

CURSO INTERACTIVO

Diploma

de

Operador

radioaficionado

TEMA 2

Componentes electrónicos

Temario ajustado al

HAREC

(Harmonized Amateur Radio Examination Certificate)

Certificado Armonizado del Examen de Radioaficionado

desarrollado por los miembros

del Radioclub La Salle

coordinados por

Luis A. del Molino EA3OG

Publicado en PDF en 11 de Junio de 2011 por el Radioclub La Salle
bajo la supervisión de Luis A. del Molino EA3OG
amparado por una licencia *Creative Commons*



Reservados algunos derechos:

No se permite ni el uso comercial de la obra, ni la generación de obras derivadas, ni la utilización parcial del texto

Agradecimientos:

Numerosas ilustraciones han sido cedidas por la Editorial Marcombo (www.marcombo.com), procedentes de su libro: *Radioafición y CB: Enciclopedia Práctica en 60 lecciones*

También hemos de agradecer la colaboración de Víctor Ballesteros en la realización de algunas de las ilustraciones, tarea en la que ha colaborado también Roger Galobardes.

Con tal de mejorar el texto y el contenido, os agradeceremos mucho que cualquier sugerencia de mejora o los errores que encontréis nos los comunicuéis a la dirección:

<radioclub@salle.url.edu>

TEMA 2: Componentes electrónicos

2.1 Resistencias

En las resistencias, el choque de los electrones con los átomos produce una pérdida de energía que se convierte en calor como ya hemos explicado. Las resistencias son elementos fundamentales de los circuitos, pues con ellas realizamos el reparto de tensiones y corrientes, para conseguir el funcionamiento adecuado de los demás componentes de un circuito, aparte de otras funciones más secundarias.

Recordemos aquí de paso que el calor desprendido en una resistencia puede ser excesivo y llegar a quemarse si no ha sido diseñada o escogida con la potencia de disipación adecuada.

Así pues, la misión principal de las resistencias es doble: ajustar la tensión adecuada a un elemento activo produciendo caídas de tensión y, además, limitar la corriente que circula por él. El valor de las resistencias se mide en ohmios (Ω), Kiloohmios ($k\Omega$) y Megaohmios ($M\Omega$).

2.1.1 Código de colores de las resistencias

El valor en ohmios de las resistencias se indica mediante bandas por medio de un código de colores que tienen el siguiente significado: Las dos primeras bandas de la izquierda son la primera y segunda cifra inicial. La tercera banda es el multiplicador de ceros. La cuarta banda indica el valor de la tolerancia del valor de la resistencia.

Color	1era y 2da banda	3ra banda	4ta banda	
	1era y 2da cifra significativa	Factor multiplicador	Tolerancia	%
plata		0.01		+/- 10
oro		0.1		+/- 5
negro	0	x 1	Sin color	+/- 20
marrón	1	x 10	Plateado	+/- 1
rojo	2	x 100	Dorado	+/- 2
naranja	3	x 1,000		+/- 3
amarillo	4	x 10,000		+/- 4
verde	5	x 100,000		
azul	6	x 1,000,000		
violeta	7			
gris	8	x 0.1		
blanco	9	x 0.01		

Código de colores de resistencias

2.1.1 b Práctica del cálculo del valor de una resistencia

De acuerdo con la tabla anterior, cuyos colores y valores correspondientes deberías aprenderte de memoria, debes ahora calcular, sin volverla a mirar, el valor de las resistencias que te preguntaremos.

Para recordarlos más fácilmente, fijate en que empiezan por el marrón, siguen por un arco iris de 6 colores y finalizan con el gris y blanco, mientras que el negro es un valor nulo.

Calculemos el valor de la resistencia de la ilustración:



ROJO - NARANJA - AMARILLO - PLATA

Primer color: Rojo = 2 Primera cifra significativa

Segundo color: Naranja = 3 Segunda cifra significativa

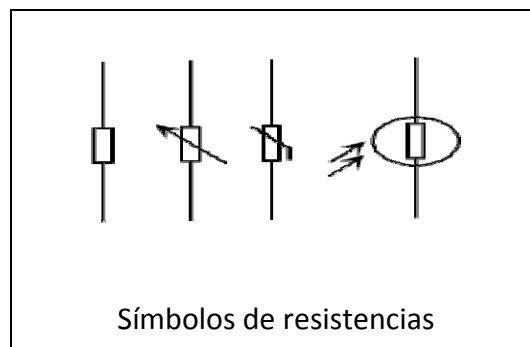
Tercer color: Amarillo = 4 Multiplicador de ceros

O sea **230.000 Ω** (dos cientos treinta mil ohmios) o también escrito **230k Ω** .

El cuarto color indica la tolerancia y, en este caso, indica una precisión del $\pm 10\%$ y el **color plata** significa que el valor real del resistor puede variar un 10% en más o en menos del nominal. Dicho de otra manera, el fabricante nos garantiza que dicha resistencia está entre 207.000 y 232.300 Ω .

2.1.2 Tipos de resistencias

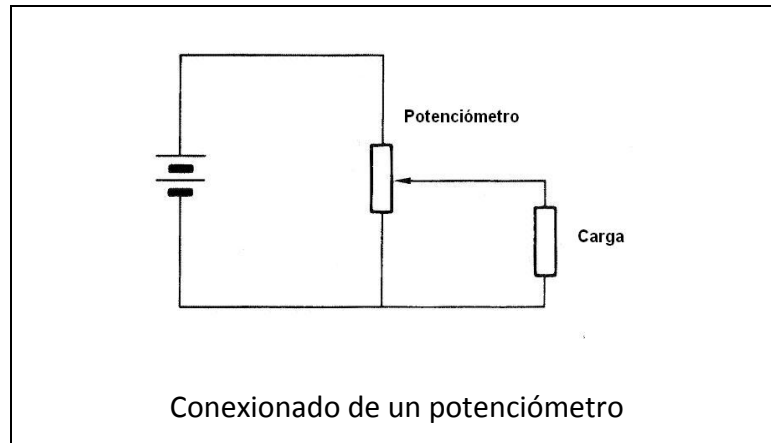
Existen resistencias de muchos tipos: pueden ser de valores fijos y variables: aglomeradas (ya en desuso), de película de carbón, de película metálica y bobinadas. Cada una tiene unas características que las hace interesantes para unas u otras aplicaciones.



Las resistencias variables se dividen en reóstatos y potenciómetros.

Los reóstatos tienen dos terminales y los potenciómetros tres.

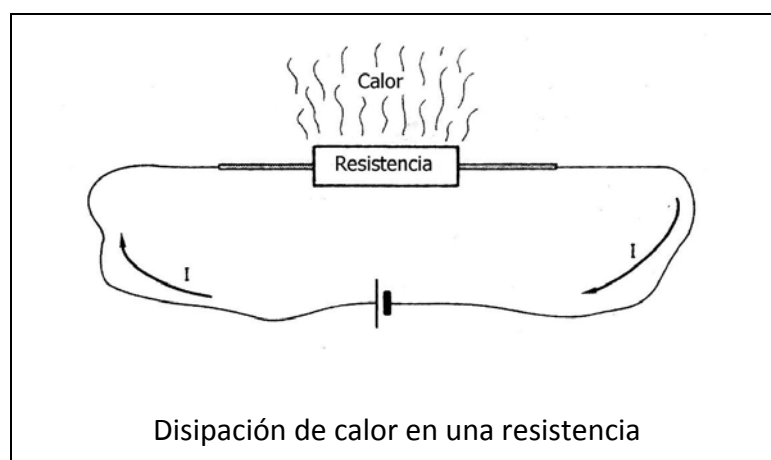
Todos ellos pueden ser de cursor deslizante o rotatorio.
Por la distribución de su resistencia, pueden ser logarítmicos o lineales.
Los logarítmicos se aplican principalmente a potenciómetros de volumen. Los lineales para ajustar tensiones o polarizaciones.



En la práctica todas las resistencias variables son potenciómetros, pues casi siempre disponen de las conexiones de los dos extremos y del cursor, cuyo contacto se desplaza por ella. Si se ha de utilizar como un potenciómetro, sencillamente no se utiliza el tercer contacto.

2.1.3 Disipación de potencia en las resistencias

Si la potencia disipada por una resistencia es superior a la potencia disipada de diseño, su temperatura puede aumentar indefinidamente y quemarse y quedar cortada, por lo que esta característica debe escogerse previamente en la etapa del diseño para toda resistencia que se instale en un circuito electrónico.



Existen valores normalizados para la potencia de disipación de resistencias fijas con potencias nominales de $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, 1 y 2 W y otras especiales de 5, 10 y 20 W para resistencias bobinadas

2.1.4 Coeficientes negativos y positivos de temperatura (NTC y PTC)

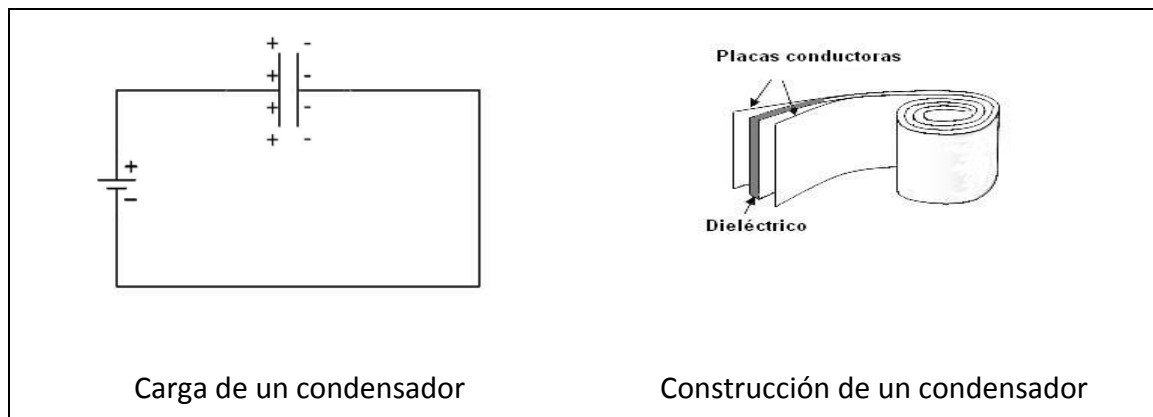
Al aumentar temperatura, aumenta también la agitación de los átomos y lo normal es que aumente proporcionalmente su resistencia al paso de la corriente, pues los electrones chocan con átomos que tienen más energía de agitación.

