

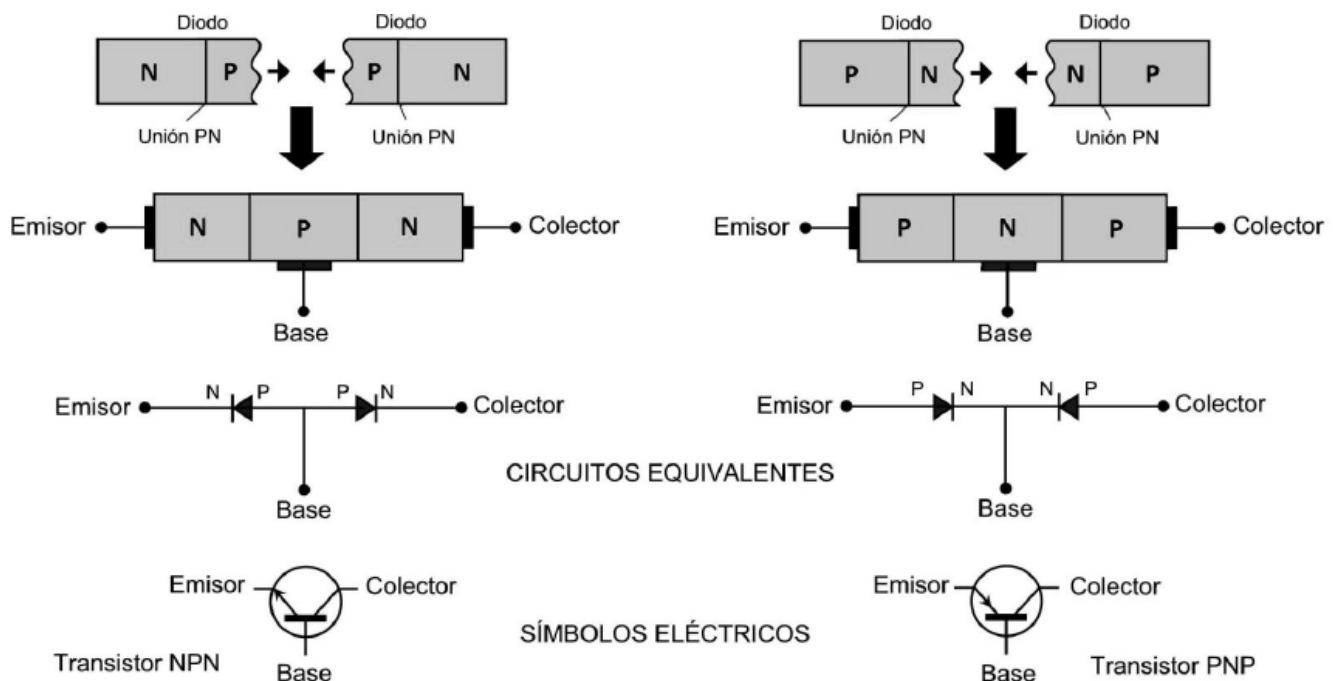
TRANSISTOR BIPOLAR

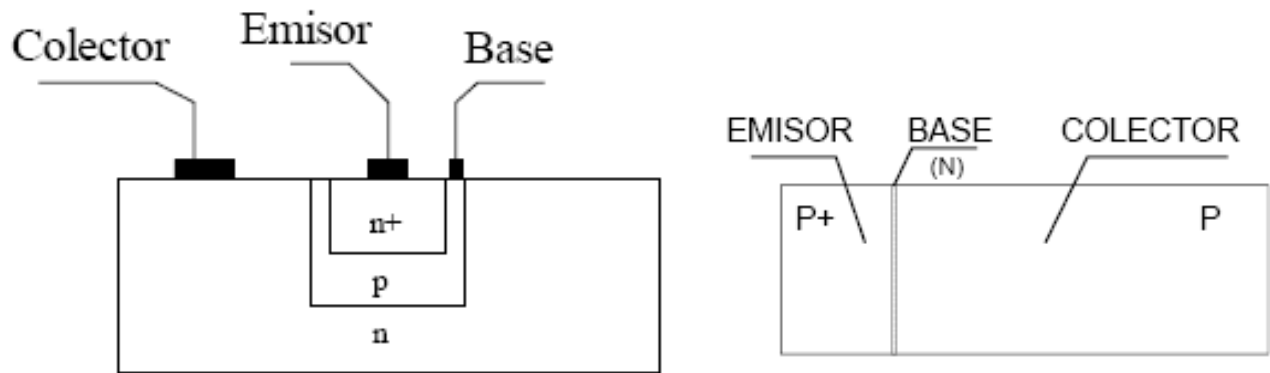
Fue inventado en 1947 por W. H. Brattain y J. Bardeen de los Bell Laboratories. Inicialmente su ganancia se definió como el cociente entre la tensión de salida y la corriente de entrada y por tanto con unidades de resistencia. De ahí que J. R. Pierce también de Bell Laboratories describió el componente como trans resistencia o transistor.

La aplicación básica del transistor es como amplificador y al igual que en el diodo existen muchos tipos especializados de transistor según su aplicación, por ejemplo de potencia, de RF, etc.

Estructura interna

