

**Análisis de circuitos electrónicos básicos realizados con componentes discretos. Rectificadores, filtros, estabilizadores, amplificadores, multivibradores, y otros. Componentes utilizados: elementos pasivos y activos. Clasificación, tipología, función y características. Criterios y procedimientos utilizados para el diseño de estos circuitos. Proceso general para la diagnosis y localización de averías en circuitos electrónicos realizados con componentes electrónicos discretos**

# ÍNDICE SISTEMÁTICO

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. COMPONENTES UTILIZADOS: ELEMENTOS ACTIVOS Y PASIVOS**
  - 2.1. Resistencias
  - 2.2. Diodos rectificadores
  - 2.3. Diodos emisores de luz (LED)
  - 2.4. Condensadores
  - 2.5. Transistores bipolares
  - 2.6. Bobinas
  - 2.7. Diodos Zener
- 3. CIRCUITOS ELECTRÓNICOS BÁSICOS**
  - 3.1. Circuitos divisores de tensión
  - 3.2. Circuitos rectificadores
  - 3.3. Circuitos con función de filtro
    - 3.3.1. Filtros paso-bajo
    - 3.3.2. Filtros paso-alto
    - 3.3.3. Filtros paso-banda
    - 3.3.4. Filtros para-banda
    - 3.3.5. El condensador como filtro
  - 3.4. Circuitos estabilizadores
    - 3.4.1. Parámetros de los reguladores
    - 3.4.2. Reguladores lineales en serie
    - 3.4.3. Estabilizador con diodo Zener
    - 3.4.4. Estabilizador de tensión transistorizado
    - 3.4.5. Estabilizadores con diodo Zener y transistor
    - 3.4.6. Diagrama de bloques de reguladores integrados
    - 3.4.7. Características generales de reguladores
    - 3.4.8. Circuito regulador de tensión integrado 78XX
  - 3.5. Circuitos amplificadores
  - 3.6. Circuitos multivibradores
- 4. PROCESO GENERAL PARA LA DIAGNOSIS Y LOCALIZACIÓN DE AVERÍAS**
- BIBLIOGRAFÍA**

# 1. INTRODUCCIÓN

El análisis de circuitos electrónicos básicos realizados con componentes discretos, debe abarcar el funcionamiento global del circuito o sistema que se trate, pero focalizando el interés en cada una de las partes que componen el circuito global y que, por separado, tienen funcionamiento y función propia, por lo que resulta especialmente conveniente subdividir según este criterio el circuito o sistema objeto de estudio en diferentes partes o en distintas etapas que conformen subcircuitos básicos con sus funciones bien determinadas, de forma que el análisis se pueda efectuar de manera modular (como por ejemplo al encontrarnos con un circuito con función de rectificador, de amplificador, de oscilador, etc.).

Los circuitos anteriores son muy frecuentemente utilizados en el diseño de sistemas y circuitos más generales o de un propósito superior, al ser habitualmente requerida una rectificación de la señal, una amplificación de esta u otra operación similar, con ayuda de un circuito electrónico que podemos catalogar como típico.

Así, pues, de la división en pequeños subcircuitos y pequeños subproblemas, surgen los circuitos electrónicos con componentes básicos discretos objeto de estudio.

## 2. COMPONENTES UTILIZADOS: ELEMENTOS ACTIVOS Y PASIVOS

### 2.1. Resistencias

La **resistencia eléctrica** es una particularidad que presentan todos los materiales y sustancias de la naturaleza en mayor o en menor medida, y se caracteriza por la oposición que presenta dicha sustancia al paso de la corriente eléctrica. La dificultad que impone la resistencia al paso de corriente se manifiesta en una generación de calor, que provoca una pérdida de energía en la propia resistencia, puesto que dicho calor no es generalmente aprovechable, al menos en los circuitos electrónicos.

La resistencia eléctrica de un material conductor, es decir, aquel que es favorable al paso de la intensidad de corriente eléctrica, es la medida de la oposición que dicho conductor presenta al movimiento de los electrones en su seno.

Sin embargo se habla indistintamente de resistencia eléctrica como la propiedad de oposición al paso de corriente eléctrica y como el componente discreto eléctrico, al que más correctamente deberíamos referirnos como resistor, aunque por extensión llamaremos también resistencia. Sin duda, se trata del componente más utilizado en los circuitos electrónicos.

El valor de la resistencia de un conductor depende de su longitud, de su sección y de la temperatura del mismo, calculándose mediante la expresión siguiente:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

donde R es el valor de la resistencia eléctrica medida en ohmios y representada por la letra griega omega ( $\Omega$ ), L es la longitud del conductor del que se esté calculando la resistencia (en metros), S es la sección del conductor (en metros cuadrados) y  $\rho$  es el valor de la resistividad del material (en  $\Omega \cdot m$ ).