Sin embargo, una resistencia NTC o termistor NTC es una resistencia que ha sido diseñada para que su valor disminuya al aumentar la temperatura, al contrario de lo más habitual de las resistencias que, en general, acostumbran a ser todas PTC o sea con un coeficiente positivo de temperatura.

Los termistores NTC acostumbran a utilizarse en sensores y estabilizadores de temperatura.

2.2 Condensadores

Un condensador está formado por dos láminas conductoras (a las que llamamos armaduras), bien separadas entre sí por un dieléctrico (un material aislante, o sea no conductor). Por supuesto que el vacío es un buen dieléctrico, pero incluso lo es también el aire, pues tiene suficiente rigidez dieléctrica y no conduce si no está ionizado, lo cual normalmente sólo se produce en la ionosfera.



Los condensadores almacenan cargas de signo positivo o negativo en sus placas a medida que aplicamos una tensión a las dos láminas. La conectada al lado negativo se llena de electrones y la conectada al lado positivo se vacía de electrones. Atención a que la misma cantidad de electrones que salen de una placa, entran en la otra placa.

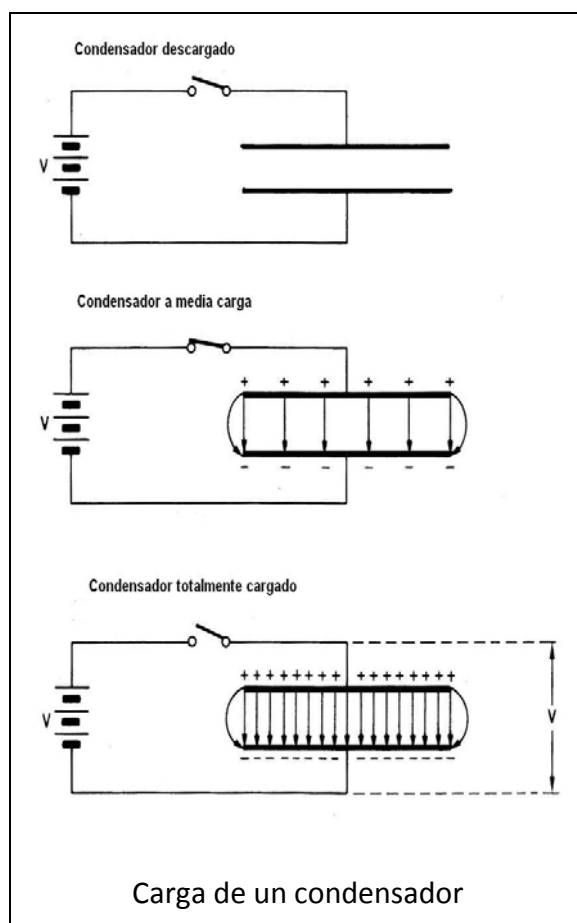
Para saber más sobre condensadores, su construcción y sus tipos, puedes ver el vídeo siguiente:

<https://www.youtube.com/watch?v=vHVv3rs2FYA>

2.2.1 Capacidad y el Faradio

La cantidad de electrones, mejor dicho culombios (nuestra unidad de cantidad de electricidad), que se pueden almacenar en un condensador es directamente proporcional a lo que llamamos capacidad que se mide en faradios y a la tensión aplicada en voltios, es decir, a la presión con la que los apretamos, siempre que no se supere la tensión de ruptura o de perforación del dieléctrico. Así pues:

$$Q \text{ (culombios)} = C \text{ (faradios)} \times V \text{ (voltios)}$$



En la práctica, esta unidad, el Faradio, es demasiado grande y las capacidades de los condensadores más usuales se miden en microfaradios (μF o millonésima de faradio o 10^{-6} F), nanofaradios (nF o mil millonésima de faradio o 10^{-9} F) y picofaradios (pF o billonésima de faradio o 10^{-12} F).

Si quieres saber más sobre condensadores, puedes mirar el vídeo:

<http://www.youtube.com/watch?v=JyBaQypRvII>

2.2.2 Relación entre capacidad, dimensiones y dieléctrico

La capacidad de un condensador depende de tres factores:

$$C = \xi \times S / d$$

ξ : el coeficiente dieléctrico del material que los separa

S: la superficie de las láminas conductoras enfrentadas

d: la distancia que las separa

En general, contra más grande es un condensador, mayor capacidad de almacenamiento tiene, pues ésta es directamente proporcional a la superficie enfrentada de las dos placas, pero hay dieléctricos, como el tantalio, que aumentan de tal modo la capacidad, gracias a un elevadísimo coeficiente dieléctrico, que se consiguen condensadores muy pequeños con gran capacidad.

2.2.3 Reactancia capacitiva

La sorprendente propiedad de los condensadores es que la corriente y tensión alterna se comporta como si la corriente alterna los atravesara, aunque no pase ni un electrón de una placa a otra. ¿Cómo es eso posible?

Aunque realmente los electrones no circulan ni traspasan el dieléctrico, pero como entran y salen de las armaduras del condensador, se comportan a todos los efectos como si lo atravesaran, pues vemos una corriente alterna de electrones que lo carga y descarga, que entran y salen de sus armaduras, y eso produce efectos idénticos a los de una corriente alterna que circulara por el condensador. No hay diferencia.

De todas maneras, tenemos que advertir que el paso de la corriente alterna por un condensador no es un paso franco, sino que experimenta una cierta dificultad u oposición, llamada reactancia capacitiva, dificultad que disminuye al aumentar la capacidad del condensador y aumentar la frecuencia de la corriente alterna.

La dificultad al paso de la corriente alterna se llama reactancia capacitiva y se representa por el símbolo **Xc** y se mide también en **ohmios**, pero no se transforma en pérdida de energía en forma de calor, porque con la reactancia los electrones no pierden energía como en una resistencia.

Por tanto es evidente que esta oposición del condensador no es exactamente del mismo género que la que opone una resistencia, la cual simplemente frena los electrones, sino que aquí el condensador limita la cantidad de electrones que pueden entrar y salir (capacidad) y la frecuencia de la corriente alterna las veces que entran y salen del condensador.

2.2.3. b Cálculo de la reactancia capacitiva

De todos modos, no es que la corriente alterna pase por un condensador como si no hubiera la más mínima dificultad, sino que experimenta una especie de oposición a su paso a la que llamamos reactancia capacitiva. Esta reactancia depende de la frecuencia de la corriente alterna y de la capacidad del condensador.

Contra mayor sea la frecuencia, más veces veremos entrar y salir los mismos electrones, por lo que es como si la corriente fuera mayor y menor la reactancia capacitiva.

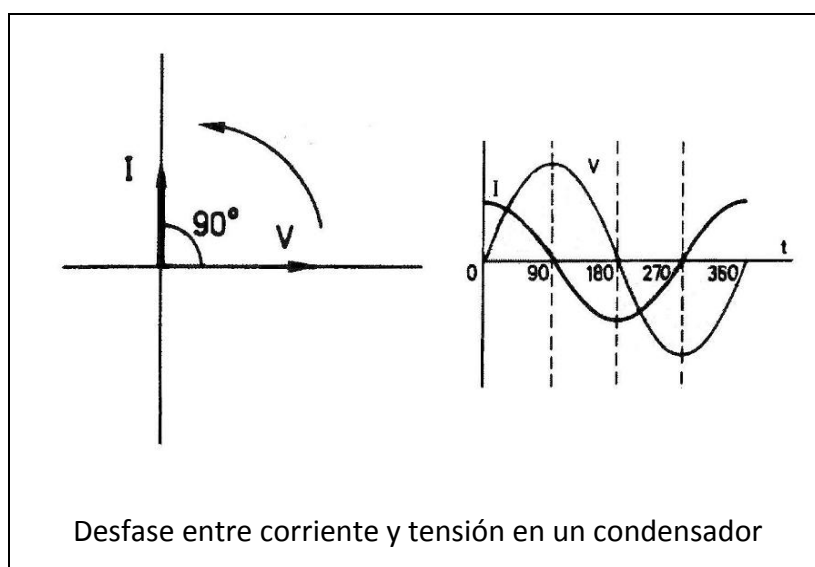
Y a la inversa: Contra menor sea la frecuencia, mayor será la reactancia, hasta el punto de que si la frecuencia de la alterna disminuyera hasta llegar a cero, esto sería una tensión continua y la reactancia del condensador sería infinita, pues no pasaría ya más corriente una vez se hubiera cargado el condensador. Así pues, la reactancia capacitiva es inversamente proporcional a la frecuencia y a la capacidad del condensador..

$$X_c = 1 / 2\pi fC$$

2.2.4 Diferencia de fase entre tensión y corriente

La corriente alterna pasa con cierta dificultad por el condensador, se comporta como si pasara por el condensador, pero además tiene otra característica especial. La corriente alterna que circula por el condensador no está en fase con la tensión. La curva de la corriente adelanta 90 grados a la de la tensión.

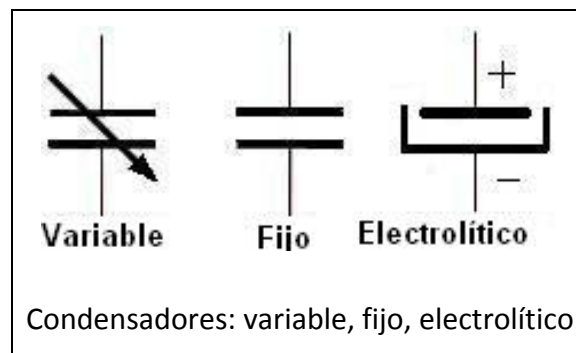
Si dibujamos sus valores en función del tiempo, la curva que traza la tensión y la de la corriente aparecen desplazadas en el tiempo, de forma que la corriente parece adelantar un cuarto de ciclo o 90 grados a la curva sinusoidal de la tensión aplicada.



2.2.5 Tipos de condensadores fijos y variables:

Por su construcción mecánica, los condensadores se dividen en fijos y variables. Los condensadores variables son aquellos que mediante un mecanismo, típicamente un eje, pueden ser manipulados para variar la superficie enfrentada de sus placas y así variar su capacidad. Normalmente disponen de unas placas fijas y de otras móviles intercaladas y unidas a un eje de rotación que permite sacarlas de entre las fijas. Si el condensador variable se ajusta por medio de un tornillito, se trata de un condensador ajustable que recibe el nombre de trimmer.

