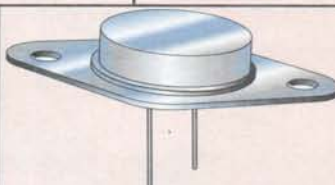

NOMBRE	FORMA EXTERNA	VISTA INFERIOR
TO-92		
TO-5		
TO-202		
TO-220		
TO-3P		
TO-3		

Figura 10.9. Principales encapsulados para los transistores

**NOTA:** En todos los encapsulados la disposición de los terminales (base, emisor y colector) varía de un transistor a otro, o sea que no siempre están en la misma posición. Por lo tanto, se debe consultar el manual del fabricante o un manual de reemplazos. Esta disposición se muestra muchas veces con una figura como éstas incluida en los diagramas esquemáticos y en la cual se indica cuál es cada uno de ellos.

como soporte de los terminales, para fijarlos, etc. En cuanto al material de la cápsula los hay de plástico o de metal. La forma de los encapsulados está normalizada por una organización llamada JEDEC (*Joint Electron Device Engineering Council*) y los principales se muestran en la **figura 10.9**

### Identificación de los transistores

Los transistores, como los diodos y otros semiconductores, se identifican con referencias que se imprimen sobre el encapsulado, formadas por letras y números de acuerdo a tres sistemas principales: el americano, el japonés y el europeo. El sistema americano, establecido por el JEDEC, asigna para los transistores el número 2 seguido por la letra N y luego un número entre 100 y 9999. En algunos casos se agrega una letra que indica la ganancia así: A para baja ganancia, B para ganancia media y C para alta ganancia. Ejemplos: 2N2222A, 2N3904, 2N3055, etc.

En el sistema japonés, establecido por el JIS (*Japan Industrial Standard*) se identifican con el número 2, luego la letra S, luego otra letra (A, B, C y D) según el tipo y la frecuencia de trabajo, y, por último, varios números entre 10 y 9999. Por ejemplo 2SA1187, 2SB646 y 2SC733. Muchos fabricantes no utilizan el 2S y solo los marcan como A1187, B646 y C733.

El sistema europeo utiliza primero las letras A ó B, si el material es germanio o silicio, luego otra letra (C, D, F, L y U) según la potencia y la frecuencia, después otra letra (W, X, Y y Z) según el uso, y, por último, varios números entre 100 y 9999. Ejemplos: BC108, BAW68, BF239 y BFY51.

Además de estos sistemas de identificación algunos fabricantes tienen sus propios sistemas de numeración para hacer énfasis en su marca, como los sufijos de Motorola MJ, MJE, MPS y MRF seguidos de varios números, por ejemplo el MJE1002, etc. Texas Instruments tiene su sistema utilizando las letras TIP, TIPL o TIPS (Por ejemplo TIP31, TIP32, etc.).

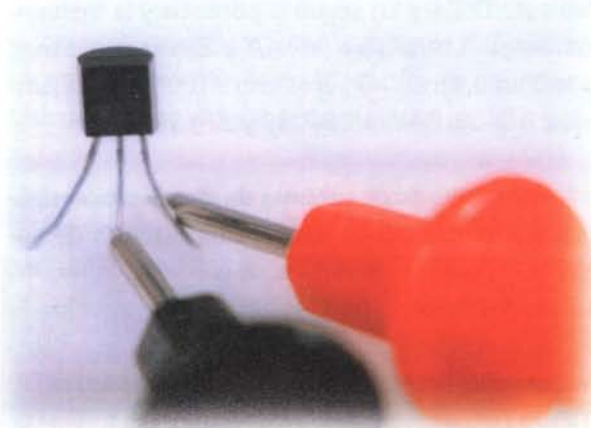
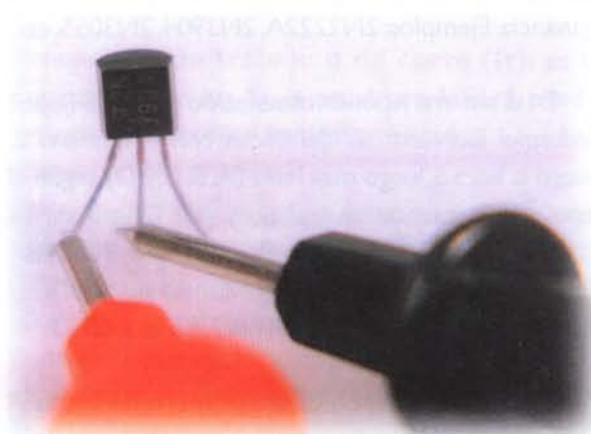
Otras empresas de semiconductores marcan sus productos con referencias propias, solicitadas por los fabricantes de los equipos en donde éstos se utilizan,

con el fin de ordenar sus sistemas de producción o de evitar la copia de sus productos. Es por éso que algunas veces se encuentran transistores cuya referencia no está en ningún manual de los fabricantes o en los manuales de reemplazos.

## Prueba de los transistores bipolares con un multímetro análogo

Como un transistor está formado por dos diodos, se puede utilizar la prueba anterior explicada para éstos con el fin de determinar el buen estado de un transistor bipolar NPN o PNP. Con esta prueba también es posible identificar los terminales del transistor (base, emisor y colector) cuando no se conoce su posición, algo muy útil cuando estamos ensamblando algún circuito; también se puede determinar si el transistor es NPN o PNP.

Es muy importante antes de hacer las pruebas de este tipo, determinar la polaridad de las puntas de prueba del multímetro. Esto quiere decir que, aunque el instrumento tenga su punta de prueba negativa y positiva, en algunos modelos es diferente el sentido en el cual circula la corriente. Para establecer esta polaridad, se debe tomar un transistor con la referencia conocida, por ejemplo un 2N3904, que es NPN y determinar con cuales posiciones de las puntas de prueba produce las medidas que vamos a mencionar. Coloque ahora la punta roja en la base y mida la conducción con el emisor y el colector; no debe marcar ningún valor. Por último, mida la conducción entre el emisor y el colector, primero con las puntas de prueba en una posición y luego invirtiéndolas; en esta ocasión no debe marcar ningún valor. **Figura 10.10**



**Figura 10.10. Prueba de un transistor NPN.** Con la perilla selectora ubicada en la posición Rx1, o en la más baja disponible, coloque la punta de prueba negativa (negra) en la base del transistor (terminal central visto de frente) y la punta positiva (roja) en el emisor (terminal de la izquierda); en este momento la aguja debe mostrar una resistencia baja. Pase ahora la punta roja al colector (terminal derecho), la aguja debe mostrar una medida similar. Coloque ahora la punta roja en la base y toque con la punta negra el emisor y el colector. No debe mostrar ningún valor.

La prueba de un transistor PNP, un 2N3906 por ejemplo, se hace de la misma forma pero con la polaridad invertida, es decir, en el primer paso se conecta en la base la punta de prueba positiva (roja) y con la punta negativa (negra) se tocan el emisor y el colector. Como en el NPN, la aguja debe marcar un bajo valor en ohmios en los dos casos. Luego, invirtiendo las puntas de prueba y repitiendo la operación, no debe marcar ningún valor. En este caso, la prueba de conducción entre emisor y colector es la misma que en el transistor NPN.

Si nunca ha hecho este tipo de pruebas y tiene su multímetro análogo y los dos tipos de transistores a la mano (cualquier NPN y PNP conocidos), practique despacio cada uno de los pasos descritos hasta que los pueda hacer rápidamente y de memoria. Esto le servirá siempre en el trabajo en electrónica, ya sea en el ensamblaje de proyectos o en la reparación de todo tipo de aparatos.

### Prueba de los transistores bipolares con un multímetro digital

Ésta se hace utilizando el mismo procedimiento que se describió para los diodos, midiendo las uniones base-colector y base emisor. Si el transistor es NPN (por ejemplo un 2N3904), se coloca la punta roja en la base y con la punta negra se tocan el colector y el emisor observando la medida mostrada en cada caso. Ésta debe ser, como en los diodos, de  $0,7\Omega$  aproximadamente si la unión está bien. Si marca un valor bajo, igual o cercano a  $0\Omega$ , hay un "cortocircuito" o si no marca nada, el transistor está "abierto".

También se debe hacer la prueba entre colector y emisor, en la cual no debe marcar ninguna lectura; esta prueba se debe hacer con las puntas de prueba colocadas en ambos sentidos. Para los transistores PNP se invierte la punta que se conecta en la base, en este caso se coloca la punta negra en ella y se hacen las mismas pruebas descritas en el párrafo anterior. Este procedimiento es similar al que se describió en el multímetro análogo. Algunos multímetros digitales tienen la opción para hacer la prueba directa de transistores, para lo cual cuentan con una base o socket en don-

de se insertan sus tres terminales dependiendo de su tipo (NPN o PNP), e indicando en la pantalla el valor de su ganancia (*beta* o *hfe*). La perilla selectora se ubica en el sitio marcado *hfe* figura 10.11.

### Los transistores de efecto de campo o FET (Field Effect Transistors)

Como ya vimos en la figura 10.3, el otro gran grupo de transistores es aquel formado por los transistores de efecto de campo o FET, los cuales, a su vez, se dividen en dos grupos: los JFET (Junction FET) o FET de juntura y los MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) o FET de semiconductor de óxido metálico, el cual se menciona a veces simplemente como MOS refiriéndose a esta tecnología de fabricación.

Los FET se parecen en muchos aspectos a los transistores bipolares, pero tienen otras caracte-

Figura 10.11. Prueba directa de transistores con un multímetro digital.



rísticas que los hacen más eficientes en ciertos tipos de circuitos tal como lo veremos más adelante y en la sección de **Teoría** de este curso.

## Breve historia

Los principios básicos de los FET fueron enunciados por el científico alemán Julius Edgar Lilienfeld en una patente del año 1926, pero en esa época no se logró fabricar el dispositivo como tal y que funcionara efectivamente. En 1952, William Shockley, uno de los inventores del transistor bipolar, desarrolló la teoría de los transistores de efecto de campo de juntura y en 1955 se fabricó el primero de estos dispositivos en los laboratorios Bell; solo hasta los años 60 se fabricaron en serie. Los MOSFET se desarrollaron también en 1960 por los científicos Khan y Atatta de Hitachi en Japón. Uno de los aspectos más importantes de esta tecnología es haber permitido el gran desarrollo de los circuitos integrados ya que la mayoría de ellos se fabrican con transistores tipo MOS, debido al poco espacio que ocupan y al bajo consumo de corriente.

## Estructura básica

En general, e independientemente de su tecnología de fabricación, los FET (JFET y MOSFET) tienen tres terminales que reciben los nombres de fuente, drenador o sumidero y compuerta, derivados de los nombres originales en inglés *source* (S), *drain* (D) y *gate* (G). Por esto, los terminales se marcan en los diagramas como S, D y G. Los encapsulados más utilizados para los FET son los mismos que los de los transistores bipolares, por lo que estos se diferencian entre sí solamente por su referencia, la cual está marcada en su cuerpo.

## Transistores tipo JFET

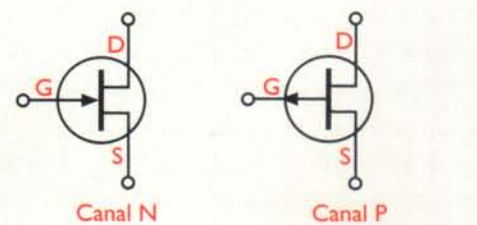
Se fabrican con un material semiconductor de base N o P llamado **sustrato** dentro del cual se forma una región de material con polaridad opuesta en forma de U llamada **canal**, ligeramente dopada. El sustrato actúa como compuerta (*gate* o G), uno de los extremos del canal como fuente (*source* o S) y el otro como drenador (*drain* o D). Por tanto, entre la compuerta y el canal se forma una juntura

o unión PN. De acuerdo al material del canal hay JFET de canal N y de canal P. En los de canal P, los portadores mayoritarios que circulan por el canal son huecos y en los de canal N los portadores que circulan por el canal son electrones. En la **figura 10.12** se muestran los símbolos utilizados en los diagramas para los diferentes tipos de JFET y su estructura interna simplificada.

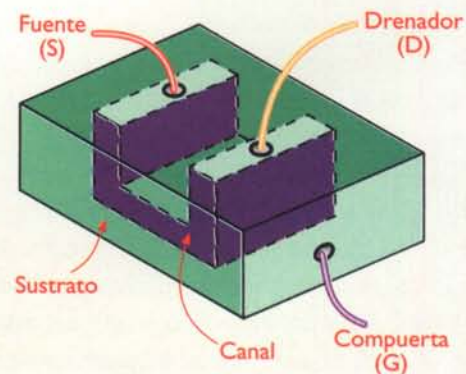
## Polarización y funcionamiento de los JFET

Para operar correctamente, los JFET necesitan ser polarizados mediante dos tensiones externas, como se indica en la **figura 10.13**. La tensión  $V_{DD}$  dirige el paso de los portadores de corriente por el canal y la tensión  $V_{GS}$  regula su cantidad. Esta última debe polarizar inversamente la unión PN entre el canal y el sustrato. Por tanto, en un JFET de canal N la fuente debe ser positiva con respecto a la compuerta y negativa con respecto al drenador.

El efecto neto de la polarización es la creación, entre drenador y fuente, de una **corriente de drenaje** ( $I_D$ ), la cual circula a lo largo del canal y depende del voltaje  $V_{GS}$ . Por tanto, el canal actúa como una resistencia variable. En el caso de un JFET de



a) Símbolos



b) Estructura interna simplificada

**Figura 10.12.** Transistores JFET

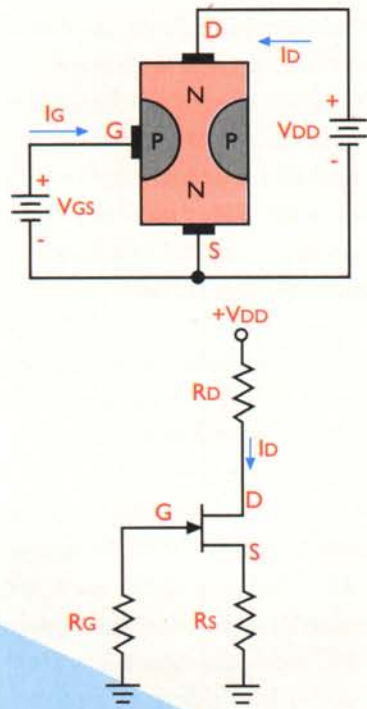


Figura 10.13. Polarización de un JFET

canal N, el voltaje  $V_{GS}$  crea, en las proximidades de la unión sustrato-canal, una **zona de agotamiento** libre de electrones. Esta región se forma por completo dentro del canal debido a que existe una fuerte concentración de huecos en el sustrato y una baja concentración de electrones en el canal.

El espesor de la zona de agotamiento determina el área útil o efectiva del canal, y, por lo tanto, su capacidad de dejar pasar más o menos electrones. La región de agotamiento se extiende a lo largo de las paredes del canal, siendo más amplia en el lado del drenador que en el de la fuente. Esto es así porque, desde el punto de vista de la compuerta, el drenador está sometido a un voltaje de polarización inverso más alto ( $V_{DS} + V_{GS}$ ) que la fuente ( $V_{GS}$ ).