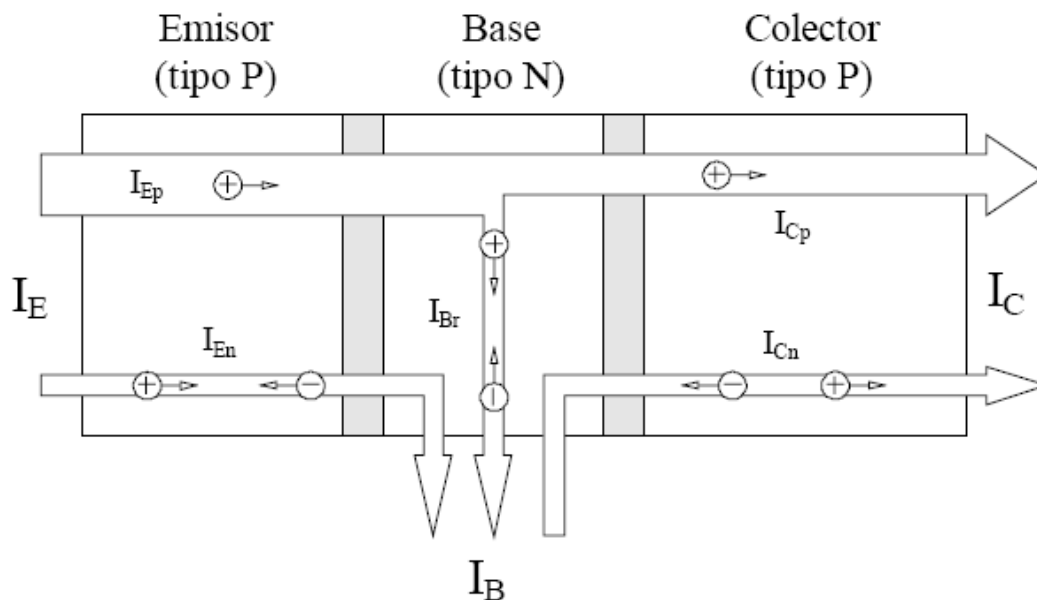
La estructura del transistor son tres capas de semiconductor dopado colocadas alternativamente en secuencia NPN o PNP. El emisor está fuertemente dopado, la base es estrecha y menos dopada (Además, si la base no es estrecha, el dispositivo puede no comportarse como un transistor, y trabajar como si de dos diodos en oposición se tratase.) y el colector es el de mayor tamaño (para poder disipar el calor que generan los portadores al perder energía por pasar de la base al colector). El transistor PNP es el complementario del NPN, pero dado que el n-p-n tiene una mejor respuesta a alta frecuencia es el preferido y por tanto el más utilizado.