Los condensadores fijos son en su mayoría de dieléctrico cerámico, que se utilizan tanto para acoplar etapas amplificadoras, como para desacoplar y eliminar tensiones alternas en ciertas zonas de los circuitos, pero también disponemos de condensadores con dieléctrico de mica, de poliéster y otros plásticos.



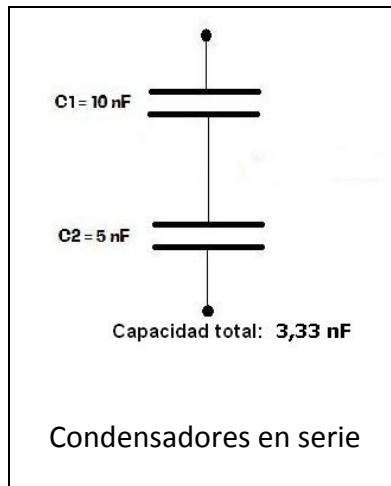
Hay condensadores con dieléctrico pastoso que llamamos electrolíticos. Se utilizan para obtener grandes capacidades que nos permiten para filtrar bien las corrientes alternas rectificadas. Tienen el inconveniente de que su polaridad no puede ser cualquiera, sino que deben conectarse con una polaridad determinada

2.2.6 Asociación de condensadores

2.2.6.1 En serie

La capacidad de dos condensadores en serie es igual al producto de sus capacidades dividida por la suma. La capacidad resultante siempre es menor que la capacidad de cualquiera de los dos conectados en serie.

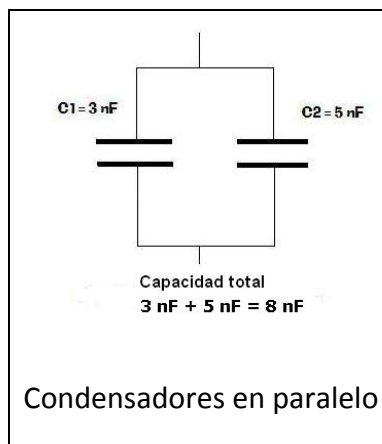
$$C_T = C_1 \times C_2 / (C_1 + C_2)$$



2.2.6.2 En paralelo

La capacidad de dos condensadores en paralelo es la suma de las capacidades de los dos condensadores y, por tanto, siempre aumenta. Es lógico, porque ahora tenemos dos almacenes para meter y sacar electrones. La capacidad de los almacenes ha aumentado.

$$C_T = C_1 + C_2$$



2.2.7 Coeficiente de temperatura

En general, los condensadores aumentan su capacidad con la temperatura porque al dilatarse la superficie de sus armaduras aumenta la capacidad. Pero los de dieléctrico cerámico pueden aumentar o disminuir su capacidad, porque esta depende más del dieléctrico que de sus armaduras.

También existen condensadores en los que se intenta compensar su variación térmica combinando materiales cerámicos de tendencias opuestas y que reciben el nombre de

NPO, que significa con coeficiente nulo de variación alrededor de la temperatura ambiente.

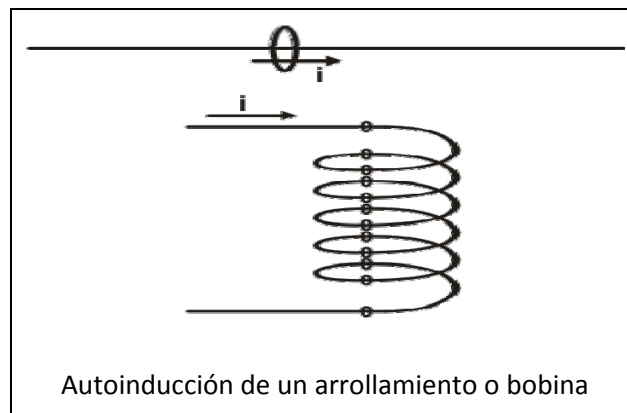
2.2.8 Corriente de fuga en un condensador

No hay nada perfecto en esta vida y hasta los mejores aislantes y dieléctricos dejan pasar una pequeñísima corriente de fuga a su través. De todos modos, los condensadores cerámicos tienen una corriente de fuga casi despreciable, pues es del orden de los picoamperios (billonésima de amperio), pero los electrolíticos tienen corrientes de fuga muy superiores, que incluso alcanza unos cientos de microamperios.

2.3 Bobinas

Una bobina es un componente pasivo que está formado por un hilo conductor enrollado en espiras devanadas en el aire o sobre un cilindro. El efecto de dar varias vueltas a un hilo conductor sobre un cilindro provoca que se sumen los campos magnéticos generados por cada una de las espiras, cuando por este hilo circula una corriente.

La bobina almacena energía eléctrica en forma de campo magnético, de un modo análogo a la acumulación de cargas eléctricas del condensador (en forma de campo eléctrico). Ya podemos imaginar que esto tendrá consecuencias cuando le apliquemos corrientes y tensiones alternas.

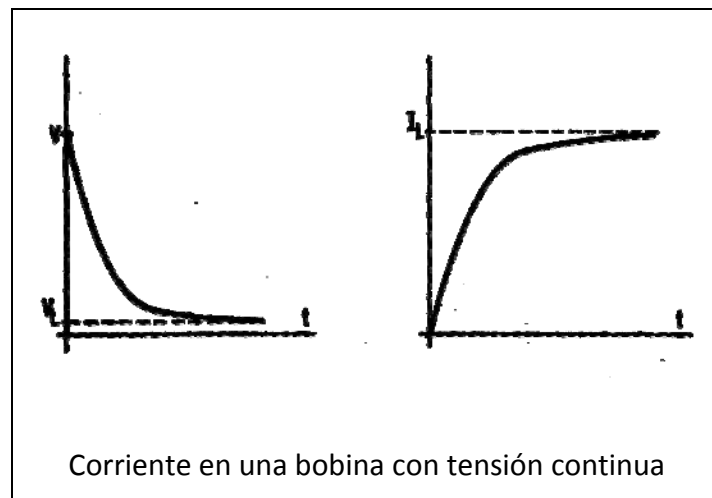


2.3.1 Inductancia. El henrio

Inductancia o autoinducción es el efecto que se produce en una bobina por el que el campo magnético creado por la corriente que pasa por un hilo enrollado en forma de espira de la bobina se suma al creado por todas las demás espiras, incrementando el campo magnético común, en el que se acumula energía por el paso de la corriente.

El campo magnético creado por todas las espiras se comporta como un acumulador de energía similar a la acumulación de cargas en un condensador y, del mismo modo, el campo magnético devuelve esta energía cuando se retira la corriente inductora. Al conectar la bobina a una tensión continua, la corriente I_L sube lentamente porque

aparece una tensión inducida contraria en las espiras que se opone a la tensión de la fuente. Esto representa una oposición al aumento de la corriente.



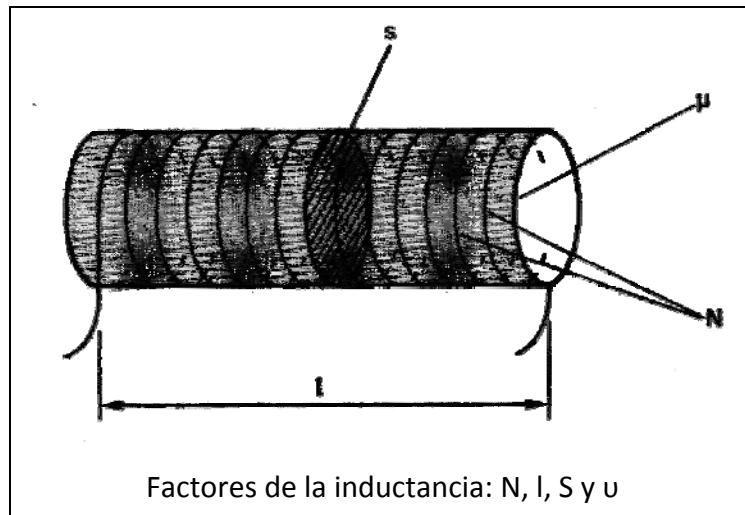
Se define como **inductancia** de una bobina a la proporción entre la fuerza contra electromotriz E_{fem} generada por la autoinducción al oponerse a la variación de corriente ΔI en la bobina en un tiempo Δt .

$$L \text{ (henrios)} = E_{fem} / (\Delta I / \Delta t)$$

Pero lo único que nos interesa aquí es la unidad de inductancia que se mide en henrios (Hy), aunque en la práctica el Henrio es una unidad muy grande y se utiliza más el milihenrio (0,001 Hy) y el microhenrio (10^{-6} Hy).

2.3.2 Efecto del número de espiras, diámetro, longitud y material del núcleo

En la autoinducción o inductancia de una bobina primer lugar influye el número de espiras, pues cuanto más espiras mayor será la inductancia. También influye positivamente el diámetro, pues cuanto mayor sea el diámetro también lo será la inductancia. En cambio, contra mayor sea longitud del arrollamiento peor, pues más disminuye la inductancia. Así que cuanto más corta sea la distancia entre espiras, mayor será la inductancia. Por último, también afecta si está enrollada sobre un núcleo ferromagnético con una permeabilidad magnética muy superior a la del aire y que refuerce el campo magnético.



$$L (\text{uH}) = 0.394 \times d^2 \times n^2 / (18 \times d + 40 \times l)$$

d = diámetro de la bobina en cm.

n = número de espiras.

l = longitud de la bobina en cm.

2.3.3 Reactancia inductiva e impedancia

Para una corriente continua, la bobina no presenta más resistencia que la del hilo que la constituye, pues se comporta como lo que es, simplemente un trozo de hilo conductor, o sea, presenta la pequeña resistencia óhmica que pueda oponer como todo buen conductor.

Pero en cuanto se intenta hacer pasar una corriente alterna, aparece una oposición adicional al paso de esta corriente alterna, y esta oposición aumenta con la inductancia y con la frecuencia de la corriente alterna y se llama reactancia inductiva.

La energía acumulada en el campo magnético se opone a las variaciones de la corriente alterna. Si intenta disminuir, pretende que no disminuya entregando energía y, si intenta aumentar, se opone a que aumente.