Al aumentar el voltaje  $V_{GS}$ , la región de agotamiento se ensancha, y, por lo tanto, se estrecha el canal. En consecuencia, pasan menos electrones entre la fuente y el drenador, disminuyéndose así la  $I_D$ . Al disminuir el voltaje  $V_{GS}$ , la región de agotamiento se estrecha y, por tanto, se amplía el canal. En consecuencia, pasan más electrones entre la

fuente y el drenador, aumentándose así la  $I_D$ . De este modo, el voltaje  $V_{GS}$  varía la resistencia del canal y controla o "modula" la corriente  $I_D$ . En ambos casos, la corriente de compuerta ( $I_G$ ) es insignificante, lo cual implica que la resistencia de entrada de un FET es extremadamente alta.

La capacidad de amplificación de un FET se mide observando el efecto del voltaje  $V_{GS}$  sobre la  $I_D$  para un determinado valor de  $V_{DS}$ . La relación incremental entre ambas cantidades se denomina **transconductancia** y se designa por el símbolo  **$g_m$  o  $g_{fs}$** . Esto es:

$$g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}}$$

La transconductancia se expresa en mhos o siemens (S). Por ejemplo, si  $g_m = 5.000 \mu\text{mhos}$  (valor típico), un cambio de 200 mV en el voltaje  $V_{GS}$  provoca un cambio de  $100 \mu\text{A}$  en la  $I_D$ .

### Transistores tipo MOSFET

Los **MOSFET** (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistors*) o **MOS**, son FET en los cuales la compuerta está eléctricamente aislada del canal mediante una fina capa de dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), la cual le confiere unas características muy especiales; por ejemplo, una impedancia de entrada muy alta. También hay MOSFET de canal N y de canal P. Los circuitos con MOSFET son altamente inmunes al ruido, consumen muy poca potencia y son muy flexibles. Además, se prestan a la integración en gran escala. Hay dos tipos de MOSFET: los de agotamiento, también llamados de empobrecimiento o depleción (*depletion MOSFET*) y los de enriquecimiento o acumulación (*enhancement MOSFET*). En la **figura 10.14** se muestran los símbolos utilizados en los diagramas para los diferentes tipos de MOSFET y su estructura interna simplificada.

### Estructura básica y funcionamiento de los MOSFET

En un MOSFET el canal se forma dentro del sustrato, pero, a diferencia de un JFET, este último está conectado eléctricamente a la fuente y no a la com-

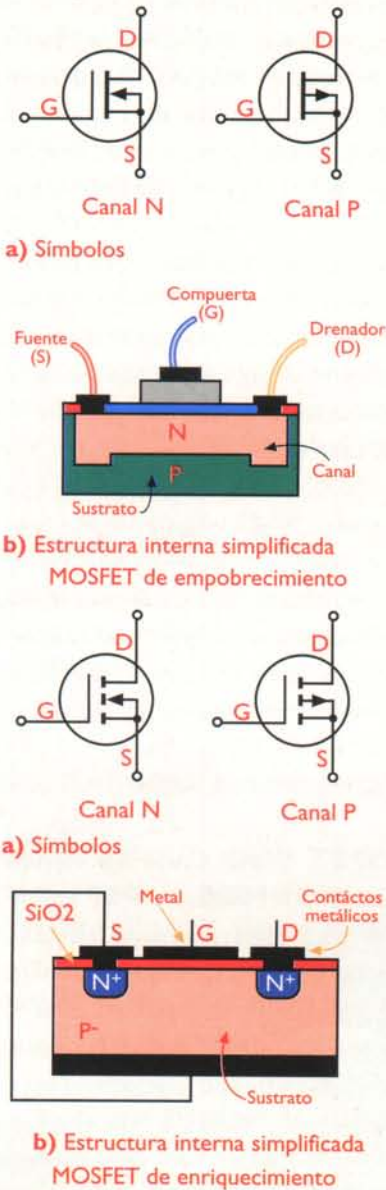


Figura 10.14. Transistores MOSFET

puerta. Aunque la compuerta y el canal ya no forman una unión PN, la compuerta sigue siendo el terminal que controla la conductividad del canal. El voltaje  $V_{GS}$  puede ser positivo o negativo y controla la concentración de portadores de corriente en el canal. Si el drenador es positivo con respecto a la fuente y el voltaje  $V_{GS}$  es 0, fluye una corriente de drenaje a través del canal.


En el caso de un MOSFET de canal N, cuando el voltaje  $V_{GS}$  se hace negativo, los electrones del canal son atraídos por los huecos del sustrato, reduciéndose así la concentración de portadores de corriente dentro del canal. En consecuencia, aumenta la resistencia del canal y se reduce la corriente de drenaje. Se dice, entonces, que el MOSFET está operando en el **modo de agotamiento**.

Cuando el voltaje  $V_{GS}$  se hace positivo, los electrones del canal son rechazados por los huecos del sustrato, aumentándose así la concentración de portadores de corriente dentro del canal. En consecuencia, disminuye la resistencia del canal y aumenta la corriente de drenaje. Se dice, entonces, que el MOSFET está operando en el **modo de enriquecimiento**. Este modo de operación no existe en el FET de unión.

### Identificación y especificaciones

Los FET (JFET y MOSFET) se identifican de la misma forma que los transistores bipolares, por medio de una referencia, y se especifican principalmente por su transconductancia ( $g_m$  o  $g_{fs}$ ), el voltaje máximo entre compuerta y fuente ( $V_{GS}$ ), la corriente de drenaje con  $V_{GS}=0V$  ( $I_{DSS}$ ), el voltaje de ruptura entre compuerta y fuente ( $BV_{GSS}$ ) y la máxima corriente de drenaje ( $I_D$ ). Otros parámetros, que especifican los fabricantes de los FET en las hojas de datos de sus productos, son la capacidad de entrada ( $C_{iss}$ ), la capacidad de transferencia ( $C_{rss}$ ), la potencia máxima ( $P_T$ ) y la resistencia máxima entre drenador y fuente ( $r_{DSS}$ ). En la **figura 10.15** se muestran las características de un FET muy común, el 2N3819.

Transistor FET 2N3819		Canal N
$V_{DS}$	+25V	Voltaje máximo drenador- fuente
$V_{DG}$	+25V	Voltaje máximo drenador- compuerta
$V_{GS}$	-25V	Voltaje máximo compuerta- fuente
$V_P$	-8V max	Voltaje compuerta- fuente para el corte $I_d$
$I_{DSS}$	2-20mA	Corriente drenador- fuente con $V_{ef}=0$
$I_{GSS}$	-2nA max	Corriente de fugas a 25°C
$I_G$	10mA	Máxima corriente de compuerta
$g_m$	2 a 6,5	Transconductancia en mmhos en fuente común
$C_{iss}$	8pF max	Capacidad de entrada en fuente común
$P_T$	200mW	Máxima disipación al aire libre
$f_r$	100MHz	Máxima frecuencia de trabajo



S  
G  
D

TO-92

Figura 10.15. Tabla de características de un FET

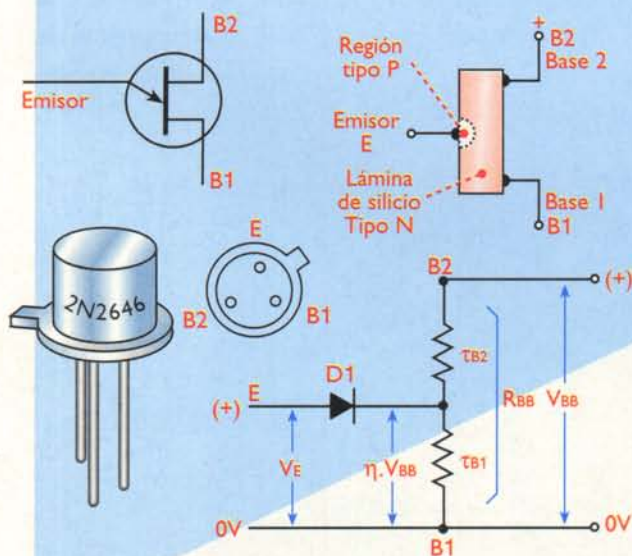
## Otros tipos de transistores

Además de los transistores bipolares y los FET, hay otros tipos de transistores no tan utilizados, pero no por ello menos importantes en la electrónica debido a sus usos especiales en cierto tipo de circuitos.

### Transistores UJT (Unijunction Transistor)

Este tipo, llamados transistores monojuntura o unijuntura, como su nombre lo indica, tienen una sola unión PN. Están conformados por un material tipo N que incluye una conexión no rectificadora en cada uno de sus extremos; estas conexiones reciben el nombre de Base 1 (B1) y Base 2 (B2). El tercer terminal es una juntura rectificadora PN situada en un punto intermedio del material N, el cual recibe el nombre de emisor (E). Dependiendo del tipo de material principal hay UJT tipo N y tipo P, pero en la práctica los más utilizados son los del tipo N. En la **figura 10.16** se muestran el símbolo, la estructura interna, el circuito equivalente y el aspecto físico de uno de los transistores UJT tipo N más conocidos, el 2N2646.

El funcionamiento de los UJT es muy diferente al de los transistores bipolares y los FET. Como el material que conforma el cuerpo principal tiene una resistencia determinada (generalmente comprendida entre 4.000 y 12.000  $\Omega$ ) llamada  $R_{BB}$ , y el emisor que forma la unión PN está conectado en un punto



**Figura 10.16.** Símbolo, estructura interna, circuito equivalente y aspecto físico de un UJT tipo N

Características del transistor de unión única tipo 2N2646	
Tensión inversa de emisor (máxima)	= 30V
$V_{BB}$ (máxima)	= 35V
Corriente de pico de emisor (máxima)	= 2A
Corriente eficaz de emisor (máxima)	= 50mA
Disipación máxima	= 300mW
$\eta$	= 0,56 - 0,75
$R_{BB}$	= 4,7 - 9,1K $\Omega$
$I_p$ (máxima)	= 5 $\mu$ A
$I_v$	= 4mA
Cápsula	= TO-18

**Figura 10.17.** Características eléctricas de un UJT tipo N Ref. 2N2646

intermedio de esta resistencia, una parte del voltaje aplicado a la Base 2 (B2) aparece entre la juntura PN y la Base 1 (B1). Este voltaje es el parámetro más importante del UJT y se le ha llamado «relación intrínseca»; se representa con la letra griega  $\eta$  y su valor típico se puede encontrar entre 0,45 y 0,8. En la **figura 10.17** se muestran las demás características eléctricas de un UJT (2N2646).

El comportamiento del UJT es similar al de un diodo Zener, pero se le puede variar el voltaje de avalancha con sólo modificar las condiciones eléctricas en el terminal Base 2. El efecto Zener se presenta normalmente entre los terminales Emisor y Base 1, a través de los cuales se establece un paso súbito de corriente cuando la tensión eléctrica entre éstos alcanza el punto de avalancha. Aprovechando esta característica, los UJT se utilizan principalmente como generadores de pulsos u osciladores de relajación, su circuito básico se muestra en la **figura 10.18**. La carga del condensador a través de la resistencia R y la descarga a través de la unión PN y la resistencia E-B1, se utiliza para generar impulsos de corriente a intervalos regulares y usualmente ajustables, lo cual lo convierte en un circuito muy sencillo y apropiado para el disparo de tiristores, como oscilador, o como temporizador.

### Los transistores IGBT (Isolated Gate Bipolar Transistor)

Estos dispositivos, cuyo nombre se puede traducir

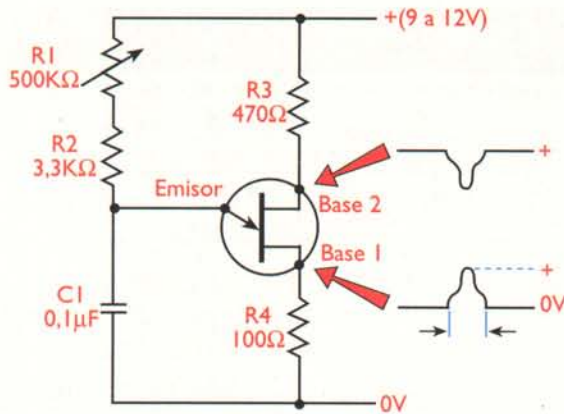


Figura 10.18. Circuito básico de un UJT como generador de pulsos

como transistor bipolar de compuerta aislada, son la combinación de un transistor bipolar y un FET, ya que en la entrada se comportan como un FET de compuerta aislada y en la salida como un transistor bipolar de potencia. Esta combinación les brinda muy buenas características como interruptores de potencia, reemplazando otros semiconductores como los MOSFET de potencia y los tiristores o elementos electromecánicos, tales como los relés, o los contactores, los cuales sufren desgaste mecánico.

Los IGBT son muy similares en su estructura física a los MOSFET de potencia, pero se asemejan más a los transistores bipolares en su operación eléctrica. En la figura 10.19 se muestran los símbolos utilizados para su representación. Dependiendo de su polaridad, existen IGBT NPN y PNP. Los primeros, son equivalentes a un transistor PNP manejado por un MOSFET de canal N y los segundos, a un transistor NPN manejado por un MOSFET de canal P. La mayor parte de los IGBT disponibles comercialmente son dispositivos NPN o de canal N.

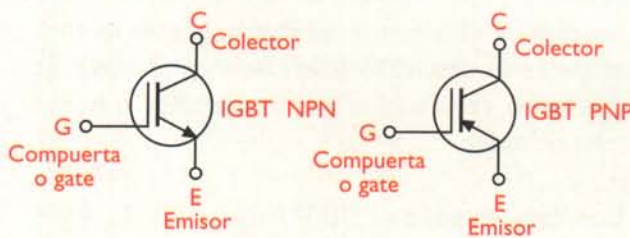


Figura 10.19. Símbolos para los IGBT

Los IGBT se clasifican de acuerdo a su velocidad en: **lentos**, **rápidos** y **ultra-rápidos**, cada uno optimizado para operar en una gama de frecuencias específica. Los IGBT lentos o de velocidad estándar, por ejemplo el **IRGBC30S** (600V/35A) de International Rectifier, trabajan desde CC (o hertz) hasta  $\approx 1$  kHz. Se caracterizan por su baja caída de voltaje en estado de saturación. Se utilizan principalmente en sistemas de potencia ininterrumpida (UPS), circuitos de control de motores, estabilizadores de voltaje y otras aplicaciones prácticas a nivel de frecuencia de línea.

Para comprender cómo opera un IGBT, consideremos el circuito equivalente NPN de la figura 10.20. En condiciones normales, con un voltaje de compuerta  $V_{GE}=0$ , entre colector y emisor circula una corriente de fuga ( $I_{CES}$ ) muy débil y el IGBT está esencialmente bloqueado. A medida que aumenta el voltaje positivo de compuerta, llega un momento en el cual se supera un valor umbral ( $V_{GE(th)}$ ) y el dispositivo entra en conducción, permitiendo la circulación de una corriente de colector ( $I_c$ ).