La unidad de medida de la resistencia, el ohmio, se define como aquel valor de una resistencia eléctrica que esta presenta si al aplicarle una tensión de 1 V se produce un paso de corriente eléctrica de valor 1 amperio. Por supuesto, cuanto mayor sea la resistencia para un valor determinado de tensión, más pequeño será el valor de la intensidad de la corriente eléctrica que circulará por ella.

Las resistencias son elementos eléctricos **pasivos** y la tensión que se les aplica en bornes resulta proporcional a la intensidad que circula por ellos, pero no únicamente, sino que también resulta proporcional a la longitud de la resistencia en cuestión y a su sección (a esta es proporcionalmente inversa).

Todos los resistores presentan un cierto valor, el cual puede presentar una cierta **tolerancia** que es el margen de valores que rodea al valor nominal de la misma. La tolerancia representa el error relativo en la medida de la resistencia del elemento resistor.

El valor de la tolerancia suele variar entre un 0,001% y un 20%, siendo muy habitual el 10%.

Puede darse el valor de la desviación absoluta (diferencia entre el valor real y el teórico), pero es muy preferible utilizar la denominada desviación relativa, ya que tiene en cuenta el valor de la variación respecto del valor de la resistencia, que se calcula:

$$\frac{V_{\text{real}} - V_{\text{teórico}}}{V_{\text{teórico}}} \cdot 100$$

Lo cierto es que no es lo mismo tener una variación de 5  $\Omega$  en una resistencia de 100  $\Omega$  de valor teórico que en una resistencia de 1 M $\Omega$  de valor teórico, al ser los errores muy diferentes, expresados en forma porcentual y no de forma absoluta.

La tolerancia es, pues, la máxima desviación, normalmente relativa, admisible en un componente, en nuestro caso las resistencias.

Las resistencias dependen de la temperatura y se relacionan mediante el **coeficiente de temperatura**, que dependerá del valor de temperatura que alcance la resistencia cuando empiece a circular la corriente por ella. La resistencia, como el resto de elementos usados en eléctrica y electricidad tiene un rango de trabajo y por tanto un límite de funcionamiento, que vendrá determinado por su capacidad de disipar calor, la tensión y por su temperatura máxima, por tanto será la temperatura máxima con la cual podrá trabajar sin deteriorarse.

Una resistencia tiene también:

- Un **coeficiente de tensión**, que limitará el paso de corriente eléctrica entre sus dos extremos y que será la variación relativa de cambio de tensión al que se someta.
- El **ruido** a que la resistencia puede ser sometida (el ruido es el fenómeno de cambio repentino de aumento o de disminución de la corriente que pasa por el elemento).
- La **deriva** que presente, que se traduce en el desvío del valor de ésta respecto del inicial de construcción, ya que al pasar largos periodos de tiempo se deterioran y su valor cambia respecto al original deseado.

Los **materiales** empleados para la fabricación de las resistencias son muy variados pero los más comunes son **aleaciones de cobre, níquel y zinc** en diversas proporciones de cada uno, lo que hará variar la resistividad. Quien determinará un aumento de esta resistividad será el níquel, ya que si la aleación lleva un porcentaje alto de éste, la resistividad será elevada.

Las **aleaciones de cobre, níquel y níquel-hierro** tienen una resistividad de 10 a 30 veces mayor que el cobre, y las **aleaciones de níquel-cromo** serán de 60 a 70 veces mayor que las de cobre y con un gran comportamiento en temperaturas elevadas.

También se puede utilizar el **carbón**, ya que su resistividad está entre 400 y 2.400 veces la del cobre. El carbón es usado normalmente en las escobillas de los motores eléctricos precisamente por este motivo.

Los tipos de resistencias, o la clasificación de los tipos de resistencias, pueden atender a diferentes criterios. De forma global, dependiendo de si éstas tienen la posibilidad de cambiar su valor en función de un parámetro o no, tendremos **resistencias fijas** y **resistencias variables**.