La fórmula que relaciona la frecuencia de la corriente alterna y la reactancia inductiva que provoca una bobina de valor L es la siguiente:

$$X_L = 2 \times \pi \times f \times L$$

Si la frecuencia es igual a 0, esto significa que la corriente es continua y, como se puede apreciar en la fórmula, la reactancia será nula, pues $X_L = 2 \times \pi \times 0 \times L = 0$, tal y como habíamos comentado. Se observa claramente que la reactancia aumentará conforme se aumente la frecuencia de un modo totalmente proporcional.

En una bobina también existe la resistencia del hilo del enrollamiento, de modo que ahora introducimos el concepto de impedancia Z de una bobina que se compone de la suma de una resistencia r del hilo y de la reactancia inductiva de la bobina.

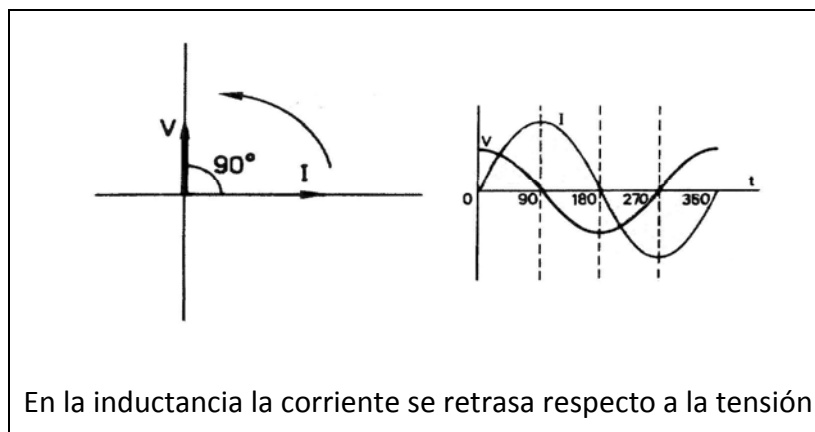
$$Z_L = r + j X_L = r + j 2 \pi f L$$

Aquí vemos aparecer en esta suma una letra **j** que es un operador que nos indica que esta suma no es una suma normal, sino que es una suma vectorial. No se pueden sumar directamente los ohmios de la resistencia r y los ohmios de la reactancia X_L , sino que hay que sumarlos vectorialmente, como los catetos de un triángulo rectángulo, o matemáticamente como números complejos. Pero no necesitamos saber tanto para manejarla.

2.3.4 Diferencia de fase entre corriente y tensión

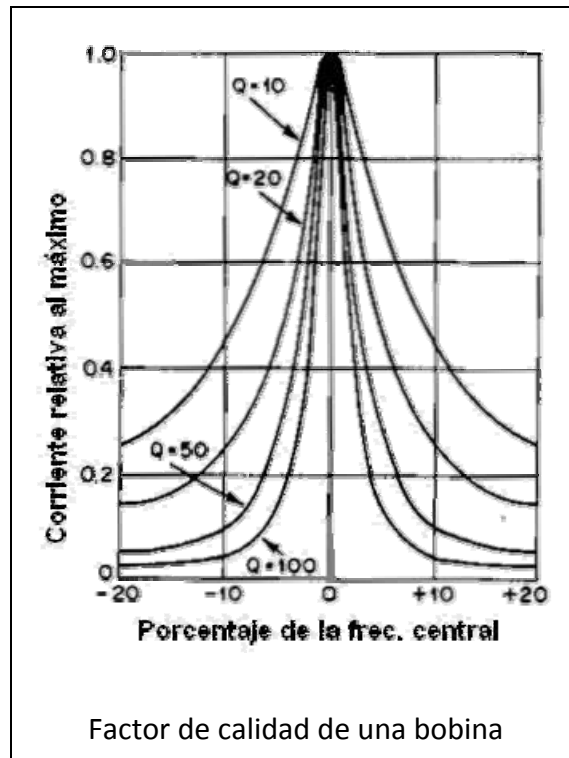
Como las variaciones del campo magnético son producidas por las variaciones de la corriente variable, estas variaciones son las que generan una tensión contraria que se opone a los cambios de la corriente y consigue que estos cambios se produzcan más tarde que los de la tensión.

De modo que descubrimos que la pulsación o fase de la corriente que pasa por una autoinducción está retrasada en relación a la forma de la tensión alterna en 90° .



2.3.5 Factor Q de calidad

La calidad de una bobina depende del valor de la resistencia del hilo conductor que la forma. Si la resistencia es pequeña, se perderá poca energía en esta resistencia interna en forma de calor. Pero si esta resistencia es más elevada, se perderá mucha energía y el efecto de la autoinducción se verá afectado.



Se calcula la calidad Q de una bobina como la relación entre la reactancia inductiva X_L y la resistencia óhmica r del hilo:

$$Q = X_L / r$$

Debemos disminuir la resistencia óhmica del hilo del arrollamiento al mínimo posible, buscando el material conductor con menor resistividad y la máxima sección posible.

2.3.6 Efecto pelicular y pérdidas en el material conductor

El efecto pelicular se debe a que la sección útil conductora del hilo disminuye a medida que aumenta la frecuencia de la corriente alterna que aplicamos. Esto se debe a autoinducción del propio hilo sobre sí mismo.

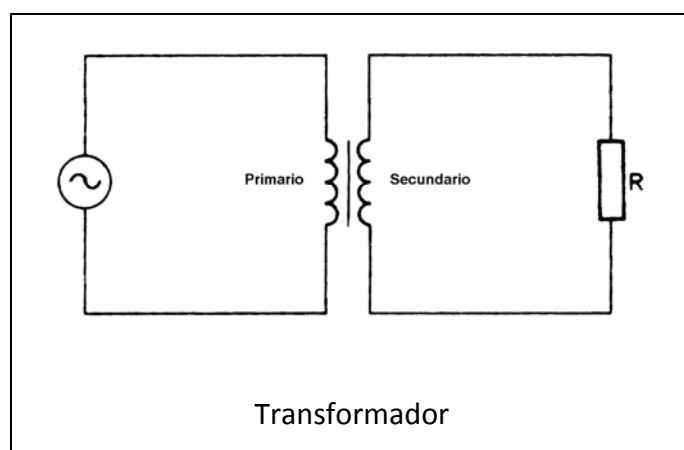
En el centro de un hilo conductor, la inductancia es superior a la de la periferia y la corriente alterna tiende a dejar de circular por el centro y a pasar solamente por su periferia. Esto disminuye la sección útil del conductor que, por tanto, aumenta su resistencia óhmica de pérdidas.

En consecuencia, al aumentar esta resistencia, disminuye el factor de calidad Q y esto se agrava conforme aumenta la frecuencia.

2.4 Transformadores

Un transformador consiste en dos enrollamientos independientes que comparten el mismo flujo magnético.

A través del campo magnético común a las dos bobinas, la potencia de una corriente alterna aplicada a uno de los bobinados, llamado primario, se transmite por inducción magnética al otro arrollamiento, llamado secundario, transformando la tensión y la corriente de un modo que depende de la proporción entre sus espiras respectivas.



Si quieres saber más sobre transformadores, mírate el vídeo:

https://www.youtube.com/watch?v=db8vun1_AA4

2.4.1 Transformador ideal

Un transformador ideal sería aquel en que toda la potencia aplicada al primario podría ser extraída del secundario sin ningún tipo de pérdidas, es decir:

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

En la práctica, los transformadores son casi perfectos, pues en realidad siempre hay una pequeña pérdida y no existen los transformadores perfectos, pero casi lo son pues el rendimiento supera normalmente el 90%. Es decir, que de la potencia aplicada al primario, se obtiene más del 90% de esa potencia en el secundario

2.4.2 Relación de transformación

La relación de transformación viene dada por cociente entre el número de espiras que tiene el primario N_2 y el secundario N_1 .

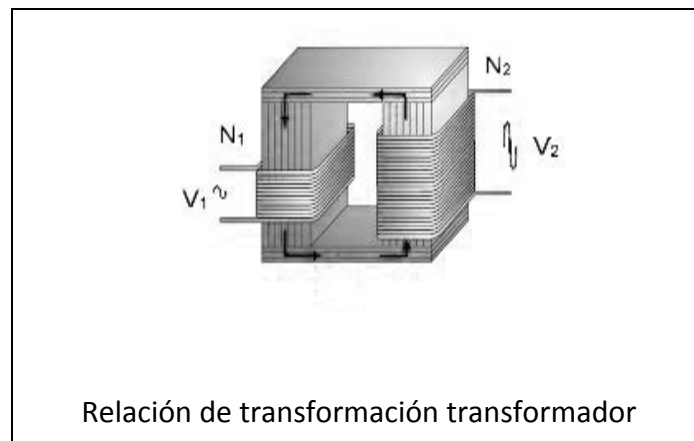
$$\text{Relación de transformación } r = N_2 / N_1$$

Esta relación es la misma que hay entre las tensiones del primario y del secundario.

$$r = V_2 / V_1 = I_1 / I_2 = N_2 / N_1$$

En cambio, hay que fijarse en que la relación que hay entre las corrientes del primario y del secundario es la inversa.

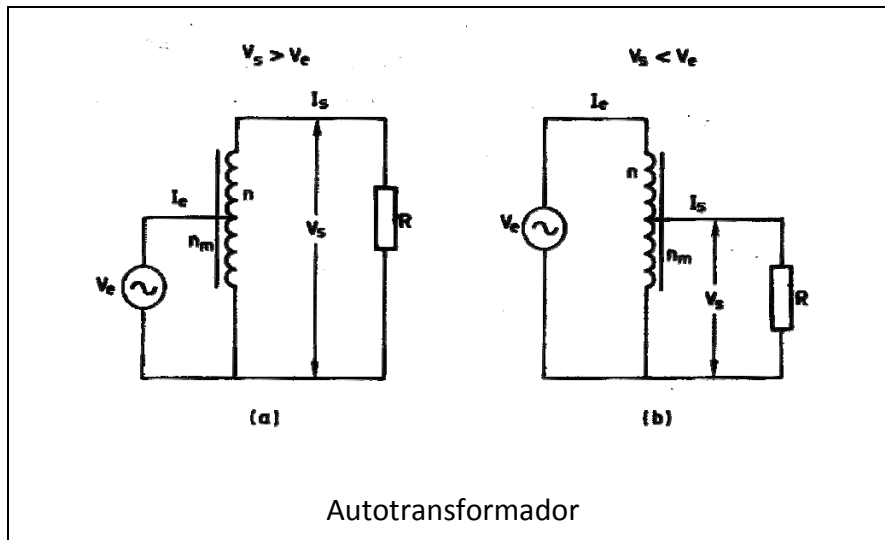
Aumentando el número de espiras del secundario en relación a las del primario, podemos aumentar la tensión alterna en el secundario y, viceversa, si ponemos menos espiras en el secundario que en el primario, podemos obtener una tensión alterna menor. Veamos como la transformación para las intensidades es justo la inversa.