A partir de entonces, una pequeña variación  $\Delta V_G$  del voltaje de compuerta, por ejemplo 0,5V, provoca una gran variación  $\Delta I_c$  de la corriente de colector, digamos 10A. La relación incremental entre la corriente de colector y el voltaje de compuerta de un IGBT define la *transconductancia* ( $g_{fe}$ ), en Siemens (S), del dispositivo. Esto es:

$$\text{Transconductancia} = g_{fe} = \frac{\Delta I_c}{\Delta V_G}$$

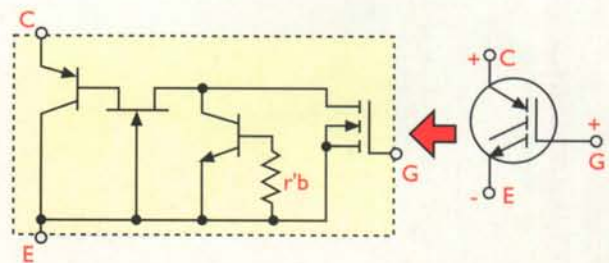


Figura 10.20. Circuito equivalente NPN de un IGBT

# Lección II

## Los tiristores

Además de los transistores, hay otro grupo muy importante de semiconductores llamados **tiristores**, los cuales se emplean principalmente como interruptores electrónicos. A su vez, dentro de los tiristores hay varios tipos siendo los principales los SCR y los triac; y otros, no tan utilizados como los diac, y los GTO. Estos dispositivos han ido reemplazando, con más eficiencia, confiabilidad y duración en todo tipo de tareas, a los interruptores electromecánicos tales como los relés y los contactores cuyas partes mecánicas se van desgastando con el uso.





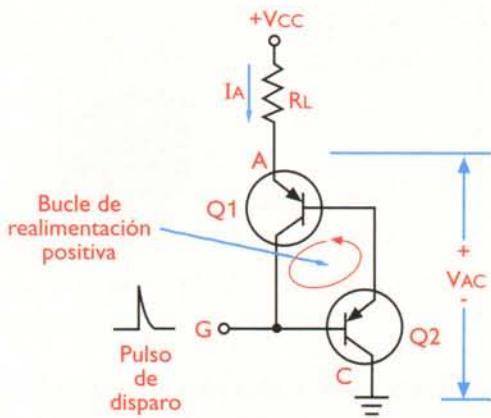


Figura 11.3. Circuito básico del cerrojo

Una vez disparado, un SCR entra en conducción, comportándose como un interruptor cerrado. Bajo esta condición, la compuerta deja de tener control sobre el estado del dispositivo y la única forma de bloquearlo es interrumpiendo la corriente de ánodo ( $I_A$ ) o reduciéndola por debajo de un valor mínimo llamado **corriente de sostenimiento** ( $I_H$ ).

Los SCR pueden también entrar en conducción con una corriente de compuerta cero ( $I_G=0$ ), estando directa o inversamente polarizados, cuando el voltaje entre el ánodo y el cátodo ( $V_{AC}$ ) es superior a un valor crítico  $V_{DRM}$  (directo) o  $V_{RRM}$  (inverso), respectivamente, llamado **voltaje de ruptura**. También puede haber conducción con  $I_G=0$  cuando la velocidad de cambio de  $V_{AC}$  ( $dv/dt$ ) es superior a la especificada. Estos métodos de disparo no se utilizan en la práctica y deben evitarse.

Su funcionamiento general se puede explicar en términos del circuito equivalente de transistores, mostrado en la figura 11.3, llamado un **cerrojo** o *latch* ideal. Esta disposición se caracteriza por ser regenerativa, es decir, por proporcionar una retroalimentación positiva que mantiene al dispositivo enganchado (conduciendo), o desenganchado (bloqueado) cuando se produce un aumento o una disminución en la corriente en cualquier punto del lazo.

### Curvas características de un SCR

El comportamiento general de un SCR se puede representar gráficamente mediante una familia de curvas características, cada una asociada a una corriente

de compuerta ( $I_G$ ) en particular, como se muestra en la figura 11.4. Sobre el eje vertical se indica la corriente de ánodo ( $I_A$ ) y sobre el eje horizontal el voltaje entre ánodo y cátodo ( $V_{AC}$ ). En cada curva característica se pueden distinguir las siguientes regiones:

**1. Región de bloqueo directo.** Se refiere a las condiciones de corriente y voltaje sobre el dispositivo en estado de bloqueo directo, es decir, con el ánodo positivo respecto al cátodo y sin corriente de compuerta aplicada.

**2. Región de encendido.** Se refiere a las condiciones de corriente y voltaje sobre el dispositivo en condiciones de disparo, es decir, después de aplicar una corriente de compuerta ( $I_G > 0$ ). Note que hay una región de resistencia negativa en la cual el  $V_{AC}$  disminuye rápidamente hasta estabilizarse en un valor muy bajo  $V_T$ , ligeramente superior a 0,6V.

**3. Región de bloqueo inverso.** Se refiere a las condiciones de corriente y voltaje sobre el dispositivo en estado de bloqueo inverso, es decir con el ánodo negativo respecto al cátodo y con o sin corriente de compuerta aplicada.

### Identificación y especificaciones eléctricas

Como los demás semiconductores, los SCR se identifican por una referencia (C106, 2N6170, ECG5582, etc.) y se especifican principalmente por la máxima corriente de ánodo ( $I_{TRMS}$ ), el voltaje de ruptura directo ( $V_{DRM}$ ) y el voltaje de ruptura inverso ( $V_{RRM}$ ). Se consiguen SCR con capacidades de co-

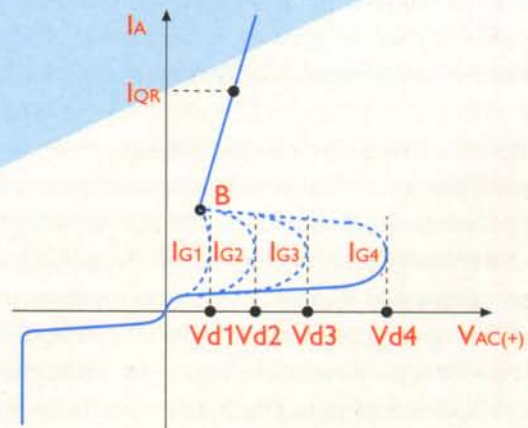
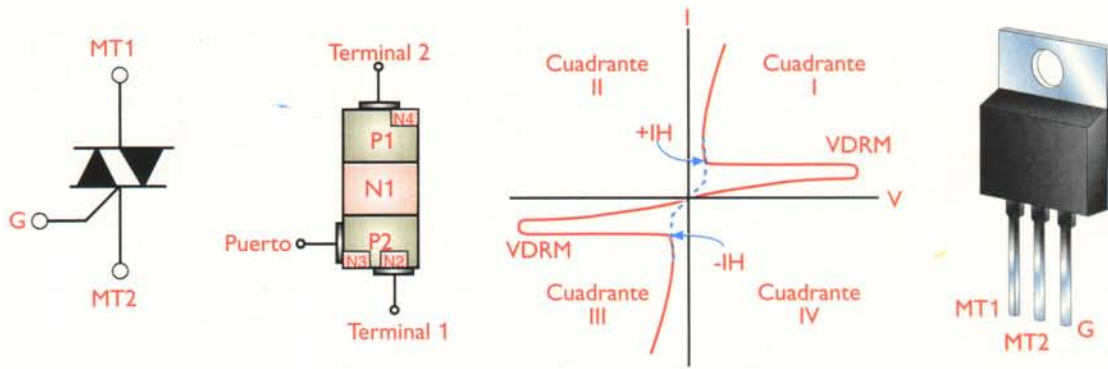


Figura 11.4. Curva característica de un SCR



**Figura 11.5.** Símbolo, estructura interna, curva característica, asignación de terminales y uno de los encapsulados más utilizados para los triac (TO-220)

riente desde menos de 500 mA hasta más de 300 A, y con voltajes de ruptura desde menos de 25V hasta más de 2.000V. Para el C106A, por ejemplo,  $I_{RMS}=4A$  y  $V_{DRM} = V_{RRM} = 100V$ .

### Los triac

El triac es un tiristor PNP de cinco capas que puede conmutar corrientes de carga en ambas direcciones y ser disparado por señales de compuerta tanto positivas como negativas. Se utiliza principalmente para la conmutación de corriente alterna, aunque también puede emplearse para conmutar corriente continua.

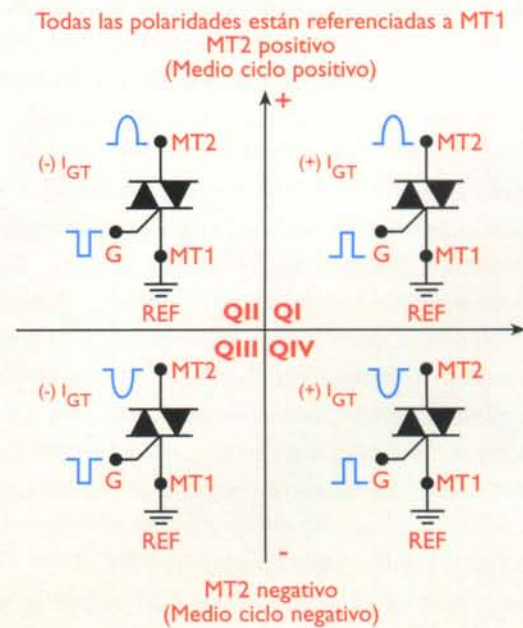
En la **figura 11.5** se muestran el símbolo, la estructura, la curva característica, la asignación de terminales y uno de los encapsulados más utilizados para los triac. Note que posee cinco capas, cuatro uniones PN y tres electrodos o terminales. Estos últimos se denominan **terminal principal 1 (MT1)**, **terminal principal 2 (MT2)** y **compuerta (G)**. Las presentaciones más usuales vienen en cápsulas TO-92 ( hasta 0,8A), TO-39 (1,6A), TO-126 (4A), TO-220 ( 40A) y soportes metálicos (55A o más). La gama de voltajes rms de trabajo se extiende desde menos de 5V hasta más de 1.500V.

### Polarización y funcionamiento

Desde el punto de vista de su funcionamiento, un triac es equivalente a la asociación de dos SCR en antiparalelo. Sin embargo, al contrario de un SCR, un triac puede ser conmutado al estado conductivo mediante pulsos de compuerta positivos o negativos, independientemente de la polaridad del voltaje entre los terminales principales. Esta situación, que se muestra en la **figura 11.6**, origina cuatro modos o **cuadrantes** de

funcionamiento posibles, cada uno correspondiente a una combinación diferente de polaridades de los voltajes de compuerta y de los terminales principales.

Note que, con respecto a MT1, MT2 es positivo en los cuadrantes I y II, y negativo en los cuadrantes III y IV. Asimismo, observe que en los cuadrantes I y IV el triac se dispara con pulsos de compuerta positivos, y en los cuadrantes II y III con pulsos de compuerta negativos. La sensibilidad en uno u otro cuadrante depende de la estructura física del triac particular. Sin embargo, por regla general, la sensibilidad es más alta en los cuadrantes I y IV que en los otros dos. Por esta razón, los triacs deben ser trabajados preferiblemente en estos cuadrantes.



**Figura 11.6.** Polaridades de las señales de disparo en los triac (cuadrantes de trabajo)



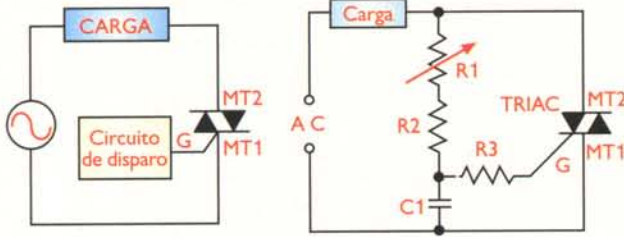


Figura 11.7. Circuito con triac para controlar la corriente en una carga de CA

De todos modos, una vez que un triac pasa a estado conductivo, la compuerta pierde control sobre el circuito de salida y el dispositivo permanecerá en ese estado hasta que la tensión entre sus terminales principales cambie de polaridad, es decir, pase por cero, o hasta que la corriente a través de los mismos sea inferior a su valor mínimo de sostenimiento ( $I_H$ ). La mayoría de los triac de mediana potencia tienen corrientes de sostenimiento por debajo de 100mA.

En la figura 11.7 se muestra la forma básica de utilizar un triac para controlar el flujo de corriente promedio a través de una carga de CA. La corriente promedio entregada a la carga puede controlarse desde el circuito de disparo alterando la cantidad de tiempo por ciclo que el triac permanece en estado de conducción. Esta corriente puede ser pequeña o grande, dependiendo de si el triac permanece la mayor parte del tiempo bloqueado o conduciendo.

En la figura 11.8 se muestra una forma de onda típica del voltaje a través de la carga y el triac. La porción de cada semiciclo durante la cual el triac no conduce, comportándose como un interruptor abierto e impidiendo el flujo de corriente a través de la carga, se denomina **ángulo de retardo**, y la porción durante la cual conduce, comportándose como un

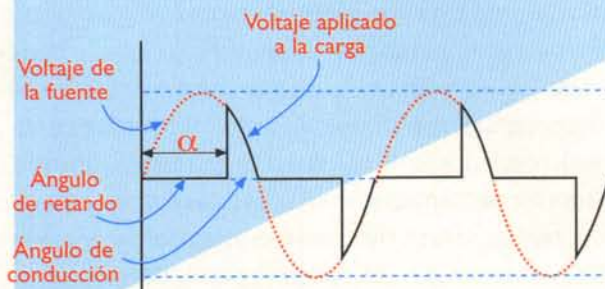


Figura 11.8. Forma de onda en un circuito con triac

interruptor cerrado y permitiendo la circulación de corriente, se llama **ángulo de conducción**. Entre mayor sea el ángulo de conducción, mayor es la corriente promedio suministrada a la carga, y viceversa.

## Especificaciones eléctricas e identificación

Los triac se identifican básicamente por los mismos parámetros de los SCR, excepto que pueden conducir en ambas direcciones. El voltaje de compuerta necesario para disparar un triac se simboliza como  $V_{GT}$  y la corriente correspondiente como  $I_{GT}$ . Los triac de mediana potencia tienen un  $V_{GT}$  entre 0,6V y 2,0V, y una  $I_{GT}$  entre 0,1mA y 20mA.

Otras características eléctricas importantes de los triac son la corriente eficaz máxima permisible ( $I_{DRM}$ ) y el voltaje de ruptura ( $V_{DRM}$ ). Este último se refiere al voltaje más grande que el triac puede bloquear en cualquier dirección sin pasar al estado de conducción por avalanche. Para los triac de mediana potencia, los valores típicos de  $V_{DRM}$  son 100V, 200V, 400V y 600V, y los valores típicos de  $I_{TRM}$  son 1A, 3A, 6A, 10A, 15A y 25A.