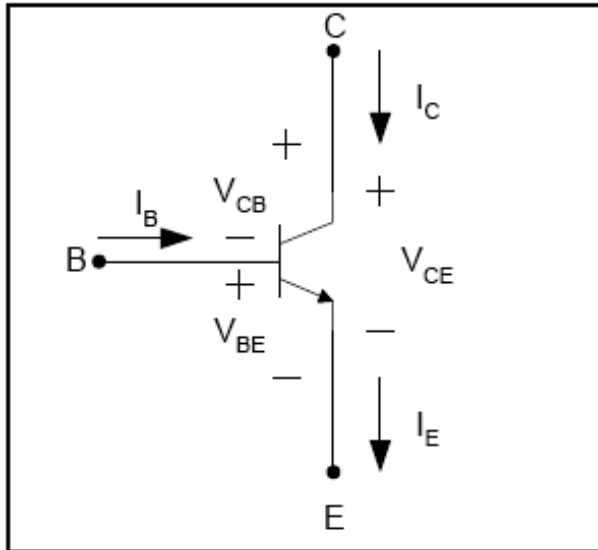
Al igual que en el diodo en las uniones P-N se forma una zona de agotamiento que tendrá grosores diferentes según el dopado de cada material. Para utilizar el transistor como amplificador, debemos polarizar la juntura base-emisor en directa mientras que la juntura base-colector debe estar polarizada en inversa. Bajo esas condiciones, la zona de agotamiento de la unión base-emisor se estrechará mientras que la zona de agotamiento de la unión base colector se ensanchará.

Su funcionamiento es el siguiente: inicialmente el emisor inyecta portadores mayoritarios en la base en donde se convierten en portadores minoritarios. Como la base está poco dopada, sólo algunos portadores se recombinan con los pocos portadores de carga contraria presentes en la base y por tanto la corriente de base es muy pequeña. Además debido a su pequeño espesor, muchos portadores son capaces de atravesar la base y pasar al colector donde son arrastrados hasta el contacto eléctrico.

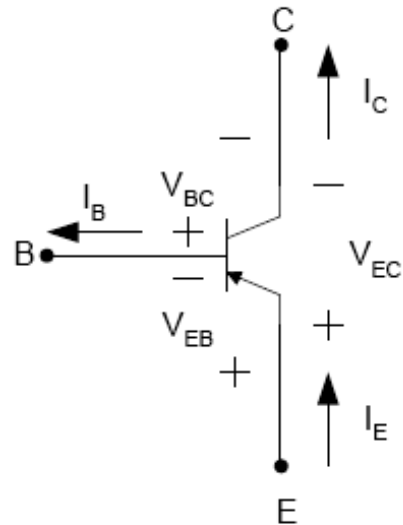


Para que el transistor conduzca, ya sea en zona activa o de saturación, el diodo que forma la unión base-emisor del transistor, debe estar polarizado en directo, por lo tanto, la tensión base-emisor será la correspondiente a la tensión ánodo-cátodo de un diodo. Recordemos que esta tensión, depende de la tecnología de fabricación, y está alrededor de 0,7 V para el caso del silicio.

En todo transistor hay tres intensidades y tres tensiones, que determinan su punto de funcionamiento.



Transistor NPN



Transistor PNP

Las intensidades para el transistor NPN son: la intensidad que entra en la base (I_B), la intensidad que entra en el colector (I_C), y la intensidad que sale por el emisor (I_E). Los sentidos de las intensidades, para el transistor PNP, o bien se definen al revés, o se toman con signo negativo.

En cualquier zona de funcionamiento, y cualquier tipo de transistor, se debe cumplir la primera ley de Kirchhoff, por lo tanto:

$$I_B + I_C = I_E$$

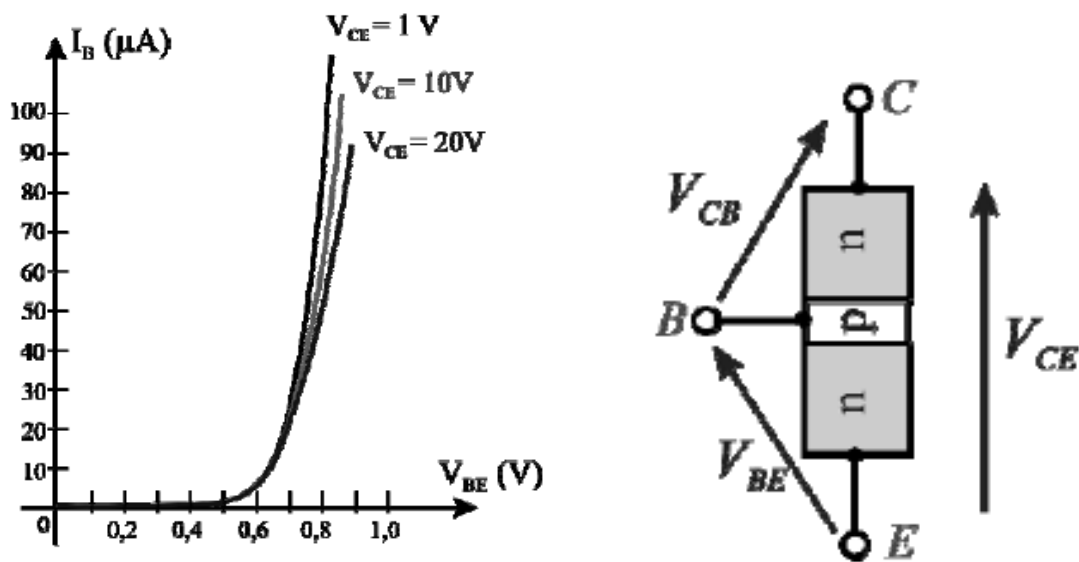
$$I_E \approx I_C$$

h_{FE} es el factor de amplificación de la corriente de colector.

$$h_{FE} \approx \beta_{DC} = \frac{I_C}{I_B} \quad i_C = I_S e^{V_{BE}/V_T}$$

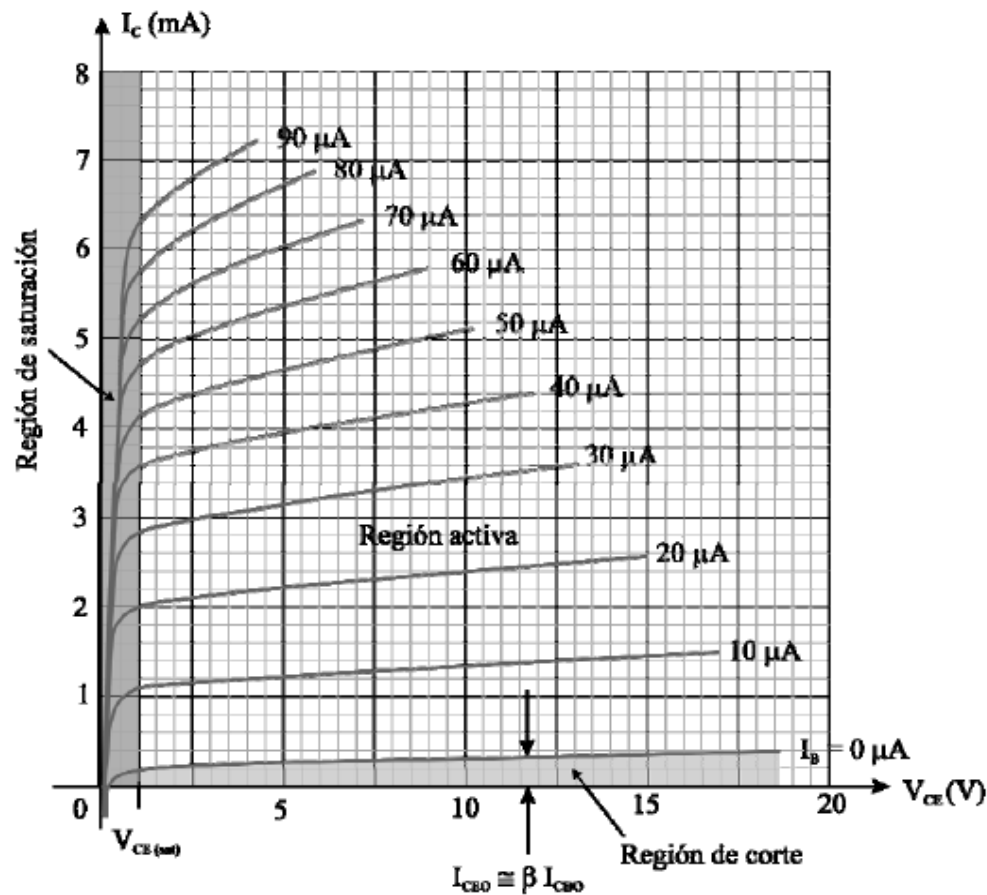
En la zona de saturación, se puede definir un h_{FE} de saturación, pero normalmente no se tiene en cuenta; a la hora de plantear las ecuaciones, normalmente se considera que si el transistor está saturado, la intensidad es máxima y viene dada por el circuito.