En efecto, como la potencia nunca puede ser superior en el secundario, si aumenta la tensión, la corriente disponible en el secundario será menor para que se conserve en lo posible el producto $I \times V = W$, aunque siempre habrá alguna pequeña pérdida de potencia.

2.4.3.b Autotransformador

En la práctica, se utiliza mucho también el autotransformador, que consiste en que la relación de transformación y de tensiones se obtiene de un solo devanado y un tramo común y del que sale una toma intermedia para la tensión menor.



2.4.3 Relación entre número de espiras e impedancia

La relación que llamamos impedancia es el cociente entre la tensión y la corriente que circula por el primario $Z_p = V_p/I_p$. Esta impedancia puede ser distinta a la relación entre la tensión y la corriente del secundario $Z_s = V_s/I_s$.

Si recordamos que uno de los principios para la máxima transferencia de potencia es que la resistencia interna de la fuente que proporciona la energía sea igual a la resistencia interna del que la recibe, también debemos aplicarla a los transformadores.

Podemos conseguir que el primario se adapte bien a la impedancia de la etapa anterior y el secundario se adapte bien a la impedancia de la etapa siguiente, para conseguir la transferencia máxima de potencia descrita anteriormente. Es decir, el transformador es un elemento ideal para adaptar las impedancias entre etapas sucesivas de distinta impedancia.

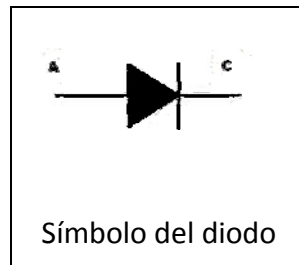
2.4.4 Pérdidas en transformadores reales

En un transformador real se producen dos tipos de pérdidas. La primera es debida a la resistencia del hilo de los arrollamientos, tanto del primario como del secundario. La segunda es debida al fenómeno de histéresis que se produce porque se pierde algo de energía en la magnetización y desmagnetización del núcleo ferromagnético.

Si el transformador no tuviera núcleo, estas últimas pérdidas no existirían. En general las pérdidas de un transformador son inferiores al 10% y en transformadores grandes pueden llegar a ser tan pequeñas como un 1-2%. Por eso podemos decir que el rendimiento de un transformador en general supera el 90%.

2.5 Diodos semiconductores

Un diodo es un componente que sólo deja pasar la corriente en un solo sentido, del ánodo al cátodo o sea del positivo al negativo (bien entendido de que los electrones van al revés). En el otro sentido, no deja pasar la corriente.

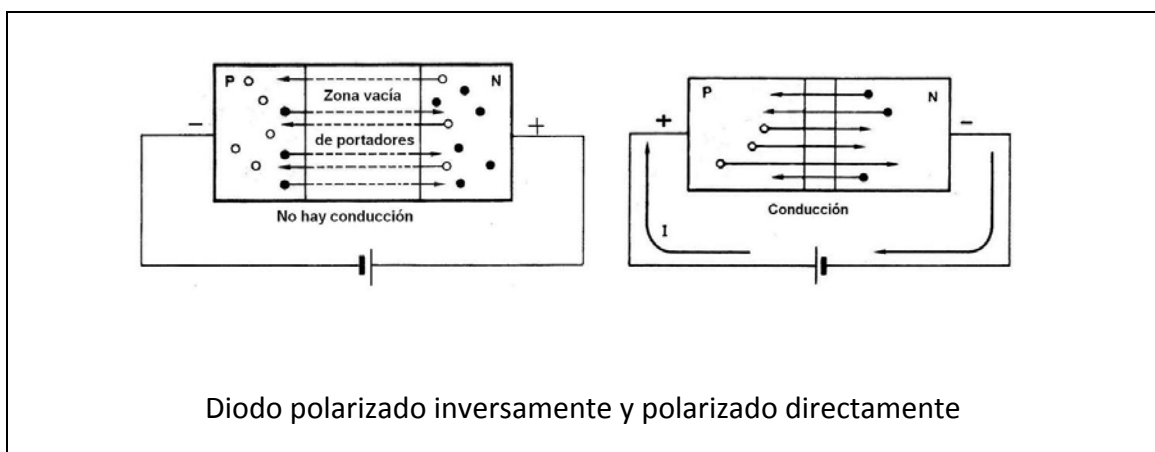


El diodo de unión se obtiene juntando un cristal de silicio dopado con un material donante de electrones (al que le sobra un electrón), con lo que de aislante pasa a ser semiconductor y a llamarse de tipo N, junto con otro cristal de silicio de tipo P, al que se le ha dopado con un material al que le faltan electrones, por lo que quedan huecos libres que podrían ocupar los electrones.

Si quieres saber más detalles sobre cómo son los cristales semiconductores de silicio tipo N y tipo P, debes mirarte el vídeo:

<https://www.youtube.com/watch?v=rm8V7aBWvXM>

Si conectamos una tensión positiva al ánodo A o semiconductor P y conectamos el cátodo N al negativo o masa, o a una tensión inferior a la del ánodo P, entonces el diodo estará polarizado directamente y conduce la corriente, porque empujamos a los electrones de N a cruzar la barrera y a recombinarse con los huecos que hay en el P.



Si, por el contrario, aplicamos una tensión positiva al cátodo K de tipo N, quedará polarizado inversamente y no hay conducción porque la zona de la unión se queda sin portadores de carga.

Gracias a esta propiedad, el diodo semiconductor podemos utilizarlo para dejar pasar solamente la corriente alterna en un solo sentido, para que se comporte como si fuera una corriente continua que siempre circula de positivo a negativo (recuerda que los electrones van en sentido contrario).

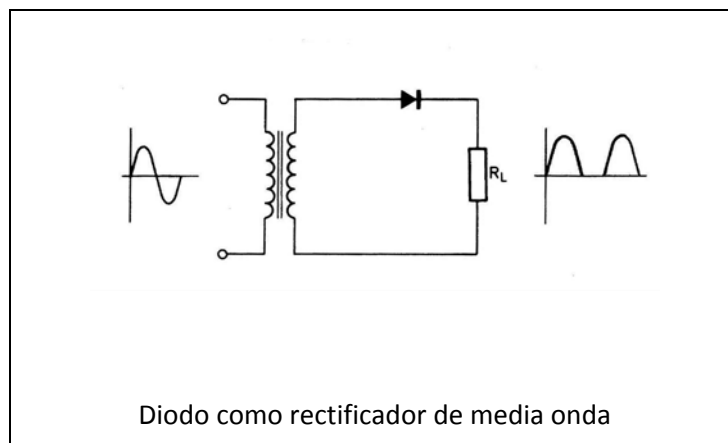
Si quieres aprender algo más sobre los diodos, puedes mirarte también el vídeo:

<https://www.youtube.com/watch?v=Q6LFX6OImM>

2.5.1 Diodo rectificador

El diodo nos sirve para rectificar cualquier tipo de corriente alterna y convertirla en corriente continua pulsante, puesto que sólo deja pasar una de las dos semiondas de la corriente alterna. También se utiliza para rectificar las ondas de alta frecuencia o RF y entonces se convierte en un detector de la amplitud de la RF.

En los diodos de silicio, cuando están en conducción directa (P con + y N con -) aparece una tensión entre las dos patillas del diodo de 0,7 V, mientras que en los diodos de germanio, la tensión que aparece es de 0,2 V. Esta tensión es un potencial de barrera que se debe superar con una tensión mayor para que el diodo conduzca.



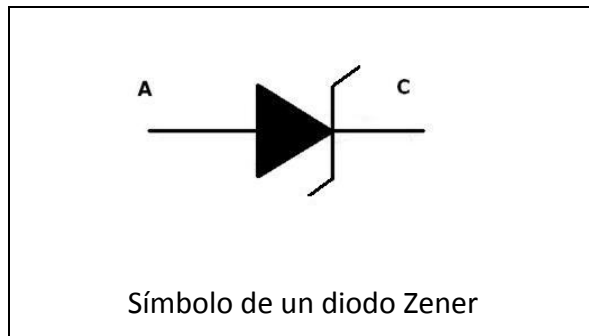
Diodo como rectificador de media onda

Si quieres aprender más cómo se utilizan los diodos, puedes ver el vídeo:

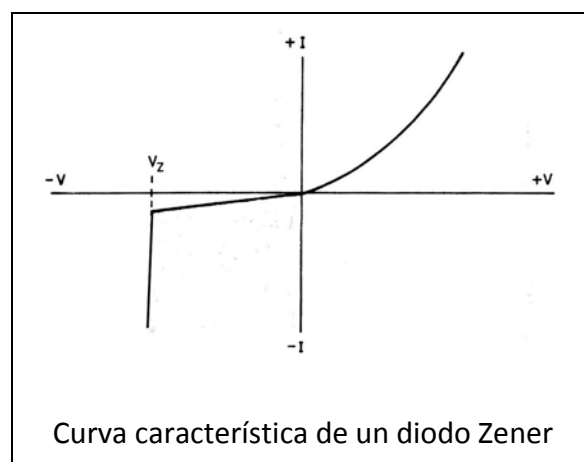
<https://www.youtube.com/watch?v=zUHPppFyCxM>

2.5.2 Diodo Zener

Los diodos normales tienen una tensión inversa máxima de ruptura cuando no conducen, la cual, si la sobrepasamos, podemos ocasionar la ruptura de los enlaces estables y conseguir que conduzca en sentido inverso, lo que normalmente ocasiona su destrucción.



Sin embargo, los diodos Zener son unos diodos especiales en los que, al sobrepasar su tensión inversa de ruptura, no se destruyen, sino que proporcionan una tensión fija que nos puede servir de referencia y de estabilizador de tensión.