Otro dato clave que proporcionan las hojas de datos es la caída de voltaje en conducción, identificada como  $V_{TM}$ . Idealmente, este voltaje debería ser igual a cero, pero en la práctica está típicamente entre 1V y 2V. Debido a que el producto  $I_{TRM} \times V_{TM}$  determina la potencia disipada por el triac, siempre es deseable seleccionar los triac con un bajo  $V_{TM}$ .

La identificación se hace de la misma forma que en los semiconductores en general: por medio de letras y números cuya combinación depende de cada fabricante. Por ejemplo, la empresa Teccor, una de las más conocidas fabricantes de triac, tiene entre sus muchos productos las referencias Q4004L3, Q8006L4 y L601E8, entre otros.

## Prueba de los triac

A los triac se les puede hacer una sencilla prueba utilizando un multímetro análogo o digital de la siguiente forma:

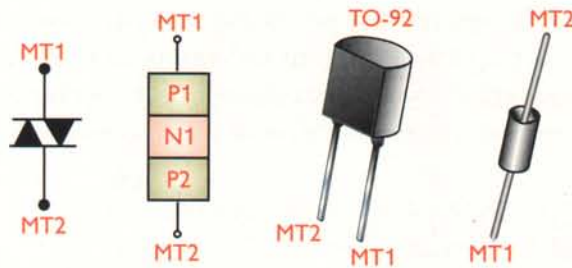


Figura 11.9. Símbolo, estructura y aspecto físico de un diac

1. Coloque el multímetro en la escala de más baja resistencia ( $R \times 1$ ,  $\times 10$ , etc.). Mida la resistencia entre la compuerta (*gate*) y el terminal I (MT1), luego invierta las puntas de prueba entre los mismos terminales. En cada caso debe existir un valor entre 10 y 200 ohmios, dependiendo del triac. Si no es así, el triac está averiado.
2. Colocando la escala en el valor más alto de resistencia, mida el valor entre los dos terminales MT1 y MT2. Éste debe ser prácticamente infinito. Repita esta misma prueba entre los terminales MT2 y la compuerta. Si en alguno de éstos se presenta una lectura de pocos ohmios, el triac está en cortocircuito y por lo tanto no funciona.

## Otros tipos de tiristores

Además del SCR y del triac, hay dos tipos de tiristores que se utilizan con cierta frecuencia y son los llamados diac y los GTO. Los **diac**, o diodos alternos de corriente, cuyo símbolo, estructura y aspecto físico se muestran en la **figura 11.9**, no son propiamente tiristores pero se les clasifica como tales debido a que su principal uso es como elemento de disparo de los triac, **figura 11.10**. Su estructura interna es similar a la de un transistor NPN con tres capas de material semiconductor. Su principal característica es que conduce en ambos sentidos cuando en sus terminales se alcan-

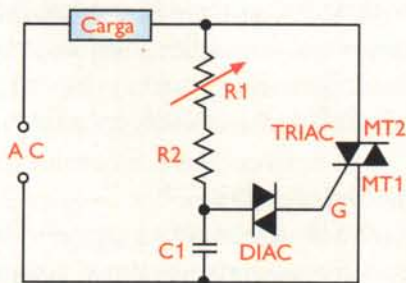


Figura 11.10. Circuito típico de aplicación práctica de un diac

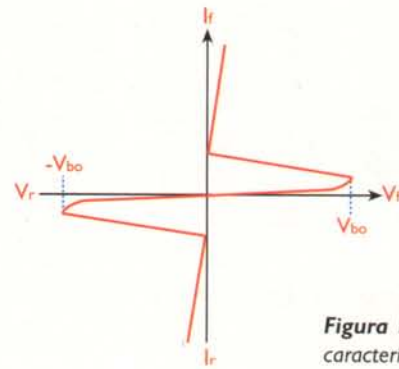


Figura 11.11. Curva característica de un diac

za un cierto valor de voltaje  $V_{BO}$  (*Voltage breakover point*) a partir del cual presenta una resistencia negativa tal como se puede ver en su curva característica, **figura 11.11**. Algunos triac incluyen el diac internamente y reciben el nombre de "Quadrac".

Los GTO (*Gate-turnoff switch*) o interruptores de apagado por compuerta son prácticamente tipos especiales de SCR en los cuales, la diferencia principal radica en la forma en la cual se desconectan. En los SCR y en los triac, es mucho más fácil activarlos o "cerrarlos" que desactivarlos, lo que puede ser inconveniente en algunos tipos de circuitos en los cuales el apagado rápido es necesario. En los GTO esto se logra aplicando una corriente inversa alta o pulso negativo en la compuerta lo que es posible debido a su fabricación interna. Sus principales aplicaciones están en los circuitos de control de potencia de altas prestaciones.

Hay otros tipos de tiristores no tan utilizados como el SCS (*Silicon controlled switch*) y el LASCR (*Light activated SCR*) los cuales no estudiaremos en este curso pero que el alumno puede investigar por su cuenta si así lo requiere.

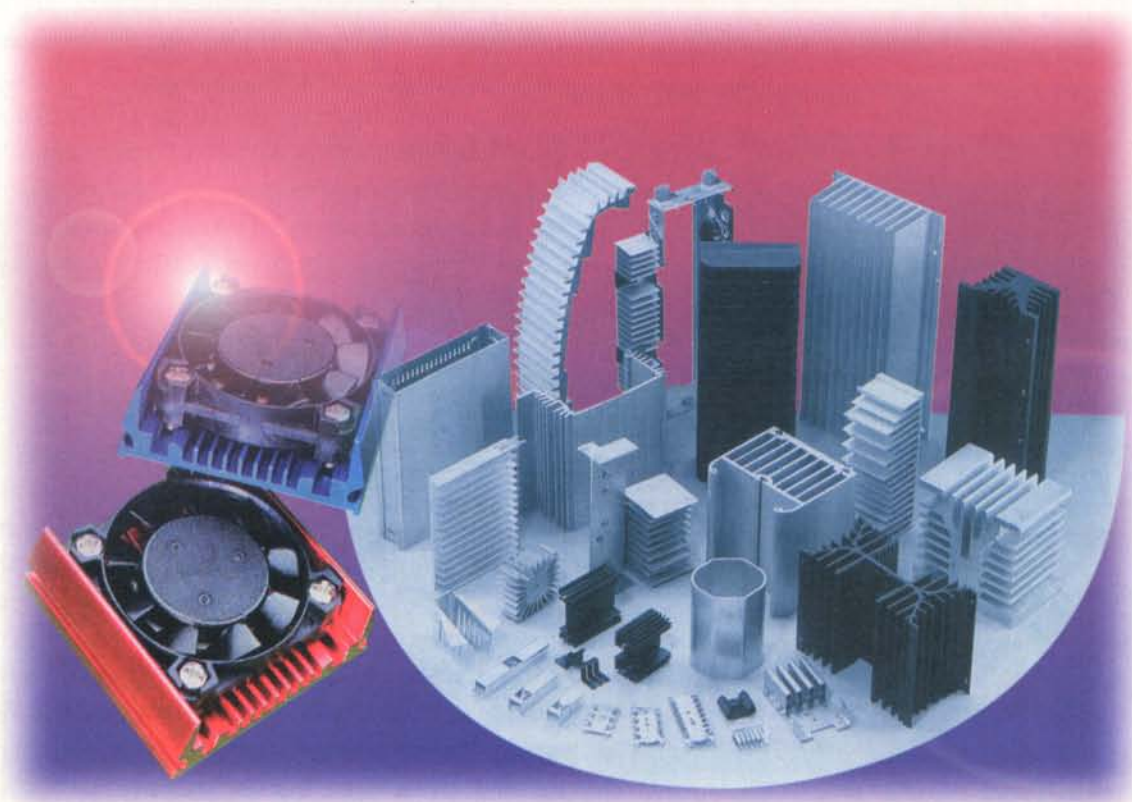
## Aplicaciones de los tiristores

En la práctica, los tiristores se utilizan en una gran variedad de tareas, tales como interruptores estáticos de CA o CC, controladores de motores (*drives*), reguladores de iluminación (*dimmers*), controladores de temperatura, convertidores de potencia, rectificadores controlados, inversores, sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS), alarmas, fuentes de alimentación, cargadores de baterías, etc.

# Lección 12

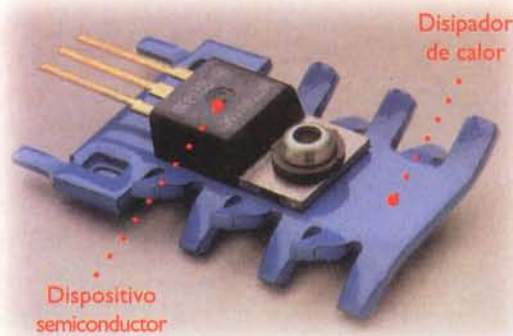
## Los disipadores o radiadores de calor

Estos componentes, que son piezas metálicas con diferentes formas, son fundamentales y necesarios para el buen funcionamiento de los semiconductores de potencia que hemos estudiado, tales como los diodos, transistores y tiristores, entre otros. Durante su funcionamiento normal, éstos producen una buena cantidad de calor que si no se disipa hacia el medio circundante, produce su destrucción y probablemente la avería de otros componentes.

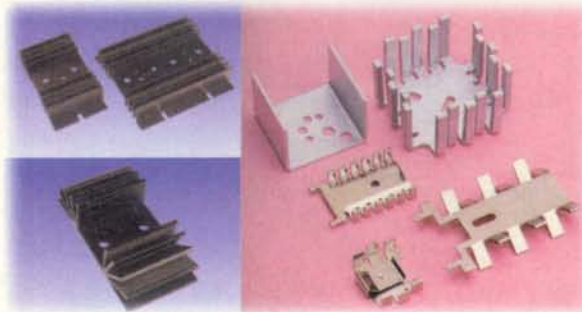


Cuando circula una corriente a través de un dispositivo o componente semiconductor, este último experimenta unas pérdidas de potencia que se transforman en calor y elevan su temperatura interna. Como lo vimos cuando estudiamos las características eléctricas de los diferentes semiconductores, éstos se pueden clasificar como de baja, media y alta potencia. Cuando se trata de dispositivos que manejan pequeñas señales, el calor producido no es demasiado elevado y puede ser fácilmente evacuado del dispositivo a través de su envoltura. En los de media y alta potencia, esta temperatura adquiere un valor tal, que si no se controla, destruye el componente.

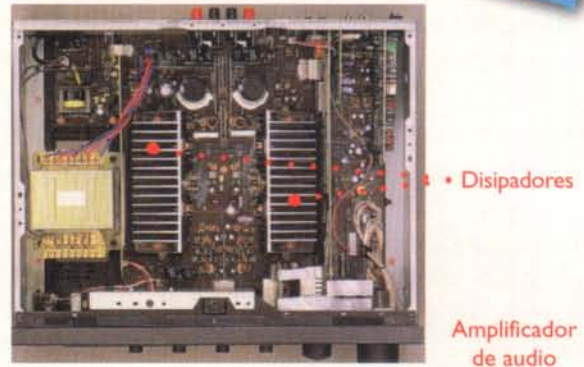
Con el fin de evitar un calentamiento excesivo, y obtener el máximo rendimiento de potencia del dispositivo, el calor desarrollado debe ser rápidamente evacuado o transferido hacia el medio ambiente, lo cual se logra por medio de un elemento metálico llamado disipador de calor (*heatsink*) al cual está unido mecánicamente el componente semiconductor, **figura 12.1**



**Figura 12.1.** Aspecto físico y concepto básico de transferencia de calor en un semiconductor de potencia montado sobre un disipador de calor



**Figura 12.2.** Diferentes tipos de disipadores de calor para semiconductores



**Figura 12.3.** Algunos aparatos con disipadores de calor

Los disipadores se fabrican, en su gran mayoría con aluminio, debido a sus propiedades térmicas, y se encuentran de múltiples formas y tamaños tal como se puede apreciar en la **figura 12.2**. Su uso se extiende en todo tipo de aparatos siendo los principales los amplificadores de audio, los controles de potencia, y, ahora, en los microprocesadores de las computadoras, **figura 12.3**

## Métodos de transferencia de calor

El calor desarrollado en un semiconductor se puede transferir al medio ambiente en tres formas básicas: por conducción, por radiación y por convección. La **conducción** consiste en transportar el calor desarrollado en el interior del cuerpo caliente hacia un disipador externo de gran superficie. La **convección** consiste en transportar el calor desarrollado a través de un fluido circundante; ésta transferencia puede ser natural o forzada. En la **convección natural**, el

cuerpo caliente entrega al fluido que lo rodea (aire) una determinada cantidad de calor, produciendo en el mismo una elevación de temperatura que hace variar su densidad. Como resultado, la parte caliente del fluido se desplaza hacia arriba, apareciendo una nueva porción de fluido fresco que sigue refrigerando al cuerpo. En la **convección forzada**, un agente externo, por ejemplo un ventilador, provoca la circulación de una determinada cantidad de fluido, acelerando así el proceso de evacuación de calor.

La **radiación** es una forma de transmisión de calor que se produce a través de las ondas electromagnéticas infrarrojas emitidas en forma natural por los cuerpos calientes. La eficiencia de este proceso depende del acabado mecánico y del color de las superficies tratadas, obteniéndose un mejor comportamiento con colores oscuros y terminados mates. Por esta razón, la mayoría de disipadores utilizados en los aparatos electrónicos son de color negro mate. (recordemos que los colores oscuros absorben el calor y los claros los reflejan).

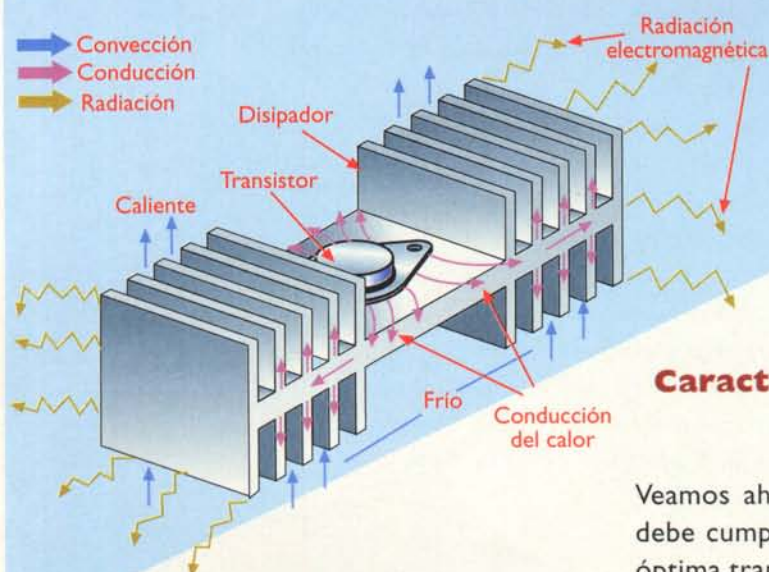
Los disipadores emplean normalmente los tres mecanismos de transmisión de calor anteriores, **figura 12.4**. El calor desarrollado en el interior del semiconductor se transfiere inicialmente por conducción a todos los puntos del mismo y luego a la

superficie del disipador, donde se libera por convección y radiación. Por tanto, el tamaño, la forma, el color y el tipo de material utilizados para el disipador de calor tienen una incidencia directa en la cantidad de calor irradiado.