Las tensiones, para el transistor NPN son: la tensión entre el colector y el emisor (V_{CE}), la tensión entre la base y el emisor (V_{BE}) y la tensión entre el colector y la base (V_{CB}). En un transistor PNP tienen el signo contrario.



$$V_{CE} = V_{CB} + V_{BE}$$

Curvas características	Tipo	Variables que se representan
En emisor común	de entrada	V_{BE} , I_B y V_{CE}
	de salida	I_C , V_{CE} e I_B
En base común	de entrada	V_{BE} , I_E y V_{CB}
	de salida	I_C , V_{CB} e I_E
En colector común	de entrada	V_{BE} , I_B y V_{CE}
	de salida	I_C , V_{CE} e I_B



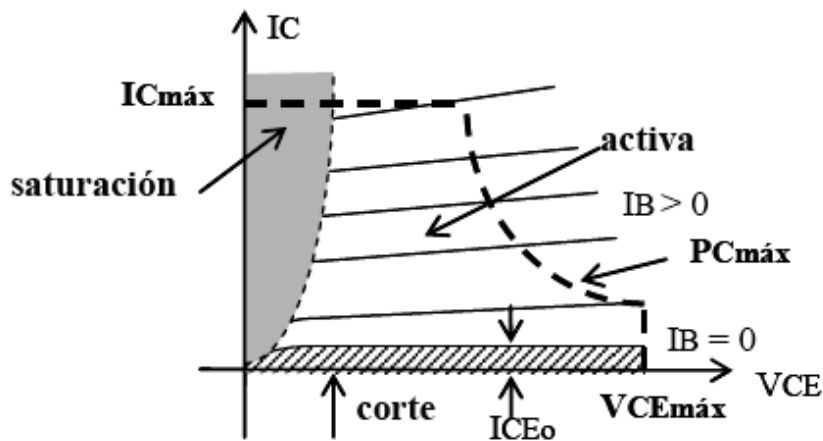
Modo de operación	Polarización JEB	Polarización JCB	Funcionamiento
Activa directa	Directa ($V_{BE} > 0$)	Inversa ($V_{CB} > 0$)	Fuente controlada
Corte	Inversa ($V_{BE} < 0$)	Inversa ($V_{CB} > 0$)	Llave abierta
Saturación	Directa ($V_{BE} > 0$)	Directa ($V_{CB} < 0$)	Llave cerrada
Activa inversa	Inversa ($V_{BE} < 0$)	Directa ($V_{CB} < 0$)	Fuente controlada

Región activa directa: el transistor se comporta como una fuente controlada en la cual la corriente de entrada determina la corriente de salida. Los cambios en el nivel de polarización de la juntura E-B ajustan el valor de la corriente de emisor y en correspondencia el valor de la corriente de colector.

Región de corte: como ambas junturas están polarizadas en inversa tanto la corriente de emisor como la corriente de colector son del orden de las corrientes de saturación de las junturas correspondientes. En el caso ideal pueden asemejarse a circuitos abiertos.