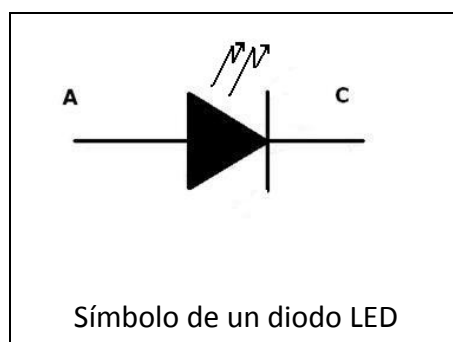


Si quieres saber más sobre el diodo Zener, puedes mirarte el vídeo;

<https://www.youtube.com/watch?v=kB63Dv4haco>

2.5.3 Diodo LED

Las siglas LED significan "*Light Emitting Diode*" o sea "diodo emisor de luz", porque cuando se hace pasar por él una corriente con polarización directa o sea en la dirección de conducción, produce una luz monocromática.

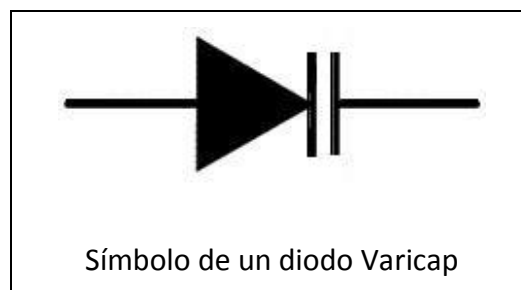


Si quieres saber más sobre los diodos LED, puedes ver el vídeo:

https://www.youtube.com/watch?v=oRDq_ZBPzUM

2.5.4 Diodo Varicap

La palabra Varicap es una contracción de las palabras inglesas “*Variable Capacitor*”, porque este un diodo nos proporciona capacidad variable cuando está polarizado inversamente de forma que su capacidad varía con la tensión aplicada. A mayor tensión, mayor es la distancia vacía de conductores que se convierte en un dieléctrico y disminuye su capacidad.

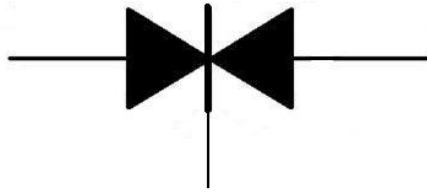


2.5.5 Tensión inversa y pérdidas de corriente

Un diodo polarizado inversamente se supone que no conduce, pero en la realidad no hay nada perfecto y siempre hay una pequeña corriente de fuga que circula y que aumenta mucho cuando el diodo se nos calienta excesivamente. Normalmente es del orden de los microamperios y no afecta al circuito.. Si la temperatura aumenta de un modo excesivo, la corriente de fuga puede incrementarse a niveles peligrosos y destruir el diodo.

2.6 Transistores

Es un diodo de unión PN al que se le ha añadido un tercer semiconductor que realiza una segunda unión, formando un bocadillo de dos diodos semiconductores opuestos que puede ser PNP o NPN. Puede concebirse también como la unión de dos diodos de unión iguales y opuestos en serie, en el que la parte central es común y se ha reducido a una loncha tan fina como una de jamón de Jabugo.



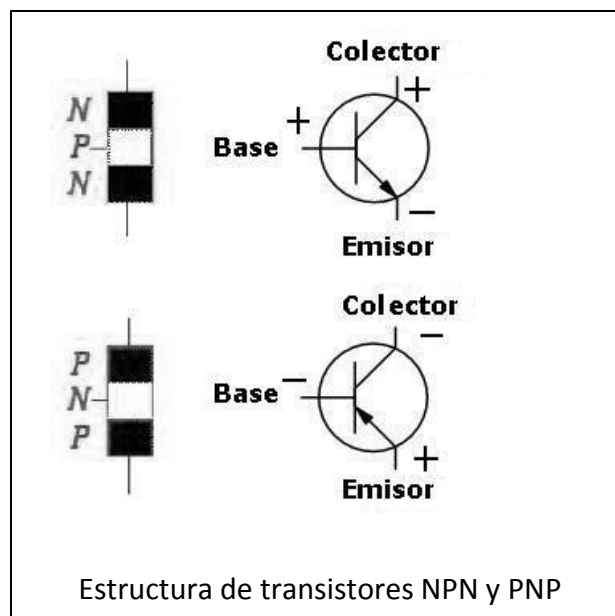
Transistor PNP representado como dos diodos opuestos en serie

2.6.1 Transistores de unión PNP y NPN

Hay dos clases de transistores, porque por un lado tenemos el transistor de unión NPN que consiste en un bocado de semiconductor P entre dos mitades de N, que funciona con tensiones positivas en el colector y la base.

En cambio, también tenemos el transistor PNP es un bocado de N, inverso al anterior y funciona con tensiones negativas en el Colector y en la Base. La flecha que marca la conducción va en dirección del emisor hacia la base en el diodo Base-Emisor.

La tensión queda definida por el diodo Base-Emisor y la flecha del transistor marca la dirección de conducción de este diodo.



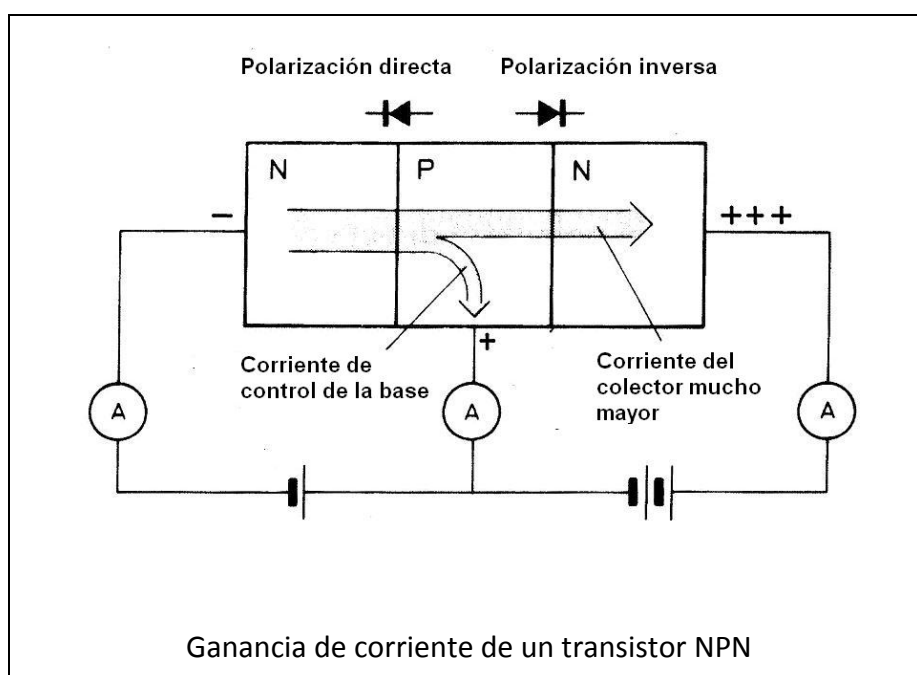
Si quieres saber más sobre transistores, puedes mirar el vídeo:

<https://www.youtube.com/watch?v=dQu4JoFDJtM>

2.6.2 Factor de amplificación

La principal característica del transistor que le permite ser un buen amplificador consiste en que una pequeña corriente alterna variable que hagamos circular por el diodo que forma la Base y el Emisor, puede controlar grandes variaciones de una mayor corriente que hacemos circular entre el Colector y el Emisor, obteniendo así una ganancia de corriente, también de tensión en la resistencia de colector y, en resumen, una ganancia de potencia. Esta ganancia viene dada por lo que se llama factor de amplificación β que relaciona la corriente base-emisor con la corriente colector-emisor..

$$\beta = \Delta I_c / \Delta I_b \approx I_c / I_b$$



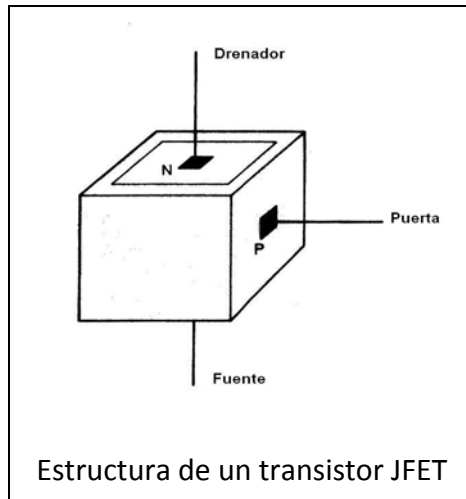
Si quieres aprender más sobre cómo funciona un transistor, te recomendamos ver el vídeo:

<http://www.youtube.com/watch?v=RB8FRhl--OA>

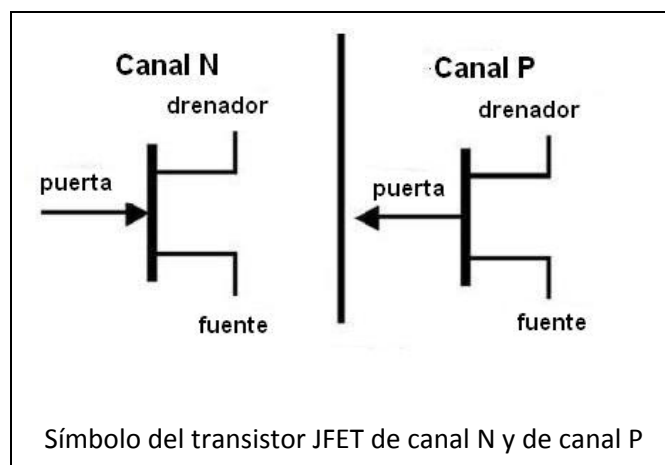
2.6.3 Transistores de efecto de campo

El transistor de efecto de campo FET (del inglés *Field Effect Transistor*) tiene una gran ventaja sobre el transistor normal en que podemos controlar una gran corriente entre la Fuente (*Source*) y el Drenador (*Drain*) por medio de una tensión de control en un Puerta o Gate.

Esta tensión de control se aplica a un diodo PN (o PNP) polarizado inversamente y que está formado por un lado por la Puerta P y, por el otro, por una barra N cuyos extremos son los terminales Fuente y Drenador y que está polarizado inversamente. Esta es la descripción de un FET de canal N. Esta es la descripción de un FET de canal N.