La habilidad de un material para conducir el calor, es decir, su conductividad térmica, depende de las características físicas del material y de su forma y dimensiones geométricas. La máxima cantidad de calor que puede transmitirse es aquella para la que se consigue una estabilización de temperatura en todos sus puntos. En relación inversa con la conductividad está la **resistencia térmica**, una medida de cuánto se opone el medio al flujo de calor. La resistencia térmica se mide en grados centígrados por vatio ( $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ).

Los semiconductores de potencia se fabrican con encapsulados metálicos robustos para proporcionar una buena superficie, a partir de la cual el calor generado por el dispositivo pueda ser irradiado. Aún así, al operar un semiconductor directamente al aire, se limitan severamente sus especificaciones de potencia.

Cuando se utiliza el disipador de calor, la capacidad de manejo de potencia se puede aproximar en una forma más adecuada a la especificación máxima. Sin embargo, aún un buen disipador de calor no puede mantener al semiconductor en la temperatura ambiente, la cual, a propósito, puede ser mayor de  $25^{\circ}\text{C}$  si el circuito está confinado en un área en donde otras fuentes también están irradiando una gran cantidad de calor.



**Figura 12.4.** Mecanismos de transmisión de calor en el disipador de un transistor de potencia

### Características generales de los disipadores

Veamos ahora cuáles son las condiciones que debe cumplir un disipador para conseguir una óptima transferencia de calor, desde el dispositivo hacia el medio ambiente:



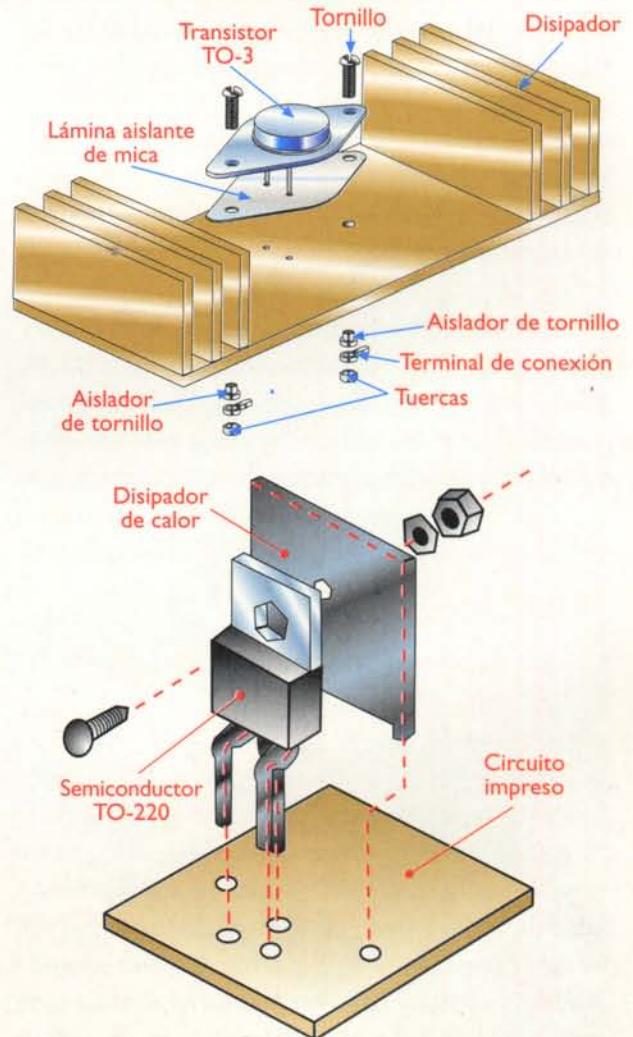
- El tamaño del disipador depende de la cantidad de calor que debe ser irradiada, de la temperatura ambiente y de la corriente promedio a través del elemento. La superficie de irradiación no es el único punto que se debe considerar cuando se diseñan disipadores de calor. Debe tenerse en cuenta además, el material del cual está construido, el acabado de su superficie y la manera cómo el elemento que produce el calor se encuentra acoplado al disipador.
- Para una óptima conducción del calor el material debe tener una alta conductividad térmica y una gran sección transversal. La temperatura ambiente debe ser mantenida tan baja como sea posible.
- Los dos materiales más comunes para la construcción de disipadores son el cobre y el aluminio. El cobre tiene una conductividad térmica cuatro veces superior a la del aluminio, pero, debido a su alto costo, es el aluminio el que se utiliza con más frecuencia.
- Para aumentar la transferencia de calor por convección se dota al radiador de aletas en su contorno de manera que se aumente su superficie externa.

La completa efectividad del disipador de calor depende de la mayor extensión del contacto entre el elemento que va a ser enfriado y la superficie del disipador. La calidad del contacto depende del grado de conformidad entre las dos superficies y la cantidad de presión (fuerza de los tornillos) con la cual se mantienen unidas.

A nivel microscópico, la unión entre las dos superficies se realiza solamente por unos pocos puntos de contacto, quedando huecos llenos de aire por lo que la transmisión de calor a través de esta superficie será muy pobre. En cambio, si se rellenan los huecos con una pasta conductora del calor, se mejora la transmisión del mismo en un 30%. Las pastas de aceites de silicona con carga de partículas de zinc o de óxidos metálicos, cumplen a la perfección estas funciones.

En la mayoría de los casos el dispositivo semiconductor que se va a proteger no puede ser ins-

talado directamente sobre el disipador de calor ya que éste, por ser de un material conductor, puede provocar un cortocircuito entre los terminales del primero y la tierra del sistema. Para eliminar este problema, se utiliza generalmente una pieza de un material con alta conductividad térmica y alta resistencia eléctrica, como la mica, de tal modo que impida la conducción de corriente eléctrica pero permita el paso del calor desde el dispositivo hacia el disipador. En la **figura 12.5** se pueden apreciar las diferentes formas de montaje de varios tipos de semiconductores de potencia sobre un disipador de calor, incluyendo la pieza de aislamiento y los otros accesorios, como los aislantes para los tornillos.

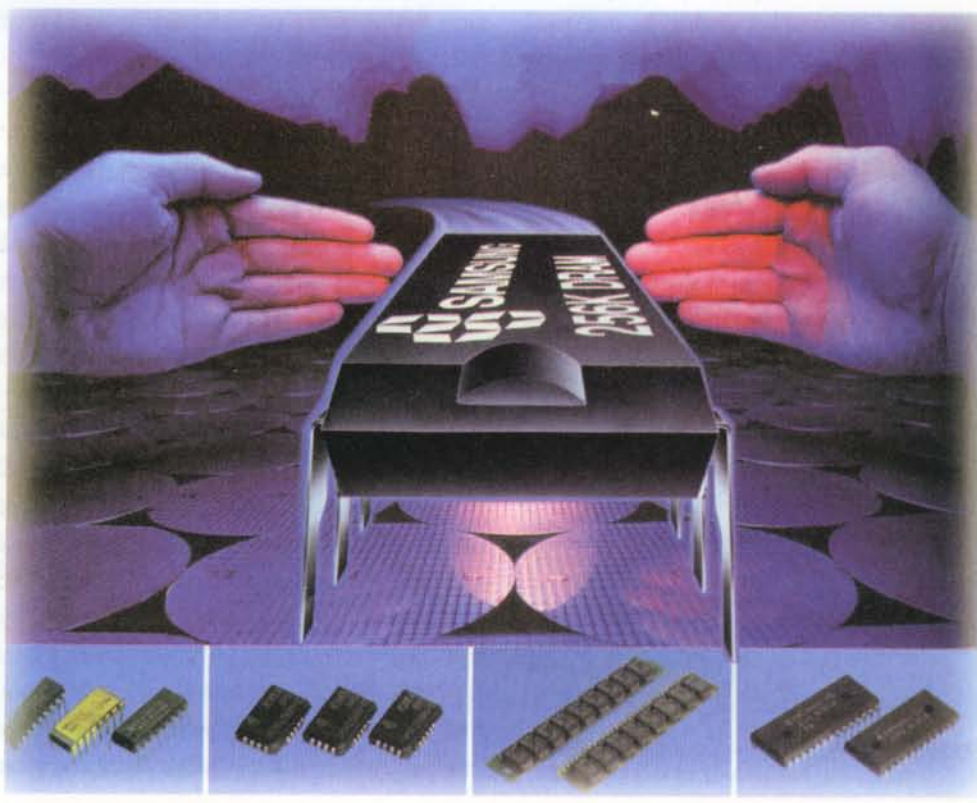


**Figura 12.5.** Sistemas de montaje en los disipadores de calor para diferentes tipos de encapsulados de semiconductores de potencia

# Lección 13

## Los circuitos integrados (integrated circuits, IC)

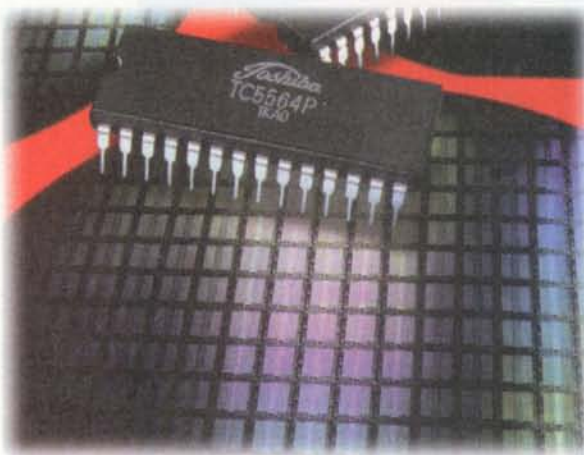
Estos son quizás los componentes más importantes dentro de la electrónica moderna ya que, gracias a ellos, esta tecnología ha llegado hasta su extraordinario estado actual. Un circuito integrado es un circuito electrónico completo que puede tener desde unos cientos hasta varios millones de transistores en una sola cápsula muy pequeña. Dependiendo de su tipo y aplicación, cumplen una gran diversidad de tareas, desde unas muy simples, trabajando como reguladores de voltaje, hasta unas muy complejas como las de los microprocesadores, los cerebros de las computadoras.



## Introducción

Definitivamente los circuitos integrados, llamados popularmente *chips*, revolucionaron completamente la electrónica y, podría decirse, sin lugar a dudas, que cambiaron la vida del hombre. Todos los desarrollos tecnológicos modernos, como las computadoras, las comunicaciones universales inalámbricas (telefonía celular, etc.), la electromedicina, las naves espaciales, los satélites; los aparatos electrónicos modernos de consumo masivo, como los receptores de TV, los DVD, las calculadoras, los relojes digitales, la electrónica en el automóvil, etc., han sido posibles gracias a los circuitos integrados.

El concepto básico de los circuitos integrados, como su nombre lo indica, es que son circuitos electrónicos completos en los cuales todos los componentes, incluyendo transistores, diodos, resistencias, condensadores y conductores, se organizan completamente sobre un *chip* o pastilla semiconductora de silicio muy pequeña, **figura 13.1**. En este reducido espacio, se pueden concentrar hasta varios millones de transistores y componentes que realizan funciones muy complejas y variadas, muchas de ellas imposibles de lograr por métodos convencionales. Una vez construido un circuito integrado, la pastilla se encierra en una cápsula plástica o cerámica que contiene los pines de acceso, a través de los cuales, el *chip* se comunica con el mundo exterior, **figura 13.2**.



**Figura 13.1.** Pastillas y aspecto físico de un circuito integrado típico



**Figura 13.2.** Estructura general de un circuito integrado

La tecnología de los circuitos integrados está actualmente en pleno auge y los logros en este campo son cada vez más sorprendentes. Comparados con los circuitos construidos con componentes discretos (transistores, resistencias, condensadores, etc.), los circuitos integrados son más pequeños, compactos, livianos, económicos y confiables. Además, son fáciles de usar, permiten crear sistemas modulares y simplifican enormemente la tarea de diseño, construcción y reparación de cualquier aparato electrónico.

## Breve historia

En 1958, Jean A. Hoerni, de la empresa Fairchild, ideó el *proceso planar* para hacer transistores bipolares de silicio. Este proceso fue el escalón que permitió el paso a la siguiente innovación: la fabricación de un circuito de múltiples componentes en una única pastilla de silicio. Tales circuitos fueron diseñados inicialmente, en 1958 y 1959, por Jack S. Kilby de Texas Instruments y Robert S. Noyce de Fairchild, **figura 13.3**. Cada uno, en forma independiente, ideó métodos para ensamblar un conjunto de muchos componentes electrónicos en una sola pastilla, utilizando el proceso planar. A comienzos de julio de 1958, durante las vacaciones colectivas de verano, Kilby concibió una idea que escribió en su libreta de notas así:

“Se puede lograr la miniaturización extrema de muchos circuitos electrónicos fabricando resistencias,



Figura 13.3. Robert S. Noyce y Jack S. Kilby

condensadores, transistores y diodos sobre una misma rebanada de silicio”.

Para finales de agosto, ya había construido una versión simplificada de su circuito: un oscilador de desplazamiento de fase interconectado con alambres de oro. Este prototipo es considerado como el primer circuito integrado (CI) verdadero. Su proceso requería la instalación de alambres para hacer las conexiones, los cuales eran frecuentemente más grandes que los circuitos mismos; Robert Noyce, de Fairchild, propondría luego un proceso más eficiente.

El primer circuito integrado comercial fue producido por Fairchild en 1961. A partir de entonces, la tecnología de construcción se fue desarrollando con extraordinaria rapidez destacándose empresas como National Semiconductor, Motorola, Intel y RCA en E.U.A. En Japón y Europa también se ha desarrollado extraordinariamente esta tecnología por marcas como Sony, Toshiba, Hitachi, Mitsubishi, Philips, etc. El principal objetivo de este desarrollo es incrementar el número o *densidad de componentes* dentro de un circuito integrado, llegando a la fecha al sorprendente número de 45.000.000 (cuarenta y cinco millones) de transistores en el microprocesador Pentium IV de Intel, figura 13.4.

### Tipos de circuitos integrados (en general)

Los circuitos integrados pueden ser de varios tipos, dependiendo de su función específica, su grado de complejidad, el tipo de señales que manejan,

la tecnología de fabricación y otros criterios. La complejidad o nivel de integración, en particular, se refiere al número de componentes integrados en el *chip*. Desde este punto de vista, los circuitos integrados pueden ser de pequeña escala (*Small Scale Integration* o SSI), mediana escala (MSI), alta escala (LSI) y muy alta escala (VLSI).

Dependiendo del tipo de señales que manejan, los circuitos integrados pueden ser análogos (lineales), digitales o mixtos, figura 13.5. Los **circuitos integrados análogos o lineales**, trabajan con señales **análogas**, es decir, que pueden adoptar un número infinito de valores entre un mínimo y un máximo. Ejemplos de circuitos integrados análogos son los reguladores de voltaje, los amplificadores operacionales, los filtros activos, etc. Los **circuitos integrados digitales**, por su parte, trabajan con señales **digitales o binarias**, es decir que sólo pueden adoptar uno de dos valores posibles (1 ó 0) (*ON-OFF*). Ejemplos de circuitos integrados digitales son las compuertas, los multivibradores (*flip-flops*), los codificadores, los contadores, los registros, las memorias, los microcontroladores, los microprocesadores, etc.