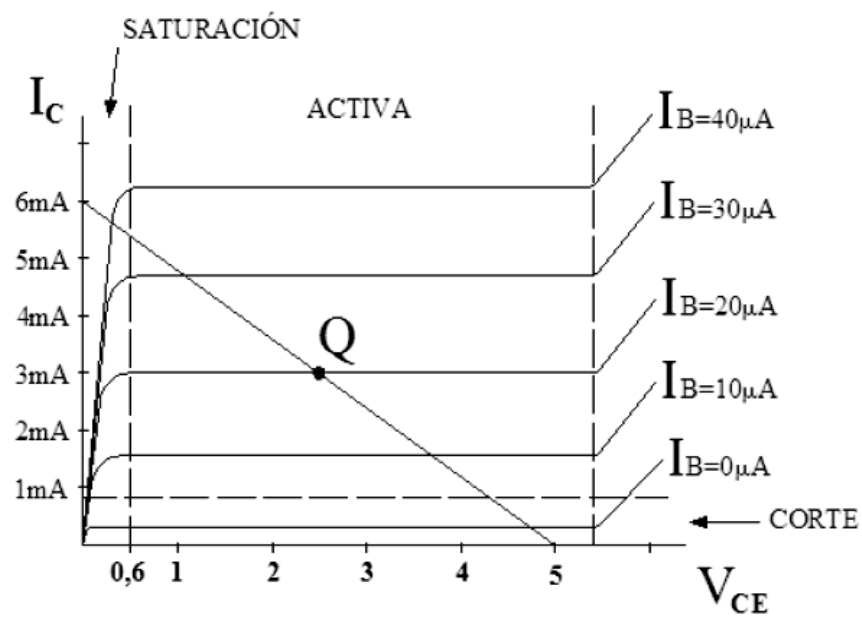
Región de saturación: como las junturas se polarizan directamente la corriente de colector será apreciable pero la tensión en la unión de colector será pequeña en correspondencia a su polarización directa. El funcionamiento se asemeja a una llave cerrada.

Región activa inversa: se comporta como una fuente controlada pero de menor ganancia comparada con la región activa directa debido a la asimetría en el dopaje de cada región.

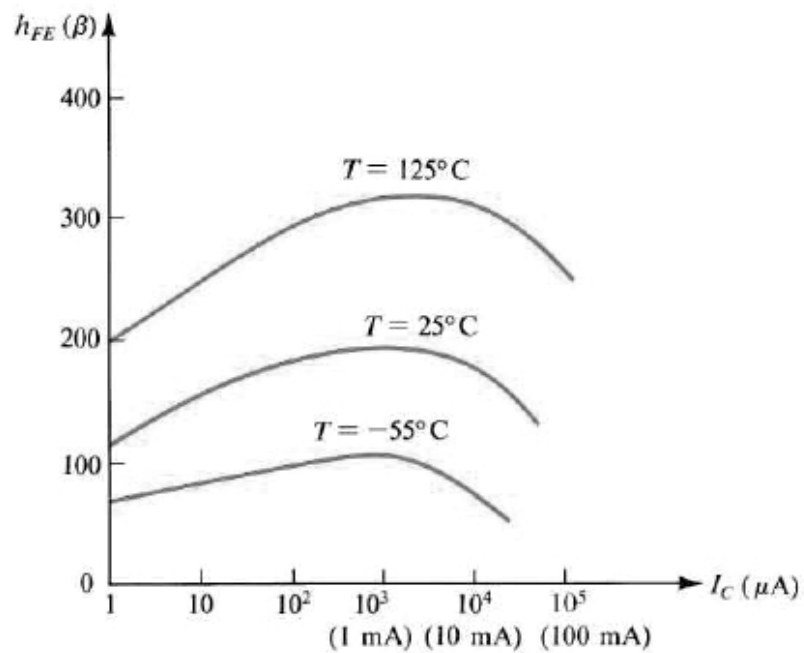


Punto de funcionamiento (punto Q)

De los seis valores de tensiones e intensidades que se pueden conocer de un transistor, interesan conocer sólo tres, ya que, a partir de éstas, se pueden conocer, aproximadamente las otras. Por lo tanto llamamos **punto de funcionamiento o punto Q** de un transistor, a un conjunto de tres valores en los que el transistor se encuentra funcionando, que son: intensidad de base, intensidad de colector y tensión colector-emisor.