Del mismo modo podemos obtener un FET de canal P en el que la barra del Drenador es de material P y la Puerta de control es de tipo N. Este es un FET que se utiliza con tensiones positivas en la Puerta y el Drenador, de forma que el diodo NP que forman quede siempre bloqueado.

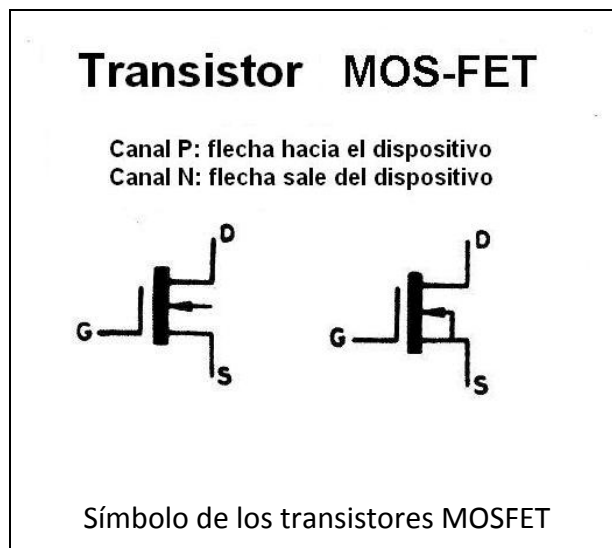


2.6.4 Transistores MOS-FET

Son transistores de funcionamiento muy similar a los FET anteriormente descritos y se distinguen estructuralmente en que la puerta de control (Gate), en lugar de ser un diodo polarizado inversamente, es simplemente un condensador cuya mayor o menor polarización (carga) aumenta o disminuye la presencia de cargas opuestas en el semiconductor del canal entre el drenador (D) y la fuente (S) y, por tanto, controla su conducción.

El nombre MOSFET procede de *Metal Oxide Field Effect Transistor*, que viene dado por que la capacidad de la puerta se realiza con una capa de aluminio aislada del semiconductor por una capa de óxido del propio aluminio que hace de dieléctrico.

Debido a que su puerta Gate es un condensador y no consume corriente, sino que se maneja solamente modificando la tensión, se utiliza muchísimo como interruptor y se ha impuesto como el elemento fundamental operativo de la electrónica digital actual. Todos los microprocesadores de los ordenadores funcionan basados en transistores MOSFET, o mejor dicho en transistores CMOS (Complementary MOSFET) que son parejas de MOSFETS de canal N y canal P combinados en forma complementaria.



Si quieres saber mejor cómo funciona un MOSFET y sus aplicaciones, contempla el vídeo:

<http://www.youtube.com/watch?v=9JKj-wlEPMY>

2.6.5 Circuitos con transistores bipolares

Los transistores se pueden montar de tres formas diferentes, cada una con una misión específica. El montaje más utilizado de un transistor es el montaje como amplificador con el emisor en común, siendo la entrada por la base y la salida por el colector, pues este montaje amplifica corriente y esto permite realizar muy fácilmente la amplificación de potencia.

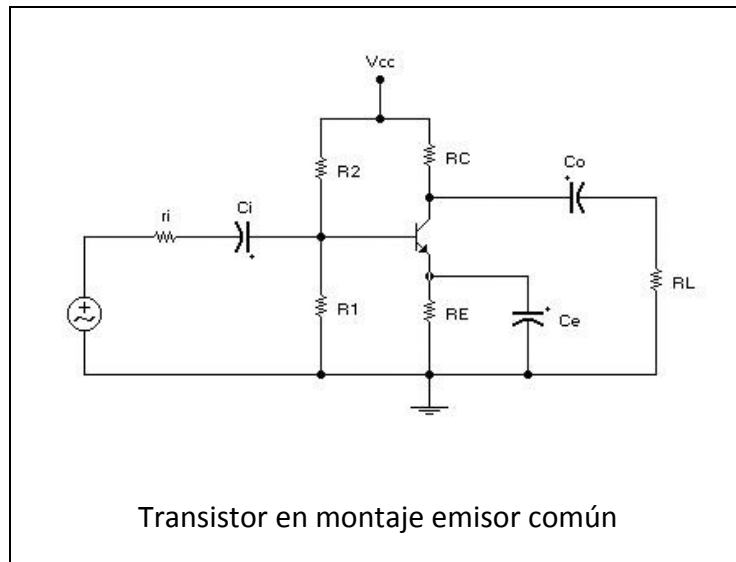
Hay otras dos formas de conectarlo (base común y colector común) que se utilizan más para la adaptación de impedancias entre etapas que para la amplificación, como veremos a continuación.

2.6.5.1 Montaje en emisor común

Este es el montaje más utilizado como amplificador porque en esta configuración el transistor amplifica corriente y esta ganancia la podemos convertir fácilmente en ganancia de potencia.

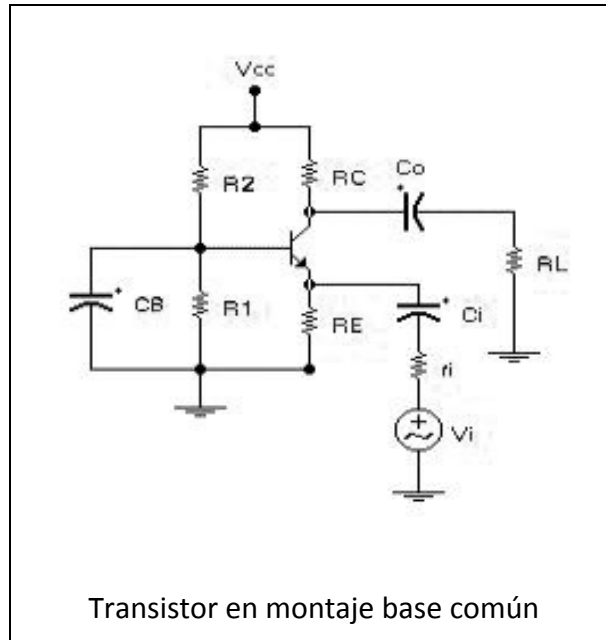
La señal alterna que queremos amplificar llega a través de un condensador C_i hasta la base del transistor y allí varía la corriente base-emisor de control, dando lugar a variaciones amplificadas por la ganancia beta de la corriente colector-emisor.

Estas variaciones de corriente se convierten en variaciones de tensión en la resistencia R_c del colector y se transmiten a la siguiente etapa por medio del condensador de salida C_o , que deja pasar las tensiones alternas amplificadas y bloquea las tensiones continuas de polarización del transistor.



2.6.5.2 Montaje en base común

En el circuito en base común la entrada es aplicada al diodo base-emisor con la base desacoplada a masa a través de C_i y la salida se saca por el colector por medio de C_o . Con esta configuración obtenemos ganancia de tensión, pero no de corriente. Esta configuración aporta una baja impedancia de entrada y una alta impedancia de salida y se utiliza como adaptador de impedancias, cuando interesa elevarla, lo cual es muy poco frecuente y hace que sea muy poco utilizado.

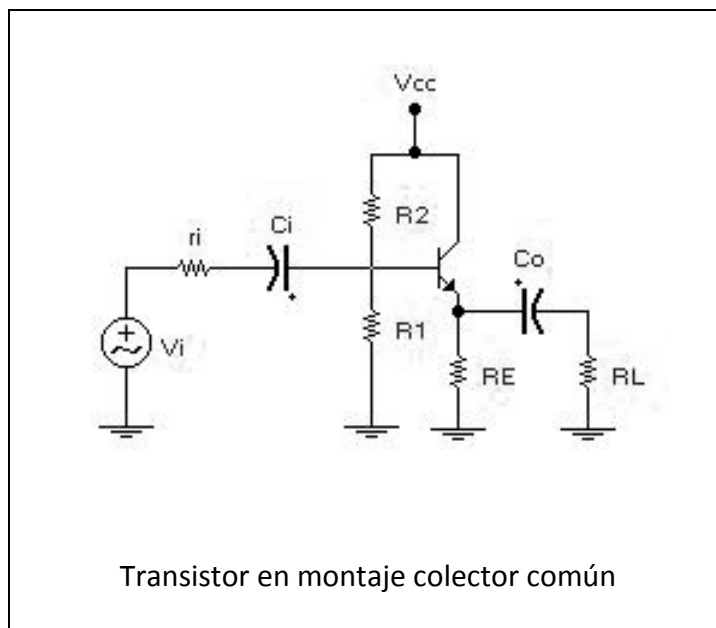


2.6.5.3 Montaje en colector común

En el montaje con colector común la entrada de la señal se aplica a la base por C_i y la salida se saca del emisor por C_o . Se llama también circuito seguidor por emisor, pues la tensión del emisor sigue exactamente a la de la base, pero controlando una mayor corriente.

Tiene una alta ganancia de corriente pero la ganancia de tensión es aproximadamente 1, o sea que no amplifica tensión.

En este circuito tenemos una alta impedancia de entrada pero una baja impedancia de salida. También se utiliza solamente como adaptador de impedancias.