- Entre las **resistencias fijas** podemos destacar:
  - \* **Resistencias bobinadas.** Su cometido fundamental es el de disipar potencia. Se fabrican sobre una base aislante de forma cilíndrica para enrollar un hilo de alta resistividad (normalmente de wolframio, manganina o constantán). La longitud y sección del hilo darán su resistividad juntamente con la composición de éste. Suelen venir marcadas en la superficie y se utilizan para las grandes potencias pero con el inconveniente de ser inductivas.
  - \* **Resistencias aglomeradas.** Están hechas de una pasta con granos muy finos de grafito. Son las resistencias fijas más utilizadas y sus valores se saben a través del conocido código de colores. Al igual que las bobinadas constan de un hilo enrollado, pero éste sometido a un proceso de vitrificación a alta temperatura y recubierto de un barniz especial en el que se marca el código de colores para proteger el hilo resistivo y evitar que entren en contacto las espiras enrolladas.
  - \* **Resistencias de película de carbono.** Se fabrican sobre una fina capa de pasta de grafito encima de una base cilíndrica de cerámica. La sección y su composición determinarán el valor de la resistencia.
  - \* **Resistencias pirolíticas.** Son muy parecidas a las de película de carbono, pero con una película de carbón rayada en forma de hélice para ajustar el valor de la resistencia. Son inductivas.
- Entre las **resistencias variables** podemos destacar:
  - \* **Resistencias variables o potenciómetros.** Su valor es ajustable mediante un elemento móvil. Normalmente con un pequeño destornillador se gira una ranura que hace variar el valor de éste desde 0 hasta un valor máximo (ese es el valor con el que se designa el potenciómetro).
  - \* **Resistencias dependientes de la temperatura.** Las resistencias cuyo valor depende de la temperatura se denominan **termistores**. Un termistor puede ser tipo PTC o NTC. El termistor PTC (*Positive Temperatura Coef.*) aumenta su valor de resistencia con la temperatura, ya que el coeficiente de temperatura es positivo. El termistor NTC (*Negative Temperatura Coef.*) disminuye su valor de resistencia con la temperatura, ya que el coeficiente de temperatura es negativo.
  - \* **Resistencias dependientes de la luminosidad.** La LDR (*Light Detection Resistor*) es una resistencia cuyo valor cambia con la luz que recibe, de forma que al aumentar la luminosidad que recibe, su resistencia disminuye.

Cuando una resistencia se somete a **corriente alterna**, esta se trata como el elemento equivalente que comparte tratamiento con las bobinas y condensadores bajo esta fuente de energía, es decir, se trata como impedancia, teniendo muy en cuenta que ya no es de magnitud escalar, sino vectorial (aunque no introduce desfase por sí sola, pero sí influye cuando está asociada con bobinas y condensadores en el factor de potencia mediante el propio valor de la resistencia, al variar el lado del triángulo de potencia). Por lo dicho, la impedancia no es exclusiva de los resistores, sino también de las bobinas (de autoinducción L) y condensadores (de capacidad C).

Podemos definir la **impedancia** como la oposición que presenta un circuito al paso de la corriente alterna. Es un valor que tiene dirección y sentido, luego es vectorial.

Realmente la impedancia engloba a la resistencia, ya que la impedancia, al ser proyectada sobre los ejes cartesianos (ya se ha dicho que es una magnitud vectorial), su parte real corresponde a un valor de resistencia, mientras que la parte imaginaria (eje de ordenadas) corresponde a un valor de reactancia.

La impedancia ( $Z$ ) se calcula del modo siguiente:

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$$

siendo:

- $Z$  = impedancia medida en ohmios ( $\Omega$ ).
- $R$  = resistencia medida en ohmios ( $\Omega$ ).
- $X$  = reactancia total medida en ohmios ( $\Omega$ ).

El valor anterior corresponde al módulo de la impedancia, mientras que al argumento (ángulo de desfase) se calculará mediante:

$$\arg Z = \arctg \frac{2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}}{R}$$

El valor complejo de la impedancia se puede representar también como:

$$Z = R + X \cdot j \text{ (forma binómica o cartesiana)}$$

La letra “j” indica que es parte imaginaria dada por un número complejo. No se emplea la habitual “i” de matemáticas para no confundirla con el símbolo de corriente instantánea que es también una “i” minúscula.

El valor de resistencia es constante, sin tomar en cuenta los efectos de temperatura; mientras que los de reactancia son una función de la frecuencia.

Una cuestión importante es el de la **potencia de disipación**. Ya se sabe que el paso de una corriente eléctrica a través de una resistencia produce calor, que puede resultar muy inconveniente por razones tales como:

- El calor producido **no es aprovechable**, por lo que esto supone una pérdida de energía eléctrica que podría haber sido útil.
- El calor conlleva un **aumento de la temperatura** en la resistencia, con lo que el valor óhmico de la resistencia se ve modificado. Este es el motivo por el que en algunos aparatos se requiere un tiempo de espera al arrancarlos, para que se calienten, ya que deben estabilizarse los valores de sus resistencias para estar en los valores de funcionamiento, ya que tras, un cierto tiempo, se establece un estado de equilibrio entre el calor producido y el calor radiado, con lo que la temperatura no variará.
- El calor producido por las resistencias puede afectar al correcto funcionamiento de otros componentes situados en las proximidades.
- Si el calor producido en la resistencia resulta excesivo, puede producirse el deterioro del componente, lo que puede llegar a provocar también una avería en todo el sistema, circuito o aparato de que se trate, según la función y la responsabilidad de esa resistencia.