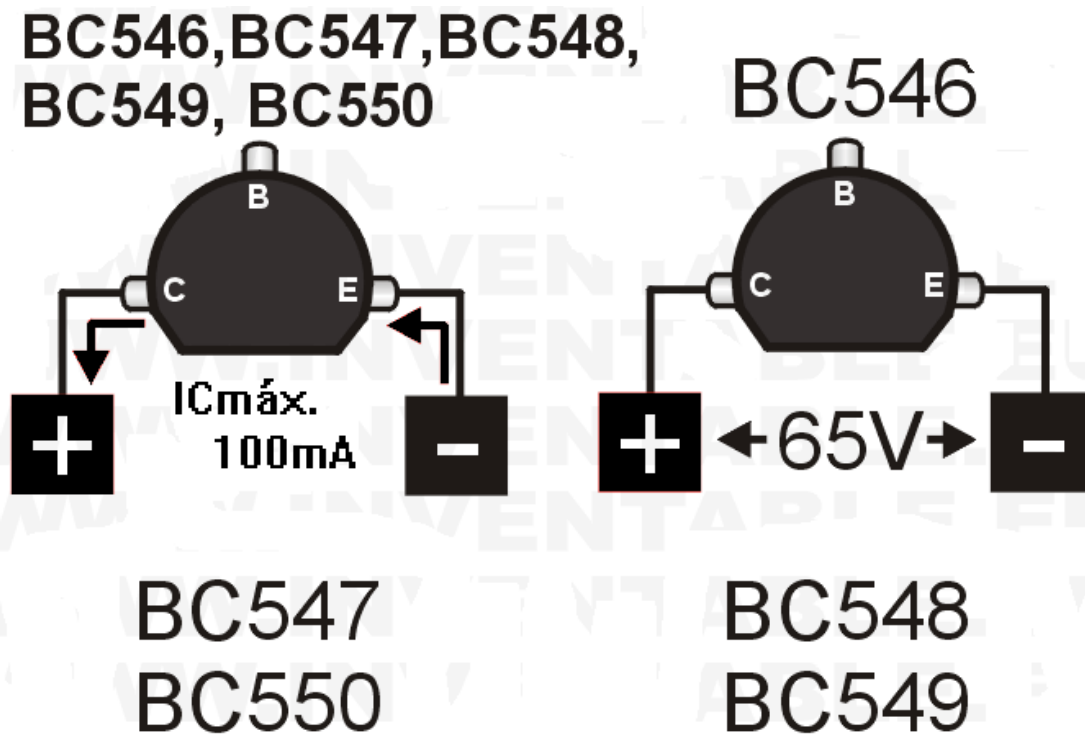
Variación del h_{FE} con respecto a I_C

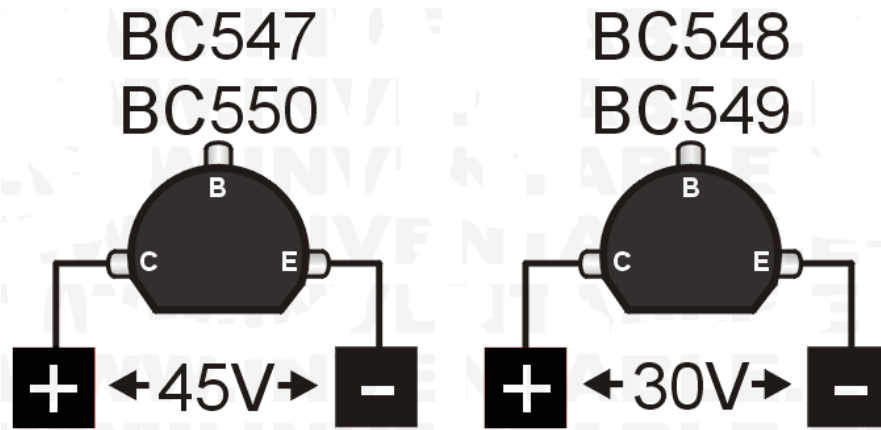


El **BC548** es un transistor bipolar NPN de **alta calidad** para **aplicaciones generales**, desarrollado por la Philips y la Mullard entre 1963 y 1966. En origen se llamaba **BC108** y tenía un encapsulado metálico (**TO-18**). Después pasó a un extraño encapsulado plástico con el código **BC148** hasta llegar al actual **BC548** con encapsulado **TO-92** (conocido también como **SOT-54**). Este transistor es parte de una familia de transistores con características casi iguales que son los **BC546**, **BC547**, **BC549** y **BC550** y naturalmente el **BC548**.

Características de la familia BC548

Todos los miembros de la familia **BC548** soportan corrientes de salida (corriente entre colector y emisor) hasta **100 mA** mientras que las tensiones máximas dependen del modelo, como podemos ver en la figura siguiente.





Como se puede observar, el rango de tensiones de trabajo según el modelo va desde los **30V** hasta los **65V**. Si nuestro circuito está alimentado por una tensión de **5V**, **12V** o **24V**, **podemos usar indistintamente cualquier modelo** de la familia sin inconvenientes. La corriente máxima de **100 mA** se refiere a corriente continua porque en el caso de picos de breve duración se puede llegar hasta **200 mA**.

Los transistores de la serie **BC54x** tienen una excelente ganancia, entre **110 y 800**. La ganancia es la amplificación de corriente del transistor).

Si encontramos una letra al final del código del transistor, esta sirve para indicar en modo más preciso el rango de ganancia (o amplificación) que el componente puede tener, considerando la tolerancia del mismo. Si no se encuentra dicha letra, la ganancia puede abarcar todo el rango posible (entre **110 y 800**).

Polarización