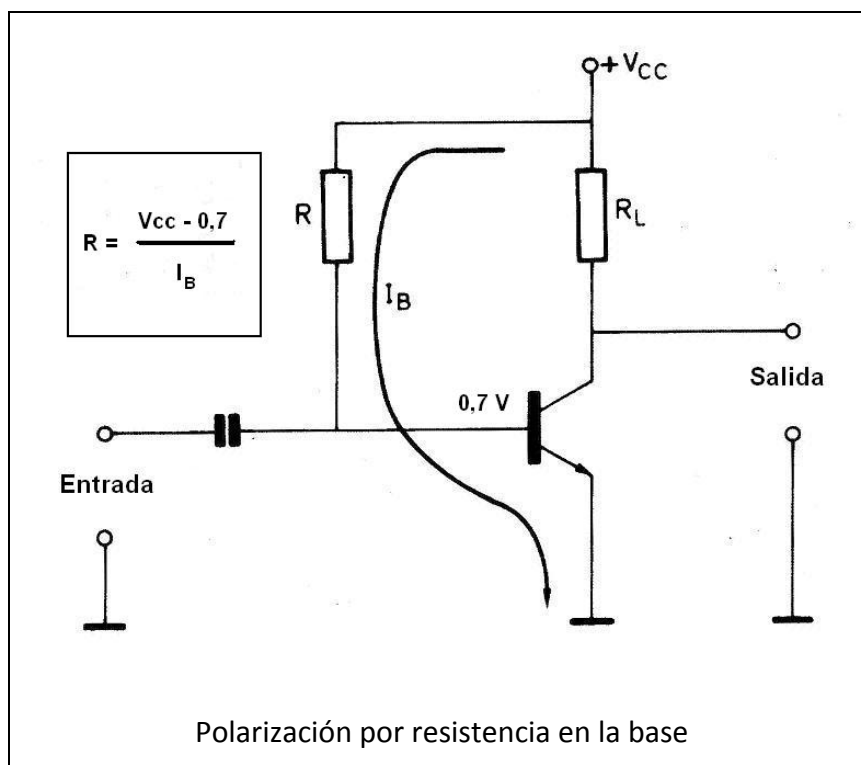
2.6.6 Polarización de transistores bipolares

Los transistores, además de que sus características de ganancia son muy dispares en la fabricación, incluso dentro del mismo modelo, debido al paso de las corrientes por su interior, tienen tendencia a calentarse.

Al aumentar su agitación térmica y aumentar el número de electrones libres capaces de transportar corriente, fácilmente tienden a aumentar su corriente de funcionamiento en reposo sin señal, lo que nos obliga a buscar formas de estabilizarlos, y eso se consigue mediante una polarización inicial fija, que los mantenga en funcionamiento en el punto exacto en que nos interesa que funcione de una forma estable. Por tanto es necesario incorporar al circuito resistencias de estabilización de su punto de funcionamiento en reposo.

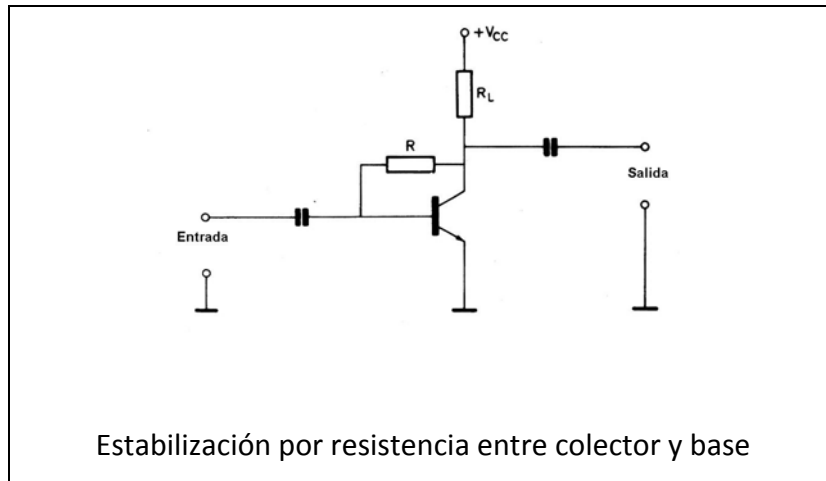
2.6.6.1 Polarización por resistencia de base

Este sistema de polarización es muy poco estable y se calcula la resistencia de base teniendo en cuenta que la tensión entre base y emisor es siempre de 0,7 voltios en los transistores de silicio, tensión que debemos descontar de la fuente **V_{CC}** para calcular la resistencia de base **I_B** que nos proporcionará el punto de funcionamiento deseado y la intensidad **I_c** prevista en el colector. Hay que tener en cuenta que la tensión entre la base y el emisor siempre es de alrededor de 0,7 voltios para los transistores de silicio y de 0,2 V para los transistores de germanio.



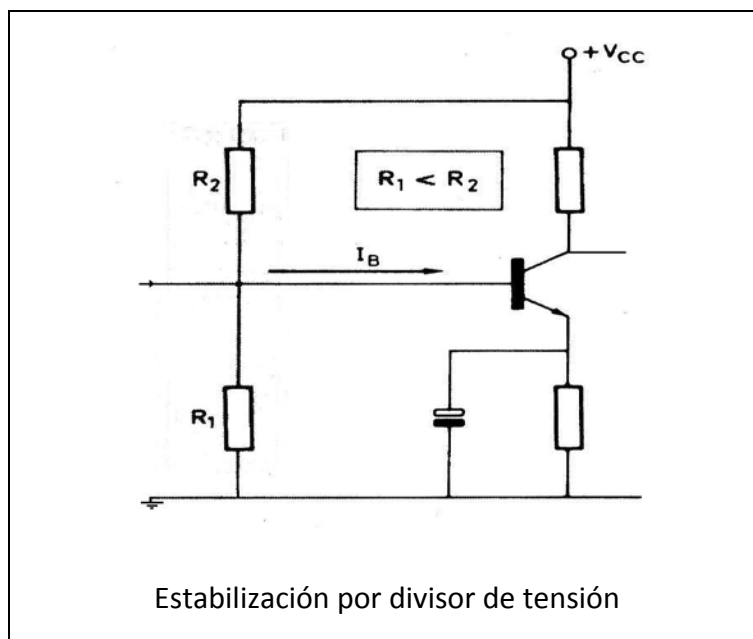
2.6.6.2 Polarización por resistencia entre colector y base

Esta es una forma de estabilizar el funcionamiento del transistor, de modo que, si por su calentamiento aumentara la corriente de colector I_c , automáticamente aumentará la caída de tensión en el colector y, en consecuencia, la tensión y la corriente en la base, de forma que el transistor se autoregulará en un punto estable. Sería perfecto si no fuera porque se produce una realimentación negativa del colector a la base que limita la amplificación que podemos conseguir.



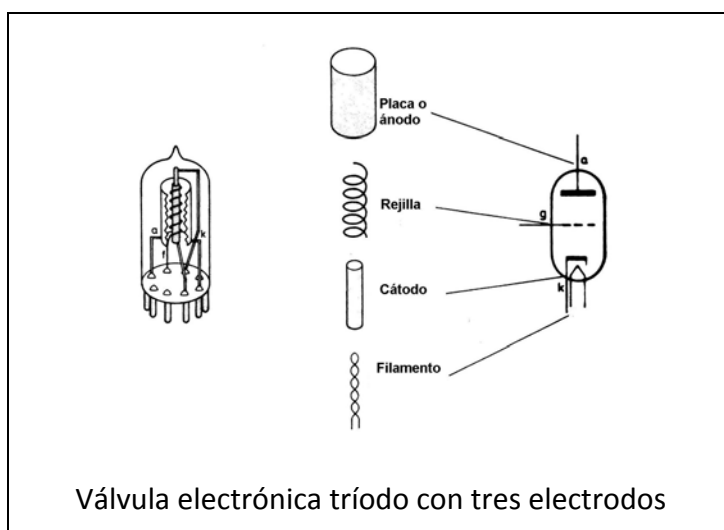
2.6.6.3 Polarización por divisor de tensión en la base

Para conseguir una estabilidad mayor del punto de funcionamiento del circuito con transistor en montaje base a masa, se polariza la base con un divisor de tensión que mantenga lo más fijo posible la tensión y corriente I_B en la base, teniendo en cuenta que la tensión entre la base y el emisor es de alrededor de 0,7 voltios para los transistores de silicio y de 0,2 V para los transistores de germanio.



2.7 La válvula de vacío

La válvula electrónica tríodo o tubo de vacío fue inventada por Lee de Forest y se basa en el control del paso de los electrones emitidos por un filamento incandescente (válvulas de caldeo directo) o un cátodo (k), calentado por el filamento (caldeo indirecto), electrones que son atraídos hacia una placa o ánodo (a) con tensión positiva y cuyo paso es regulado por una rejilla de control con tensión negativa (g), que controla el paso de estos electrones desde el cátodo hacia el ánodo, lo que da lugar a un control de la corriente que se convierte en una amplificación de tensión en una resistencia de carga.

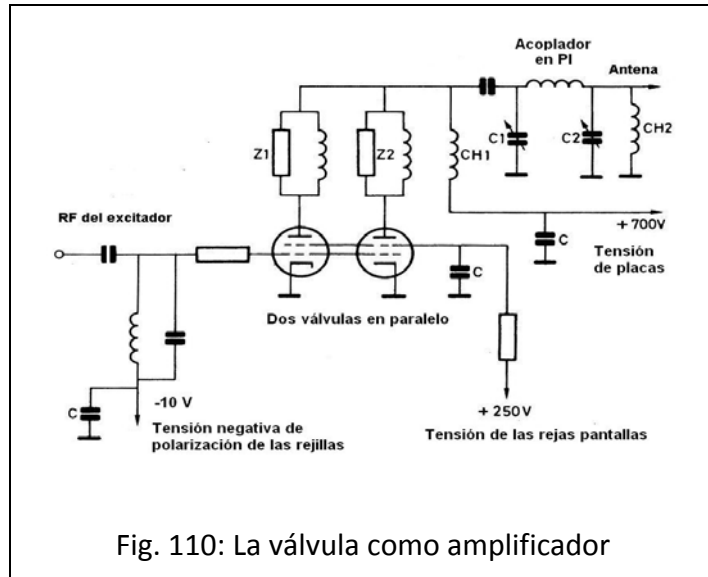


Para saber más de la historia de la válvula de vacío y del transistor, te recomendamos ver este vídeo:

<https://www.youtube.com/watch?v=f3lUVvJ2Xgl>

2.7.1 La válvula de vacío como amplificador

La tensión alterna a amplificar (RF del excitador) se aplica a la rejilla de la válvula por medio de un condensador de paso, de forma que la tensión alterna se superpone a una tensión continua negativa que polariza la rejilla de control. Esta rejilla controla la corriente entre el ánodo o placa (conectado a una tensión fuertemente positiva) y un cátodo (emisor de electrones). En el circuito de placa-cátodo estas variaciones de corriente se convierten en variaciones de tensión sobre la resistencia de carga (la antena) o el choque CH1, que es una inductancia que impide el paso de la radiofrecuencia y sólo deja pasar la corriente continua de la placa al cátodo.



Entre la antena y la placa de la válvula se encuentra intercalado un circuito PI acoplador de impedancias entre los 50 ohmios de la antena y los 1000-3000 ohmios que necesita ver la válvula en su circuito placa-cátodo.