No debe acumularse tanto calor en las resistencias por el riesgo de deterioro que esto supone, debiéndose eliminar el calor, lo que se puede hacer de diferentes maneras, siendo las más empleadas:

- **Eliminación por convección.** En la eliminación de calor por convección, el aire que rodea la resistencia se calienta y asciende mientras su lugar es ocupado por aire frío. Este procedimiento se mejora, si es posible, con agujeros o ranuras de ventilación en la caja del aparato.
- **Eliminación por conducción.** En la refrigeración por conducción de calor se monta la resistencia, aislada eléctricamente, sobre una placa buena conductora del calor, la cual pierde por convección el calor adquirido por conducción.

Por este motivo las resistencias se fabrican para un determinado límite de carga (en vatios), que evita que este calor las pueda perjudicar. Por ello, el límite de carga hace que se tengan resistencias de 1/2 W, 1/4 W, 1 W, etc.

En todo caso, no se deben confundir la potencia máxima de disipación y la potencia radiada, ya que la potencia radiada debe ser mayor que la máxima de disipación para que no exista problema alguno. La potencia de una resistencia será:

$$P = V \cdot I = R \cdot I^2$$

El valor de la potencia máxima de disipación de las resistencias varía según su tamaño, siendo este concepto el que lo determina, tal que a mayor tamaño, mayor superficie de la resistencia en contacto con el aire de alrededor y mayor será capacidad de disipación que tendrá.

## 2.2. Diodos rectificadores

El diodo es un componente capaz de dejar pasar corriente eléctrica en un sentido, pero no en el otro, oponiéndose a su paso.

El diodo, que es un componente semiconductor, es muy utilizado en electrónica y tiene diversas aplicaciones, siendo la aplicación más extendida precisamente la de rectificar la corriente alterna, es decir, convertir la corriente alterna (de la red eléctrica o de un generador de alterna) en corriente continua, eliminando la variación de polaridades que la alterna presenta. Esta aplicación es muy importante, ya que los aparatos electrónicos funcionan con corriente continua, siendo necesaria esa etapa de acondicionamiento de señal en la que los diodos rectificadores son requeridos.

Los diodos son también ampliamente utilizados en su aplicación como rectificadores de la alta frecuencia en aparatos tan extendidos y cotidianos como la radio o la televisión.

También es muy utilizado para efectuar la transformación de la señal a baja frecuencia, siendo usado como elemento detector.

La constitución de un diodo semiconductor está basada en la unión PN.

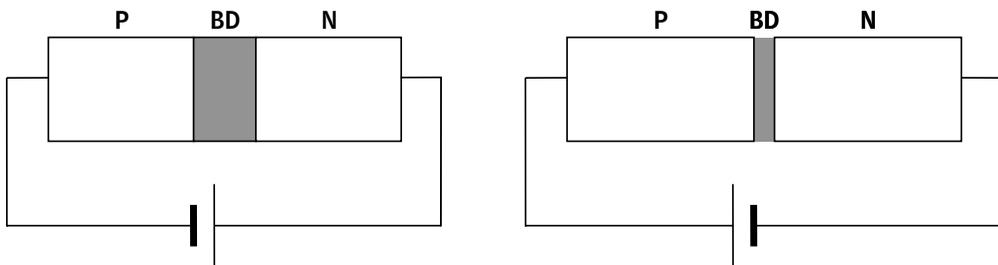


Figura 7.1. Unión PN del diodo semiconductor.

En la figura 7.1 (izquierda) se representa la unión PN a la que se ha aplicado una tensión entre las dos caras opuestas, de forma que el polo negativo se conecta al cristal de silicio P y el polo positivo al cristal de silicio N. Con esta disposición los huecos son atraídos hacia el polo negativo y los electrones libres hacia el polo positivo. El resultado de la aplicación de la diferencia de potencial anterior es un ensanchamiento de la zona BD, llamada banda de deplexión. La razón de que esta banda se ensanche es que queda aún más empobrecida de portadores de carga. Lo que ocurre es que, al aplicar una tensión de la polaridad indicada a la unión PN, la resistencia de dicha unión PN aumenta y, por lo tanto, la corriente que circulará por el cristal será muy pequeña, del orden de mA.