Técnica simple mediante la cual se puede obtener la amplificación de una señal sin distorsión en un amplificador.

La polarización del transistor consiste en aplicar las tensiones adecuadas a las uniones de emisor-base y colector-base que permitan situar al transistor en la región de funcionamiento adecuada a la aplicación que se persigue, en ausencia de la señal de entrada. Si la aplicación que se persigue es la utilización del transistor como amplificador, situaremos el punto de trabajo en aquella zona donde tenga un comportamiento más o menos lineal.

Un circuito de polarización adecuado es de gran importancia ya que es el que nos va a permitir hacer funcionar correctamente el transistor como amplificador sin saturarse, ni cortarse y por tanto sin distorsionar la señal de salida.

Cuestionario: El transistor bipolar

- 1) ¿Por qué se lo llama transistor?
- 2) Dibuje la estructura interna de un transistor bipolar NPN, su modelo equivalente y su símbolo. Coloque el nombre a sus terminales.
- 3) Dibuje la estructura interna de un transistor bipolar PNP, su modelo equivalente y su símbolo. Coloque el nombre a sus terminales.
- 4) ¿Cómo se deben polarizar las junturas del transistor bipolar para que funcione como amplificador?
- 5) Explique el funcionamiento del transistor bipolar.
- 6) ¿De qué depende el valor de la tensión base emisor?
- 7) Dibuje un transistor bipolar NPN y coloque tensiones y corrientes.
- 8) Dibuje un transistor bipolar PNP y coloque tensiones y corrientes.
- 9) ¿Qué es el h_{FE} ?
- 10) ¿Cómo se polarizan las junturas del transistor bipolar en la zona de saturación?
- 11) ¿Cómo se polarizan las junturas del transistor bipolar en la zona de corte?
- 12) ¿Qué es el punto Q?
- 13) ¿Cuál es la diferencia entre el transistor BC548 y el BC 547?
- 14) ¿Qué significado tiene la letra que se encuentra al final del código de los transistores BC?
- 15) ¿Qué es la polarización?