Muchos circuitos integrados son también **análogo-digitales**. Ejemplos de circuitos integrados de este tipo son los convertidores A/D y D/A, los potenciómetros digitales, los sintetizadores de voces y sonidos, los procesadores digitales de señales (DSP), etc. La convergencia de técnicas análogas y digitales en un solo *chip* es la principal responsable del auge de las comunicaciones, el audio, el video, el control y otras tecnologías digitales modernas. Dependiendo del método de fabri-

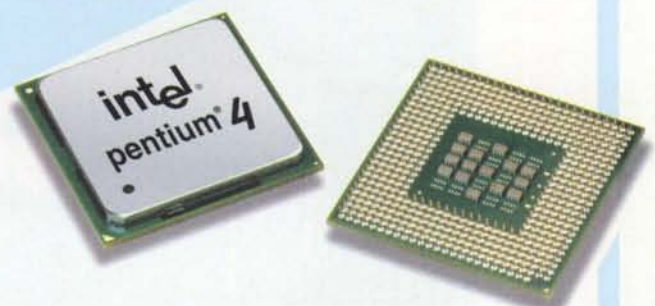
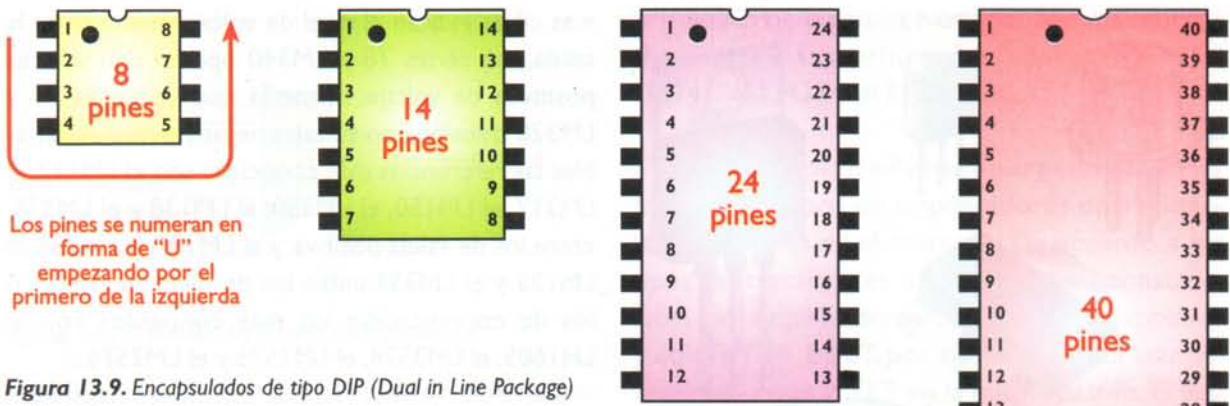


Figura 13.4. El microprocesador Pentium IV, uno de los circuitos integrados más avanzados hasta la fecha





Los pines se numeran en forma de "U" empezando por el primero de la izquierda

Figura 13.9. Encapsulados de tipo DIP (Dual in Line Package)

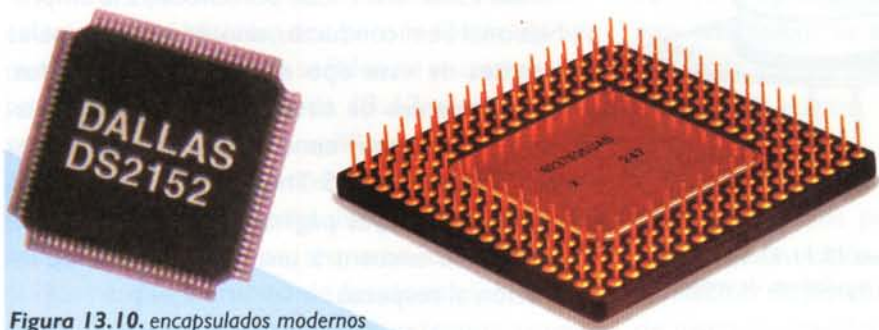


Figura 13.10. encapsulados modernos

Ejemplos de referencias son LM555, CD4047B, ICL7106, XR-2240, etc. El prefijo (primeras letras) de la referencia identifica generalmente al fabricante, aunque no es una regla absoluta. Por ejemplo, AD corresponde a Analog Devices, DM, LM, LF y LH a National Semiconductor, CA y CD a RCA, DS a Dallas Semiconductor,  $\mu$ A a Fairchild, HA a Harris o Hitachi, MC a Motorola, ICL a Intersil, OPA a Burr-Brown, LT y LTC a Linear Technology, NE a Signetics, SN a Texas Instruments, ECG a Philips/Sylvania, XR a Exar, etc.

Existen en la actualidad tal cantidad de referencias de circuitos integrados, que, solamente por medio de los manuales de cada fabricante o a través de la internet, podemos saber la función de un determinado circuito integrado y su diagrama de pines, que es la información fundamental para su utilización o chequeo en caso de un trabajo de reparación.

**Los circuitos integrados lineales (Linear integrated circuits)**

Como lo habíamos mencionado, este es uno de los principales tipos de circuitos integrados clasi-

ficados según su función. De éstos los más representativos son los reguladores de voltaje cuyas principales aplicaciones fueron estudiadas en la lección 7 de la sección de Teoría y los amplificadores operacionales explicados en la lección 9 de la misma sección.

**Los reguladores de voltaje (Voltage regulators)**

Los circuitos integrados reguladores de voltaje cumplen dos labores fundamentales: evitan el "rizado" o ruido del voltaje proveniente del circuito rectificador (remanente de CA) y entregan un voltaje constante de CC en la salida de las fuentes de poder, independientemente de las variaciones en la corriente exigida por la carga o de las variaciones en el voltaje de alimentación de CA. Hay diferentes tipos de reguladores de voltaje integrados, siendo los más utilizados los fijos, los variables y los de conmutación o *suicheo*. Tanto los fijos como los variables vienen en versiones con salida positiva o negativa, y sus principales características son el voltaje de salida (CC) y la corriente que pueden manejar.

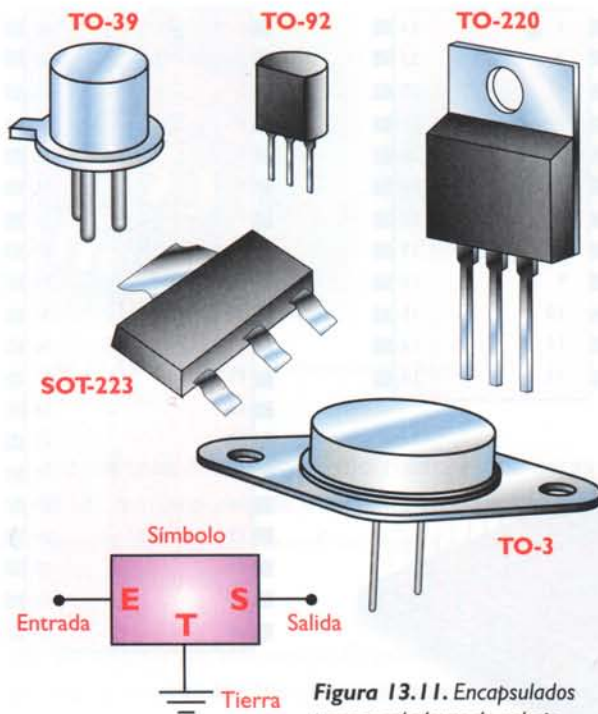


Figura 13.11. Encapsulados para reguladores de voltaje

Dentro de los fijos y variables hay una nueva generación de reguladores llamados de baja caída o LDO (*Low dropout voltage regulators*) los cuales tienen un menor voltaje entre la salida y la entrada que los hace más eficientes y producen menos calor.

Los valores más utilizados de voltaje para los reguladores fijos son 5, 6, 10, 12, 15, 18 y 24 voltios, tanto positivos como negativos y se fabrican con valores nominales de corriente de 100 mA, 500 mA, 1A, 3A y 10A entre otros. En cuanto a los variables los hay entre 1,2 y 32 o 37 voltios positivos y negativos con capacidades de corriente entre 0,1 y 5 amperios. Los principales encapsulados que utilizan estos reguladores son el TO-39, el TO-92, el TO-220 y el TO-3, y los más modernos, encapsulados de montaje superficial, figura 13.11. Vale la pena mencionar que la mayoría de los reguladores de voltaje hay que montarlos sobre un disipador de calor.

Ejemplos de circuitos integrados reguladores con salida fija son los pertenecientes a la serie LM340-XX, LM320-XX, 78XX y 79XX, donde las dos últi-

mas cifras indican el nivel de voltaje presente en la salida. Las series 78 y LM340 operan con valores positivos de voltaje, mientras que las series 79 y LM320 trabajan con voltajes negativos. En los variables las referencias más conocidas son el LM117, el LM317, el LM150, el LM350, el LM138 y el LM338, entre los de salida positiva; y el LM137, el LM337, el LM133 y el LM333 entre los de salida negativa. En los de conmutación los más conocidos son el LHI605, el LM3524, el LM1575 y el LM2576.

Todas estas referencias pertenecen a la empresa National Semiconductor, uno de los principales fabricantes de este tipo de circuitos integrados. Otros fabricantes de circuitos integrados reguladores de voltaje muy conocidos son: Linear Technology, Motorola, SGS Thompson, Texas Instruments, etc., en cuyas páginas web o manuales de productos se encuentra una gran cantidad de información al respecto.

## Los amplificadores operacionales (*Operational amplifiers*)

Uno de los circuitos integrados que más amplia y positiva influencia ha tenido sobre la industria electrónica en general, y en particular sobre los sistemas de audio, es el **amplificador operacional**. Puede decirse que los amplificadores operacionales son para la electrónica analógica lo que las **compuertas lógicas** son para la electrónica digital, es decir, los bloques básicos de construcción de todo tipo de circuitos.

El nombre de amplificador operacional fue dado a los primeros amplificadores de alta ganancia diseñados para llevar a cabo operaciones matemáticas de suma, sustracción, multiplicación y división. El primer amplificador operacional monolítico de uso popular fue el  $\mu$ A709, fabricado por la compañía Fairchild Semiconductor en 1965. A pesar de su gran éxito comercial, este circuito de primera generación tenía muchas desventajas. De ahí que apareciera una versión mejorada, el  $\mu$ A741 (LM741). Puesto que éste es barato y fácil de usar ha tenido un gran éxito y se ha convertido en todo un estándar de la industria.

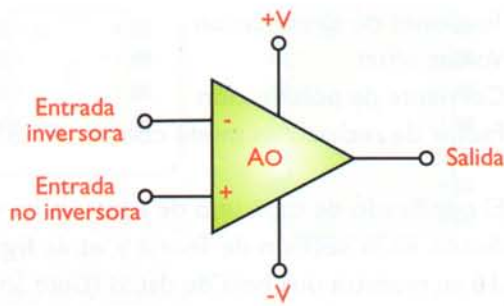


Figura 13.12. Símbolo del amplificador operacional

**Configuración del amplificador operacional.** Los amplificadores operacionales tienen cinco terminales básicos: dos para la fuente de alimentación, dos para las señales de entrada y uno para la salida. En la figura 13.12 se puede observar el símbolo del amplificador operacional. Aunque su estructura interna es compleja, no es necesario conocerla para utilizarlo ya que quienes lo diseñaron y construyeron lo hicieron de tal forma que su modo de funcionamiento sólo depende de los componentes externos conectados a él. En la sección de Teoría de este mismo curso se explican en detalle sus principales configuraciones y modos de funcionamiento.

**Encapsulados.** En la figura 13.13 se muestra el aspecto externo de algunos encapsulados comúnmente usados para los amplificadores operacionales de propósito general. Generalmente se suelen encapsular uno, dos o cuatro operacionales en un solo circuito integrado. En cuanto a su identificación, se hace por el sistema ya conocido de referencias conformadas por una combinación de letras y números según cada fa-

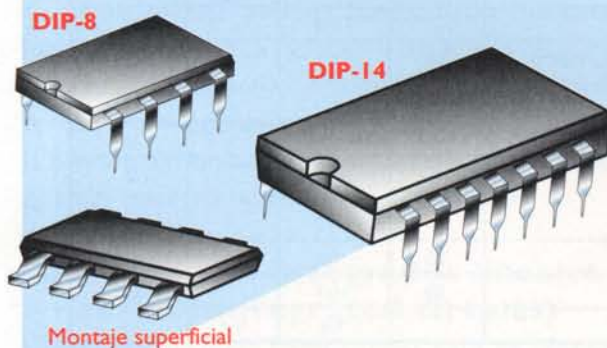


Figura 13.13. Encapsulados para amplificadores operacionales

bricante. Por ejemplo National Semiconductor tiene entre sus principales operacionales el LM741, el LM324, el LF353, etc.

**Tipos de amplificadores operacionales.** Hay muchísimos tipos de amplificadores operacionales disponibles en el mercado. De acuerdo a los tipos de transistores utilizados en su construcción, hay amplificadores operacionales bipolares y con FET. El BIFET, por su parte, utiliza transistores bipolares y JFET en la misma pastilla. El uso de FET proporciona una impedancia de entrada muy alta, mientras los transistores bipolares, en las otras etapas, permiten alcanzar una elevada ganancia de voltaje.

Existen amplificadores operacionales especialmente diseñados para aplicaciones específicas. Los más conocidos son los destinados a la amplificación de potencia de audio y a los circuitos de instrumentación. Los primeros manejan voltajes y corrientes altas y algunas funciones especiales como protección contra cortocircuitos. Los principales fabricantes de este tipo de circuitos son National Semiconductor y Sanyo con su línea STK. En la figura 13.14 se muestran ejemplos de estos circuitos integrados y en la sección de proyectos se presentan algunos circuitos que los utilizan.

Los amplificadores operacionales para instrumentación poseen características especiales, como

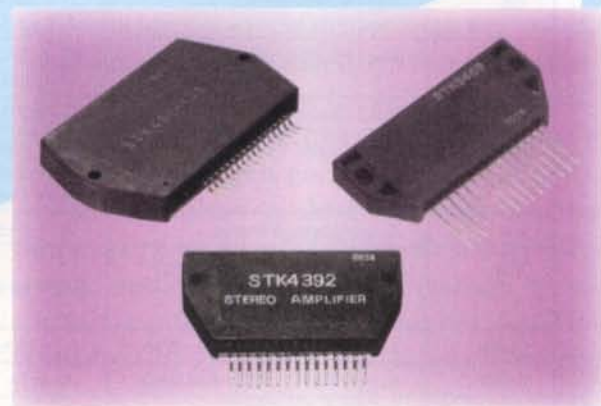


Figura 13.14. Amplificadores operacionales integrados para etapas de potencia en amplificadores de audio



## Los circuitos integrados digitales (Digital integrated circuits)

Estos son quizás los circuitos integrados más importantes en la electrónica moderna ya que gracias a ellos se han podido fabricar todo tipo de aparatos, como calculadoras, relojes digitales, computadoras, sistemas de sonido digitales, aparatos de comunicaciones digitales, sistemas de control y automatización, etc.