En la figura 7.2 (derecha) se representa la misma fuente de tensión, pero esta vez con la polaridad invertida. En esta circunstancia lo que ocurre es un efecto contrario, es decir, los huecos del silicio tipo P son repelidos hacia la zona BD por el polo positivo de la pila y los electrones libres son igualmente repelidos hacia la zona BD por el polo negativo, resultando dicha zona estrecha y la resistencia de la unión PN reducida considerablemente, por lo que la corriente que circula por el cristal será de intensidad elevada.

La tensión que se aplica a la unión para que aumente la resistencia de la misma, es decir, con el negativo de la fuente de alimentación aplicado al cristal P y el positivo al cristal N, se denomina **tensión inversa** o **tensión de bloqueo**, mientras que la tensión que se aplica a la unión para que la resistencia de la misma disminuya se llama **tensión directa**.

En el sentido de bloqueo la corriente no es totalmente nula, es decir, siempre existe una pequeña corriente de fuga que recibe el nombre de corriente inversa del diodo, cuyo valor es mucho más pequeño que el de la corriente de paso en sentido directo.

El diodo semiconductor consta de dos cristales: un **cristal de tipo P** y otro **cristal de tipo N**. El cristal de tipo P recibe el nombre de **ánodo** (al ánodo se le aplica un potencial positivo para que el diodo conduzca). El cristal de tipo N recibe el nombre de **cátodo** (al cátodo se le aplicará un potencial negativo para que el diodo conduzca).

Así, el cristal **P** será el ánodo y el cristal **N** el cátodo.

El símbolo con el que se representan los diodos es el de la figura 7.2.

El funcionamiento en la relación tensión-corriente del diodo puede ser dado por la curva característica del diodo.

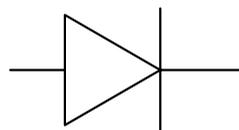


Figura 7.2. Símbolo del diodo rectificador.

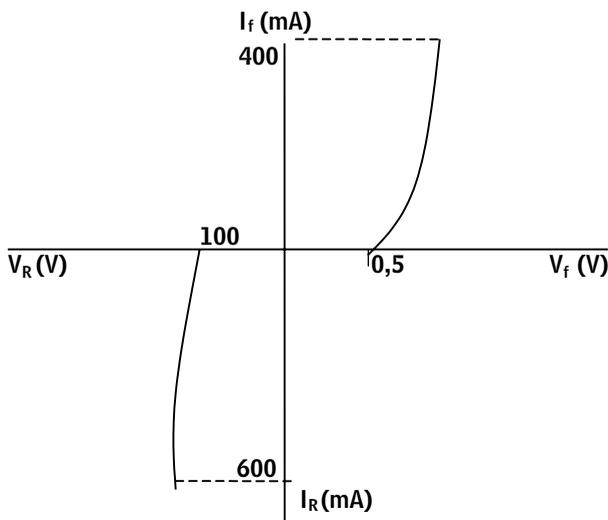


Figura 7.3. Curva característica del diodo semiconductor.

La corriente que circula por el diodo cuando éste presenta la mínima resistencia al paso de la corriente eléctrica recibe el nombre de corriente en sentido directo o corriente directa. Esta **corriente directa** se representa por  $I_f$ , donde “f” es el subíndice de la corriente que indica “forward”, que es un vocablo inglés que significa adelante (en referencia a la corriente directa). De igual forma la tensión en sentido directo se representa por  $V_f$

La pequeña corriente que circula por el diodo cuando éste presenta la máxima resistencia al paso de la corriente eléctrica recibe el nombre de **corriente inversa**. Esta corriente inversa se representa por  $I_R$ , donde “R” es el subíndice de la corriente que indica “reverse”, que es un vocablo inglés que significa al revés (en referencia a la corriente inversa). De igual forma la tensión en sentido de bloqueo se representa por  $V_R$

En la característica real del diodo semiconductor (figura 7.3), se observa que:

- Para tensiones directas muy bajas, por debajo del umbral de los 0,7 V, el diodo no es capaz de conducir, ya que requiere esa tensión (habitualmente llamada **tensión de ruptura**, generalmente denotada por  $V_{BR}$ ; Broke) para poder comenzar a conducir, al ser ese aproximadamente el consumo del diodo (es habitual un consumo de 0,7 V en diodos de silicio y de aproximadamente 0,5 V en diodos de germanio). En efecto, en la curva característica se observa que la corriente  $I_f$  es nula o prácticamente nula si se aplica al diodo una tensión directa menor que la tensión umbral de 0,7 V.
- Cuando la tensión directa aplicada es mayor de 0,7 V, la corriente a través del diodo aumenta de valor, pero no de forma proporcional (y mucho menos lineal), sino de manera exponencial, lo que se observa claramente en la figura que muestra la curva característica del comportamiento del diodo.

Por todo ello concluimos que para que un diodo semiconductor pase a estar en estado de conductor, se hace necesaria la aplicación de una tensión directa por encima de un cierto valor, es decir, por encima de la tensión de ruptura. Esto es debido a que, aunque el diodo esté polarizado en sentido directo, si la tensión es muy baja no resulta suficiente para que los electrones de valencia presentes en los átomos de la zona aislante (banda de depleción) abandonen sus órbitas y pasen al estado de libertad y por lo tanto al estado de conducción.

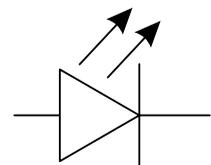
Cuando el diodo se opone al paso de la corriente eléctrica (cuando presenta una elevada resistencia) se dice que está conectado en sentido inverso o **polarizado inversamente**. En ese caso, por él circula una pequeñísima corriente de fuga ( $I_R$ ) aunque la tensión inversa aplicada ( $V_R$ ) sea elevada.

### **2.3. Diodos emisores de luz (LED)**

Los diodos emisores de luz son conocidos popularmente como diodos LEDs.

Los diodos LED presentan un funcionamiento idéntico al de los diodos semiconductores, pero al aplicarles una tensión en sentido directo, emiten luz desde su unión PN.

Al tener polarizados directamente los LED, los electrones penetran en el ánodo y los huecos en el cátodo, el igual que ocurre en los diodos semiconductores.



*Figura 7.4. Símbolo del diodo emisor de luz o LED.*

La diferencia radica en que muchos electrones no poseen la suficiente energía para poder abandonar completamente a sus átomos de origen, por lo que son atraídos de nuevo por ellos y regresan a sus órbitas de valencia originales, momento en el cual (el momento de a sus órbitas de valencia originales) cuando desprenden **fonones**, es decir, la **energía luminosa**.

El color de la luz emitido por un LED es diferente según el material utilizado en la fabricación del diodo.

## 2.4. Condensadores

Los condensadores son elementos ampliamente utilizados en todos los circuitos electrónicos.

Entre las muchas aplicaciones para las que se utilizan los condensadores se pueden destacar:

- Uso de condensadores en filtros, cuya finalidad es gestionar el paso de señales hacia un circuito, de forma que solo pasen aquellas de una determinada frecuencia, oponiéndose al resto.
- Uso de condensadores para evitar el paso de corriente continua, por ejemplo, como desacoplador entre circuitos.
- Uso de condensadores en circuitos temporizadores.

Los distintos tipos de condensadores y la clasificación de los mismos, puede hacerse según distintos criterios. En todo caso, el parámetro que define a estos elementos es la capacidad, que puede ser fija o variable, provocando la distinción entre dos grandes grupos de condensadores: los condensadores fijos y los condensadores variables.

Los **condensadores fijos** se clasifican en:

- Condensadores de mica.
- Condensadores de papel.
- Condensadores de poliestireno.
- Condensadores de poliéster.
- Condensadores de poliéster metalizado.
- Condensadores cerámicos.
- Condensadores electrolíticos.

Siguiendo otros criterios podemos destacar otras clasificaciones de los condensadores.

- Atendiendo a la **geometría de las armaduras** de los condensadores podemos encontrar:
  - \* Condensadores cilíndricos.
  - \* Condensadores planos.
  - \* Condensadores de pastilla.
  - \* Condensadores planos.
- Atendiendo a la **existencia de polaridad** de los condensadores podemos encontrar:
  - \* Condensadores con polaridad.
  - \* Condensadores sin polaridad.

- Atendiendo al **dieléctrico** dispuesto entre armaduras (esta es la más extendida clasificación) de los condensadores podemos encontrar:
  - \* **Condensadores cerámicos.** Son condensadores muy pequeños en cuanto a tamaño. Recuerdan a una lenteja por su forma. La tensión máxima de trabajo suele ser de 100V y suele presentar tolerancias del orden del 2%, con capacidades de hasta 600 pF.
  - \* **Condensadores electrolíticos.** Son condensadores con diversidad de tensiones de manejo, dependientes de la capacidad. Presentan tolerancias en torno al 10%, con capacidades de hasta 330 uF. Son muy empleados.
  - \* **Condensadores de poliéster metalizado (MKT).** Son condensadores con una tensión de trabajo variable según la capacidad. Suelen presentar tolerancias del orden del 5%.
  - \* **Condensadores de poliéster.** Son condensadores con tensión estándar de 400 V (poliéster metalizado lacado). Suelen presentar tolerancias del orden del 10%.
  - \* **Condensadores de tántalo.** Son condensadores con la peculiaridad de presentar una gran capacidad y un tamaño muy pequeño, luego resultan compactos. Suelen calentarse y son condensadores con polaridad. Suelen presentar tolerancias del orden del 20%.
  - \* **Condensadores NPO.** Son condensadores profesionales de alta calidad mecánica y eléctrica, los condensadores de este tipo resultan muy estables frente a variaciones de temperatura, frente al tiempo de funcionamiento de frecuencia y mecánicas. Encuentran un hueco y se adecuan excelentemente en aplicaciones como temporizadores, circuitos de filtrado o temporización.
  - \* **Otros condensadores.** Condensadores de papel, de mica, de policarbonato, de aire, etc.