Su aspecto físico (encapsulado) es similar al de los circuitos integrados lineales, tal como se mostró en la **figura 13.10**, pero sus funciones son totalmente distintas. Como su nombre lo indica, estos circuitos trabajan con base en números o dígitos binarios (1 y 0), o niveles altos y niveles bajos. Un nivel alto indica que hay, un voltaje y un nivel bajo indica que no lo hay, tal como se estudia en la lección 10 de la sección de teoría. Un circuito integrado digital, en forma general, es como una pequeña caja negra con un cierto número de entradas que reciben un conjunto de señales digitales; y otro de salidas, las cuales entregan otras señales digitales. Las salidas están relacionadas con las entradas según la función de cada circuito, **figura 13.17**. La mayoría de estas funciones se basan en la matemática binaria y el álgebra *booleana* o de *Boole*.

### Tipos de circuitos integrados digitales

Tal como se dijo en la lección mencionada, los circuitos integrados digitales se dividen en dos grandes familias: los TTL y los CMOS, dependiendo del tipo de transistores con los cuales se fabriquen. A su vez, cada una de estas familias se divide en subfamilias de acuerdo a las diferentes características eléctricas que posean. La utilización de una determinada familia o subfamilia depende del uso que se le vaya a dar al circuito, en cuanto al tipo de señal

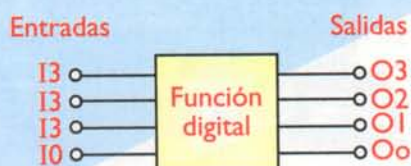


Figura 13.17. Estructura general de un circuito integrado digital

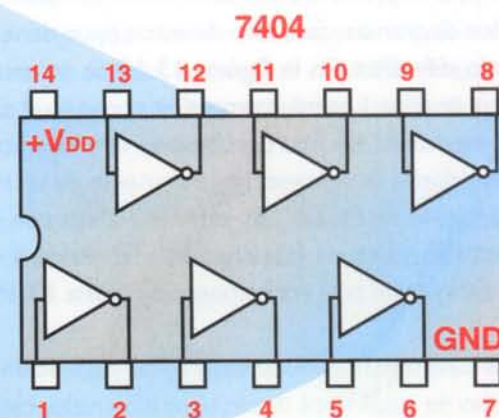
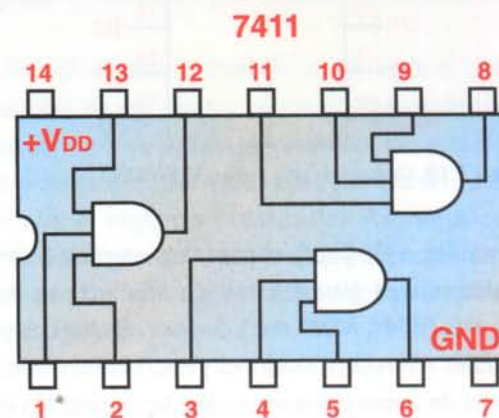
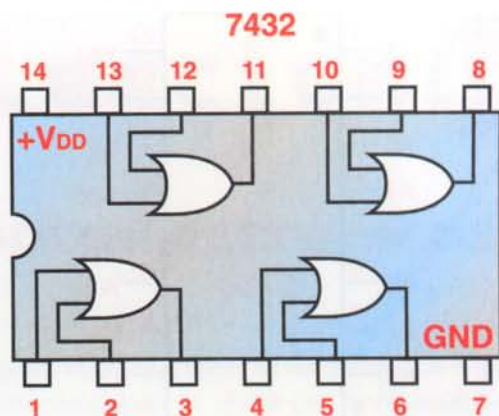


Figura 13.18. Símbolos y diagrama de pines de algunos circuitos integrados digitales

les que se van a manejar de acuerdo al voltaje, corriente y frecuencia principalmente.

Independiente del tipo TTL o CMOS, la clasificación más importante depende de la función, siendo las principales las siguientes: compuertas lógicas, interfaces, codificadores, decodificadores, multiplexores, demultiplexores, multivibradores (monoestables

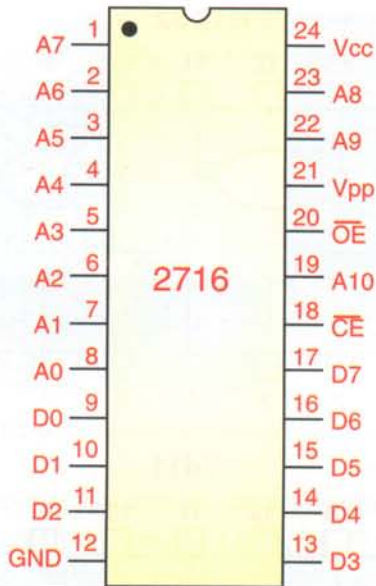


Figura 13.19. Símbolo de una memoria EPROM

y biestables o *flip-flops*), contadores, registros, circuitos aritméticos (sumadores, comparadores, etc.), memorias (RAM, ROM, etc.), dispositivos lógicos programables, microprocesadores y microcontroladores. Algunos de éstos contienen más de un circuito igual en un solo *chip*, como en el caso de las compuertas. Para los diagramas, cada uno de estos tipos tiene un símbolo diferente. En la **figura 13.18** se muestran algunos de ellos. Los más complejos, como en el caso de las memorias, los microprocesadores y los microcontroladores, se representan por medio de un rectángulo, y sus terminales de entrada y salida con sus respectivos nombres (abreviados) y el número del pin o terminal al cual corresponden, **figura 13.19**

Las características eléctricas y físicas y la función de cada uno de estos tipos de circuitos integrados digitales es un tema muy interesante y extenso, el cual se puede estudiar en los siguientes cursos de CEKIT: Curso práctico de Electrónica Digital y Circuitos Integrados, Curso Básico de Microprocesadores y Curso Práctico de Microcontroladores, **figura 13.20**

## Perspectivas de los circuitos integrados

El desarrollo de los circuitos integrados, tanto analógicos como digitales, se mantiene permanentemen-

te a un ritmo vertiginoso. Cada vez aparecen nuevos componentes que superan el rendimiento y las funciones de los anteriores.

Las principales ventajas de la integración de los componentes son: la simplicidad en el diseño, la reducción del tamaño de los equipos, una mayor confiabilidad y un menor costo. Los circuitos integrados se pueden utilizar como bloques funcionales que, con unos cuantos componentes externos adicionales, forman sistemas completos los cuales son mucho más sencillos de diseñar, fabricar y reparar que sus equivalentes en componentes discretos.

### Curso de electrónica digital



### Curso básico de microprocesadores



### Curso básico de microcontroladores



Figura 13.20. Otros cursos de CEKIT

# Lección 14

## Los componentes optoelectrónicos

Hay un tipo especial de componentes, llamados **optoelectrónicos**, que utilizan la luz, ya sea que la reciban o la emitan, para realizar diferentes funciones dentro de los aparatos electrónicos. Entre ellos están los diodos LED, los *displays* o pantallas con LED o de cristal líquido (LCD), los fotodiodos, las fotoceldas, los optoacopladores, la fibra óptica, etc. En esta lección nos dedicaremos a las pantallas (*displays*) de cristal líquido o LCD y a los optoacopladores.

### Las pantallas de cristal líquido (Liquid Cristal Display o LCD)

Estas pantallas se están utilizando ampliamente en todo tipo de aparatos electrónicos debido a su bajo consumo de corriente y a su gran diversidad de formas y presentaciones. Seguramente usted estará muy familiarizado con ellas pues las vemos en los relojes digitales de pulsera, en calculadoras, multímetros digitales, controles de máquinas, equipos de fax, juegos electrónicos, agendas personales, teléfonos celulares, computadoras portátiles, etc.

Las pantallas tipo LCD consisten en dos placas de material polarizador con una delgada capa de cristal líquido entre ellas. El cristal líquido es una sustancia que posee propiedades intermedias entre las de un líquido y un sólido, y está compuesto por moléculas en forma de pequeños cilindros que pueden rotar la dirección de polarización de un haz de luz que las atraviese. Esta rotación es controlable eléctricamente, como se muestra en la **figura 14.1**. Los polarizadores se alinean perpendicularmente entre sí, de tal manera que la luz que atraviesa al primero de ellos será completamente bloqueada por el segundo. Cuando no existe campo eléctrico, las moléculas rotan la polarización de la luz que

llega, en total 90 grados, de forma tal que la polarización resultante se alinea con la orientación del segundo polarizador permitiendo así el paso de luz.

Por el contrario, cuando se somete el cristal a la acción de un campo eléctrico, las moléculas se alinean y no se produce el efecto de rotación, lo que ocasiona que la luz sea bloqueada en su totalidad por el segundo polarizador. Así entonces, en ausencia de campo eléctrico, los puntos de un LCD aparecen brillantes, y cuando se aplica el campo se tornan negros.

Hay tres tipos principales de pantallas LCD: las de siete segmentos, las de caracteres (matriz 5 x 7) y las gráficas. Las de siete segmentos son similares a los *displays* numéricos con LED y las hay de dos, cuatro o más dígitos; las de caracteres forman

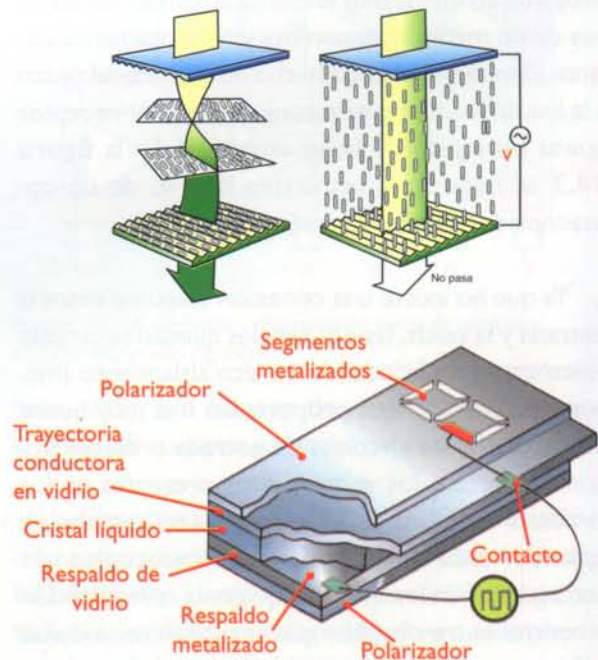


Figura 14.1. Estructura interna de una pantalla LCD



Figura 14.2. Diferentes tipos de pantallas LCD

una, dos o más filas con un determinado número de caracteres, por ejemplo 2 x 16, 4 x 20, etc.; y las gráficas se clasifican por el número de puntos o píxeles (320 x 240, 120 x 160, etc.), y las hay en blanco y negro o en color. En la **figura 14.2** se muestran algunos modelos representativos.

## Los optoacopladores

Un optoacoplador o aislador optoelectrónico es un circuito integrado que contiene en un mismo encapsulado un diodo LED infrarrojo y un fotodetector, separados físicamente y alineados de tal forma que la luz generada por el emisor infrarrojo es acoplada en forma muy eficiente al fotosensor, a través de un medio transparente y eléctricamente aislante. El encapsulado está hecho de un material opaco a la luz, de manera que el conjunto emisor-receptor queda protegido de la luz ambiental. En la **figura 14.3** se muestra la estructura interna de un optoacoplador con fototransistor.

Ya que no existe una conexión eléctrica entre la entrada y la salida, las dos señales quedan separadas eléctricamente brindando un alto aislamiento (mayor a 2.500 V), lo que proporciona una muy buena protección a los circuitos de entrada o de control con respecto a los voltajes altos presentes en los circuitos de salida o de potencia. Los campos de aplicación más comunes para los optoacopladores son aquellos en los que se requiere la comunicación o control entre circuitos que necesitan conexiones a tierra separadas, en circuitos donde se deben con-

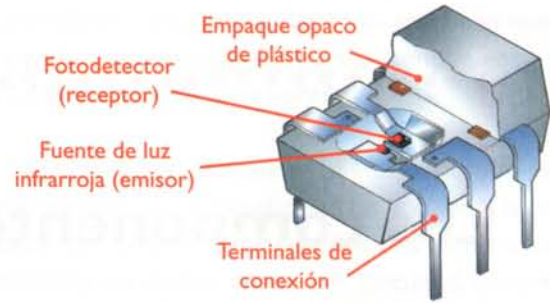


Figura 14.3. Estructura interna de un optoacoplador

trolar niveles de CC, por ejemplo, en las fuentes de conmutación, para controlar sistemas de alta potencia a partir de circuitos digitales, y en la transmisión de datos digitales. Los optoacopladores también pueden reemplazar relés y transformadores en muchas interfaces digitales y su respuesta en frecuencia es excelente en circuitos analógicos.

## Tipos de optoacopladores

Dependiendo de la aplicación y las exigencias técnicas, los optoacopladores se construyen utilizando fotosensores de muchos tipos. Los más conocidos son los fototransistores, los fotodiodos, los optotriacs, los optoSCR y los *photodarlington*. También se encuentran disponibles optoacopladores multicanal, los cuales tienen varios emisores controlando a un fotosensor o varios pares de emisores-fotosensores. El aspecto físico de los optoacopladores es muy similar al de los circuitos integrados tipo DIP (*Dual in Line Package*) de 6, 8 o 14 pines. En la **figura 14.4** se muestran los símbolos de los principales tipos de optoacopladores y su encapsulado.

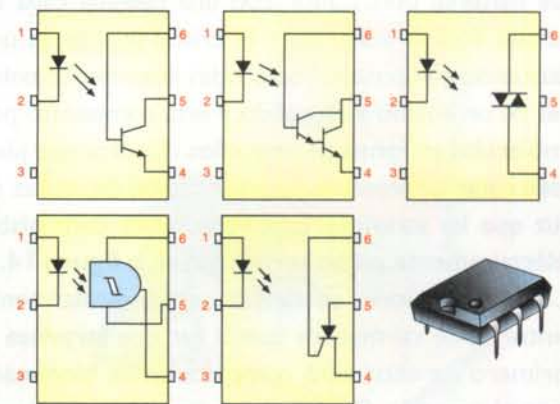


Figura 14.4. Símbolos y aspecto físico de los optoacopladores

# Lección 15

## Los transductores

Un **transductor** es un dispositivo o componente que convierte una forma de energía en otra. Los dispositivos que convierten señales eléctricas en luz, sonido, calor, movimiento, etc., o viceversa, se denominan *transductores eléctricos* y son los que permiten que los sistemas eléctricos o electrónicos puedan comunicarse o interactuar con el mundo externo. Hay muchos tipos de transductores los cuales no alcanzamos a cubrir y por lo tanto hablaremos de dos de los más utilizados con algunos de los circuitos y aparatos estudiados en este curso; se trata de los micrófonos y los parlantes.