Como cualquier otro componente electrónico, los condensadores poseen una serie de características técnicas mediante las cuales es posible seleccionar aquel condensador que resulte más adecuado para un circuito determinado. Las **principales características** son:

- El **valor capacitivo** del condensador. La capacidad de almacenamiento de electricidad de un condensador se expresa en Faradios en el SI de medidas. El Faradio es, sin embargo, una unidad excesivamente grande, por lo que en la práctica se utilizan submúltiplos de éste, como miliFaradio, microFaradio, nanoFaradio y picoFaradio.
- La **tensión máxima de trabajo** del condensador. También es denominada tensión nominal o tensión de servicio y es el valor máximo de tensión admisible en los terminales del condensador.

Cuando a los terminales del condensador se aplica una tensión alterna, hay que cuidar que su valor de pico no supere el valor nominal indicado.

Un dato más que se indica en los condensadores es la tensión de prueba situada siempre por encima del valor de la tensión de servicio. Si la tensión aplicada sobrepasa a la tensión de prueba puede ocurrir que se perfora el dieléctrico. En la mayoría de los condensadores dicha perforación conduce a un cortocircuito permanente en el interior del condensador que lo inutiliza completamente.

- El **coeficiente de temperatura** del condensador. La temperatura influye sobre el dieléctrico de un condensador y por ello, sobre la capacidad del mismo, se expresa a través del coeficiente de temperatura “TK”. La variación de capacidad ( $\Delta C$ ) provocada por una variación de temperatura (T) se calcula mediante la expresión:

$$\Delta C = TK \cdot C \cdot \Delta T$$

Los materiales dieléctricos pueden poseer un coeficiente de temperatura positivo o negativo. En el primer caso, la capacidad aumenta con la temperatura y en el segundo disminuye al aumentar la temperatura.

Los valores de la capacidad de los condensadores vienen impresos sobre el cuerpo del mismo componente o están indicados a través de puntos o bandas de colores, de forma análoga a como se hace con las resistencias, con la salvedad de que la banda correspondiente al factor multiplicador, en el caso de los condensadores, corresponde a potencias de 10 picroFaradios.

Además de las citadas bandas, muchos condensadores poseen una cuarta y hasta una quinta banda, mediante las cuales se indica la tolerancia y el coeficiente de temperatura TK.

En muchos condensadores, se recurre a la identificación de su capacidad mediante cifras impresas directamente en su superficie. Indicándose el valor de la capacidad de éste.

## 2.5. Transistores bipolares

Transistor es una denominación que responde a un vocablo fruto de dos que la forman, que son transferencia y resistor. Esto es debido a que el funcionamiento de un transistor se basa en una transferencia de energía por medio de unas variaciones de resistencia.

Un transistor puede ser “npn” o “pnp”.

Supóngase una unión PN (un cristal tipo N en contacto con un cristal de tipo P) al que se agrega un nuevo cristal tipo N que haga contacto con el cristal P. Esta unión de tres cristales constituye el transistor, que en este caso es del tipo “pnp”, ya que el cristal P es común a las dos uniones PN.

Bajo el mismo principio constructivo, pero utilizando como cristal común de las dos uniones PN un cristal N, se forma el transistor “npn”.

El cristal común a las dos uniones recibe el nombre de **base**, siendo el cristal P del transistor “npn” la base y el cristal N del transistor “pnp” la base.

Los otros dos cristales extremos son **colector** y **emisor**.

La unión de cada uno de los dos cristales extremos con el central forma un diodo, por lo que la constitución del transistor está formado por dos diodos, al estar formado por dos uniones. Las citadas uniones están sujetas a los mismos principios de funcionamiento que la unión PN de un diodo semiconductor normal, cuya naturaleza es la misma.

**Teoría de semiconductores.** Supóngase un transistor NPN (figura 7.5) al que se le aplica entre emisor (cristal N) y base (cristal P) una tensión cuyo potencial negativo queda aplicado a la base. La zona  $BD_1$  de la unión emisor-base adquiere un valor de resistencia elevada, y la corriente a través del cristal será por tanto muy pequeña.