### Los micrófonos

Son dispositivos o transductores de entrada que convierten ondas sonoras en señales eléctricas de

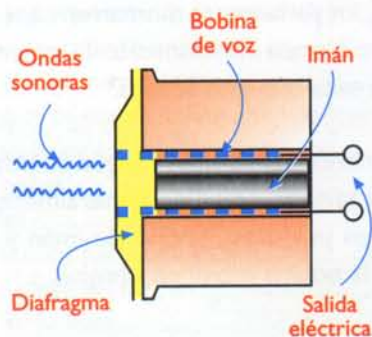


Figura 15.1. Principio básico de funcionamiento de un micrófono

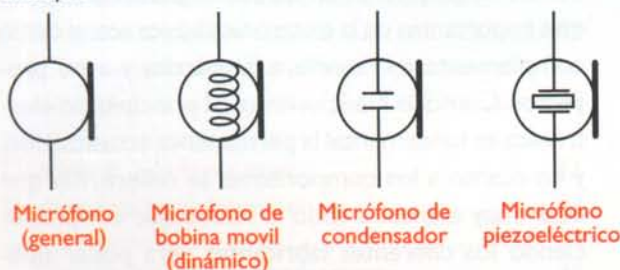


Figura 15.2. Símbolos de algunos tipos de micrófonos

voltaje o de corriente equivalentes, **figura 15.1**. Estas señales son posteriormente procesadas por circuitos electrónicos con el fin de amplificar, grabar o modificar el sonido original. Existen varios tipos de micrófonos dependiendo de su principio de funcionamiento. Los más utilizados en audio son el dinámico, el de condensador, el piezoeléctrico y el *electret*. Otro tipo muy común de micrófono, utilizado principalmente en telefonía, es el de carbón. En la **figura 15.2** se muestran los símbolos de algunos de ellos.

Los micrófonos vienen en una gran variedad de presentaciones. Sin embargo, todos constan de una cápsula, un cuerpo, un cable y un conector, **figura 15.3**. La cápsula comprende el diafragma y el elemento transductor propiamente dicho. Muchos incluyen también filtros acústicos previos a la conversión eléctrica que eliminan sonidos ambientales indeseados, por ejemplo el ruido del viento. El cable utilizado para llevar la señal de salida al circuito de utilización es blindado o apantallado para

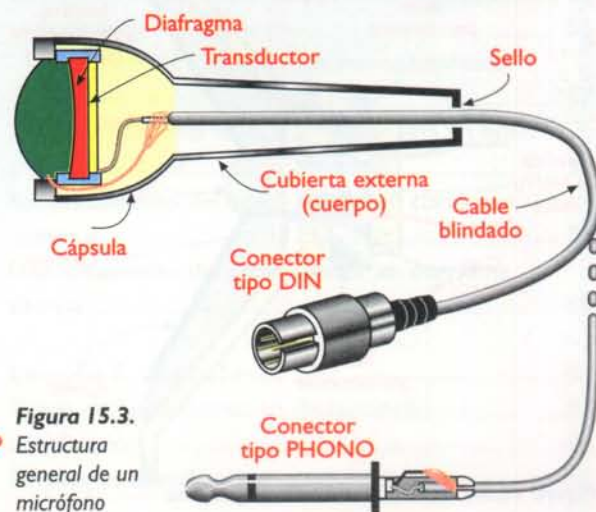


Figura 15.3. Estructura general de un micrófono

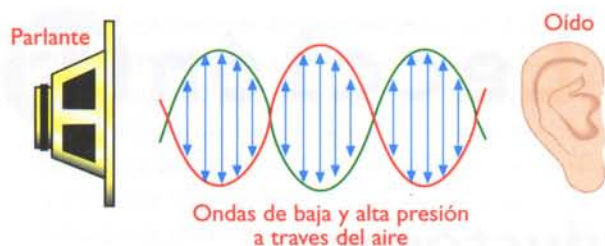


Figura 15.4. Acción básica de un parlante

minimizar la inducción de ruido. El conector final puede ser un *plug phono*, DIN, XLR, o de otro tipo para audio.

Los micrófonos poseen varias características distintivas que determinan su calidad o idoneidad para una tarea determinada. Las más importantes son la sensibilidad, la directividad, la respuesta de frecuencia y la impedancia.

## Los parlantes

Son transductores de salida que convierten señales eléctricas en sonidos equivalentes, figura 15.4. En este sentido, un parlante realiza una función exactamente opuesta a la de un micrófono. El tipo más común y antiguo de parlante, utilizado en más del 95% de los sistemas de sonido modernos, es el **dinámico** o de bobina móvil. En la figura 15.5 se muestra la estructura interna de un parlante típico.

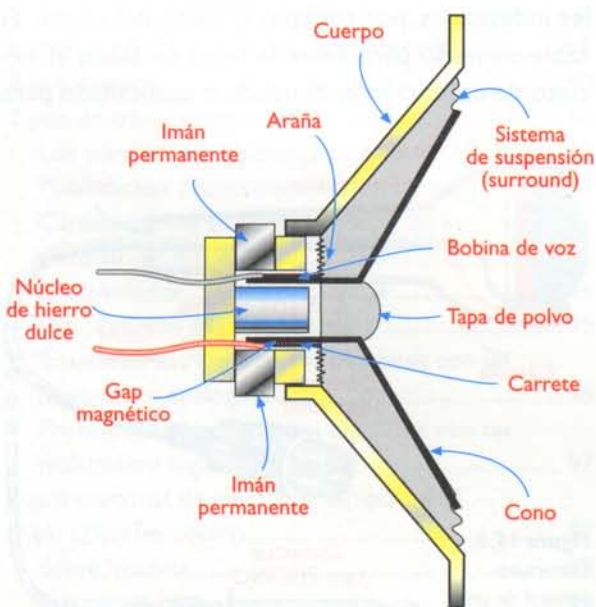


Figura 15.5. Estructura interna de un parlante

En su forma más simple, un parlante dinámico consta de una bobina móvil, un cono, un imán permanente y un soporte. La bobina está enrollada sobre un soporte de papel o de cartón y recibe la señal eléctrica de audio procedente del amplificador. El cono es una membrana de cartón de textura especial acoplada mecánicamente a la bobina por su borde más estrecho. El borde más ancho posee un sistema de suspensión que amortigua y absorbe las vibraciones de alta frecuencia que viajan por el cono.

Cuando la señal de audio pasa a través de la bobina, produce un campo magnético variable que interactúa con el campo magnético fijo creado por el imán. Como resultado de esta interacción, la bobina se mueve hacia adelante y hacia atrás, al ritmo impuesto por la señal de audio. Puesto que el cono está unido solidariamente a la bobina, también vibra y provoca cambios de presión en el aire circundante. Esto crea ondas de sonido (voces, música, etc.) que son una réplica física de la señal eléctrica de excitación del parlante. Cuando el cono de un parlante se mueve hacia adelante, produce una mayor presión de aire (compresión) al frente y una menor presión (rarefacción) detrás. Estos dos fenómenos vibratorios tienden a cancelarse y a reducir el sonido producido. Por esta razón, los parlantes se montan en cajas acústicas o *baffles*, recubiertos internamente de material absorbente, que evita que esto suceda.

Los parlantes se clasifican según su potencia en vatios, su tamaño (medido generalmente por el diámetro en pulgadas), el tipo de imán y la impedancia de la bobina móvil en ohmios.

Damos así por terminada la sección de componentes de este curso en donde les presentamos los más importantes de la electrónica básica actual como complemento a la teoría, a la práctica y a los proyectos. Como lo mencionamos al principio, en electrónica es fundamental la permanente actualización, y en cuanto a los componentes se refiere, hay que estar muy atentos a todo lo nuevo que van produciendo los diferentes fabricantes para poder utilizarlos y así aprovechar toda esta tecnología.

# Índice Componentes

## Lección 1. Los componentes electrónicos ..... 1

Los sistemas electrónicos .....	2
Clasificación de los componentes electrónicos ....	5

## Lección 2. Símbolos y diagramas electrónicos .... 7

¿Qué símbolo le corresponde a cada componente? ....	8
Los diagramas pictóricos .....	10
Los diagramas esquemáticos .....	11
Los diagramas de bloques .....	12

## Lección 3. Los componentes

### electromecánicos ..... 13

Los conductores eléctricos .....	14
Clasificación de los conductores eléctricos .....	14
Alambre .....	14
Cable .....	14
Cómo se identifican los conductores .....	16
Los interruptores .....	17
¿Qué es un interruptor? .....	17
Simbología .....	18
Clasificación .....	18
¿Cómo se prueban los interruptores? .....	20
¿Qué debemos tener en cuenta cuando seleccionamos y utilizamos un interruptor? .....	21
Los conectores .....	21
Estructura .....	21
Clasificación .....	22
¿Qué debemos tener en cuenta al elegir un conector? .....	24
Los circuitos impresos .....	25
¿Qué es un circuito impreso? .....	25
Tipos de circuitos impresos .....	25
Estructura básica de un circuito impreso .....	26
Fabricación de los circuitos impresos .....	27
Breve historia .....	28
Los fusibles .....	29
¿Qué son los fusibles? .....	29
¿Cómo elegir un fusible? .....	29
Tipos de fusibles .....	31
¿Cuándo se queman los fusibles? .....	32
¿Qué debo y qué no debo hacer cuando se quema un fusible? .....	32
¿Cómo puedo saber si un fusible está bueno o malo? .....	32

## Lección 4. Las lámparas ..... 33

Las lámparas incandescentes .....	34
Estructura .....	34
Tipos de lámparas incandescentes .....	35

Lámparas de descarga de gas .....	36
Lámparas fluorescentes .....	36
Lámparas de xenón (estroboscópicas) .....	36

## Lección 5. Las pilas y las baterías ..... 37

Pila o celda básica .....	38
Símbolos .....	38
Clasificación .....	39
Pilas y baterías primarias .....	39
Pilas y baterías secundarias o recargables .....	41

## Lección 6. Las resistencias ..... 43

Las resistencias fijas .....	44
Clasificación .....	44
¿Qué debemos tener en cuenta cuando seleccionamos una resistencia? .....	45
Valores normalizados .....	46
Resistencias variables .....	47
¿Cómo se prueban? .....	46
Clasificación .....	47
¿Qué debemos tener en cuenta cuando seleccionamos un potenciómetro? .....	50
Aplicaciones .....	50
Prueba de los potenciómetros .....	50

## Lección 7. Los condensadores ..... 51

Clasificación .....	52
Los condensadores fijos .....	52
Condensadores cerámicos .....	53
Condensadores de película plástica .....	53
Condensadores de papel .....	54
Condensadores de mica .....	54
Los condensadores variables .....	55
¿Qué debemos tener en cuenta cuando seleccionamos un condensador? .....	56
Formas de identificación .....	56
¿Qué significan las letras y números impresos sobre el condensador? .....	57
¿Cómo saber si un condensador está en buen o mal estado? .....	58
Funcionamiento del condensador en corriente continua .....	59
Funcionamiento del condensador en corriente alterna .....	60

## Lección 8. Las bobinas ..... 61

Teoría de funcionamiento (inductancia) .....	62
Clasificación .....	64
Formas de identificación .....	66

Principales aplicaciones de las bobinas .....	66	Transistores tipo JFET .....	98
Los transformadores .....	67	Polarización y funcionamiento de los JFET .....	98
Funcionamiento básico de un transformador .....	67	Transistores tipo MOSFET .....	99
Clasificación .....	67	Estructura básica y funcionamiento de los MOSFET ....	99
Estructura básica de los transformadores .....	70	Identificación y especificaciones .....	100
Relación de transformación .....	71	Otros tipos de transistores .....	101
Relación de potencia .....	71	Transistores UJT ( <i>Unijunction Transistor</i> ) .....	101
Leyes básicas de los transformadores .....	72	Los transistores IGBT ( <i>Isolated Gate Bipolar Transistor</i> ) ....	101
Pérdidas de los transformadores .....	72	<b>Lección 11. Los tiristores .....</b>	<b>103</b>
Pruebas básicas de los transformadores .....	72	Breve historia .....	104
<b>Lección 9. Los semiconductores y el diodo ....</b>	<b>73</b>	Tipos de tiristores .....	104
Los semiconductores intrínsecos y extrínsecos .....	75	Los rectificadores controlados de silicio (SCR) .....	104
El diodo ( <i>diode</i> ) .....	77	Funcionamiento del SCR .....	104
Breve historia .....	77	Curvas características de un SCR .....	105
Tipos de diodos .....	78	Identificación y especificaciones eléctricas .....	105
Funcionamiento básico de los diodos .....	78	Los triac .....	106
La juntura PN .....	79	Polarización y funcionamiento .....	106
Polarización inversa .....	80	Especificaciones eléctricas e identificación .....	107
Polarización directa .....	80	Prueba de los triac .....	107
Tipos de diodos .....	81	Otros tipos de tiristores .....	108
Identificación de los diodos .....	82	Aplicaciones de los tiristores .....	108
Diodos rectificadores ( <i>rectifier diodes</i> ) .....	82	<b>Lección 12. Los disipadores o radiadores</b>	<b>de calor .....</b>
Diodos Zener ( <i>Zener diodes</i> ) .....	82	<b>de calor .....</b>	<b>109</b>
Diodos LED o diodos emisores de luz		Métodos de transferencia de calor .....	110
( <i>Light Emitting Diodes</i> ) .....	83	Características generales de los disipadores .....	111
<i>Displays</i> o indicadores con diodos LED .....	84	<b>Lección 13. Los circuitos integrados</b>	<b>(<i>integrated circuits, IC</i>).....</b>
Otros tipos de diodos .....	85	<b>(<i>integrated circuits, IC</i>).....</b>	<b>113</b>
Otras clasificaciones de los diodos .....	86	Introducción .....	114
Prueba de los diodos .....	87	Breve historia .....	114
Circuitos con diodos .....	88	Tipos de circuitos integrados (en general) .....	115
<b>Lección 10. El transistor (<i>transistor</i>) .....</b>	<b>89</b>	Encapsulados, terminales e identificación .....	116
Breve historia .....	90	Los circuitos integrados lineales .....	117
Tipos de transistores .....	90	Los circuitos integrados digitales	
Los transistores bipolares .....	91	( <i>digital integrated circuit</i> ) .....	121
Polarización y funcionamiento .....	91	Tipos de circuitos integrados digitales .....	121
Características eléctricas y físicas de los		Perspectivas de los circuitos integrados .....	122
transistores bipolares .....	93	<b>Lección 14. Los componentes optoelectrónicos ..</b>	<b>123</b>
Encapsulados .....	94	Las pantallas de cristal líquido	
Identificación de los transistores .....	95	( <i>Liquid crystal display o LCD</i> ) .....	123
Prueba de los transistores bipolares con un		Los optoacopladores .....	124
multímetro análogo .....	96	Tipos de optoacopladores .....	124
Prueba de los transistores bipolares con un		<b>Los transductores .....</b>	<b>125</b>
multímetro digital .....	97	Los micrófonos .....	125
Los transistores de efecto de campo o FET		Los parlantes .....	126
( <i>Field Effect Transistors</i> ) .....	97		
Breve historia .....	98		
Estructura básica .....	98		