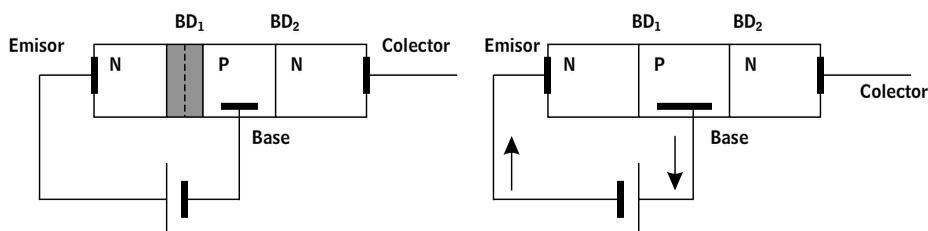


Figura 7.5. Transistor “npn”. Banda depleción Emisor-Base.

Si se polariza directamente, la unión  $BD_1$  adquiere un valor de resistencia muy bajo, por lo que circula una elevada corriente a través del cristal (figura 7.5 derecha).

Los mismos resultados obtendremos en la unión  $BD_2$  cuando se aplica un potencial entre base y colector, tal y como se muestra en la figura 7.6.

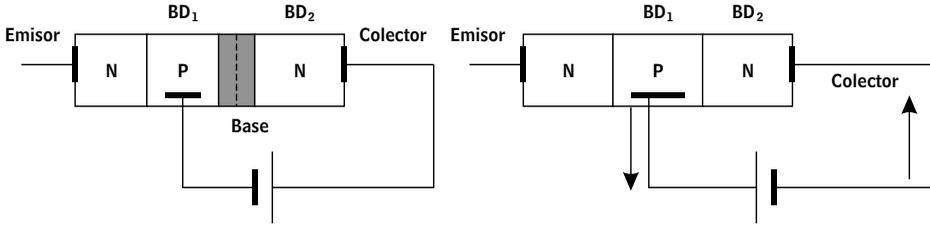


Figura 7.6. Transistor “npn”. Banda depleción Colector-Base.

Supongamos ahora un transistor NPN al que se le aplica una tensión continua entre emisor y colector (figura 7.7).

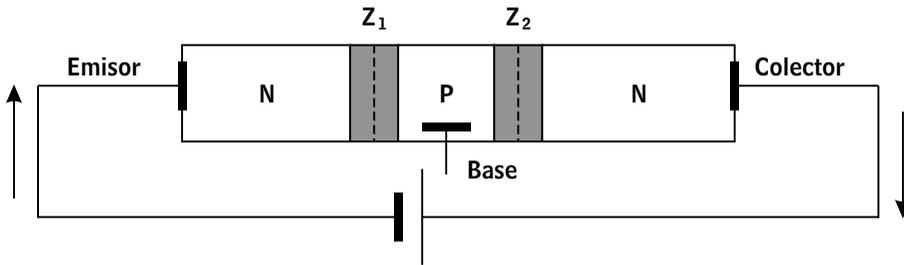


Figura 7.7. Transistor “npn”. Tensión aplicada entre Emisor y Colector.

Los electrones libres del emisor son repelidos por el polo negativo, mientras que los electrones libres del colector son atraídos por el polo positivo. De todo esto se deduce que se produce un desplazamiento de las cargas en el sentido emisor a colector. A pesar de ello los electrones del emisor no poseen la suficiente energía para atravesar las zonas  $BD_1$  y  $BD_2$  de las uniones, las cuales poseen elevada resistencia. La corriente emisor-colector es por tanto muy pequeña.

La primera barrera que se opone al paso de los electrones hacia el polo positivo lo constituye la zona  $BD_1$  ya que, una vez atravesada ésta, los electrones se encuentran bajo la influencia del campo eléctrico del polo positivo. Para eliminar dicha barrera bastará con aplicar un pequeño potencial positivo a la base (de cristal P), con respecto al emisor (de cristal N).

Si al colector se le aplica un potencial positivo mucho más elevado que a la base, los electrones se sentirán más atraídos por el primero, por lo que se obtiene una elevada corriente de colector  $I_c$  y una pequeña corriente de base  $I_B$ . La corriente de emisor  $I_E$  será por tanto igual a la suma de la corriente de colector y la corriente de base.

Si en lugar de una tensión positiva con respecto al emisor se aplica a la base una tensión negativa con respecto al emisor, no circulará corriente alguna por el transistor, ya que la barrera  $BD_1$  se hará mucho más infranqueable.