

## El transistor bipolar de unión (BJT)

### El transistor bipolar de unión (BJT)



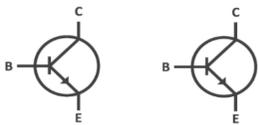
El **transistor BJT** es un dispositivo básico de control electrónico, el cual funciona como un elemento semiconductor de unión bipolar, así que se utiliza para regular los estados de encendido y apagado de los circuitos electrónicos, sin necesidad de desconectar la fuente principal de energía. En esta experiencia educativa, descubrirás por qué el transistor BJT o de unión bipolar tiene varias formas de conexión, aplicaciones y funcionalidades tan versátiles que, actualmente, continúa siendo el dispositivo de control

electrónico por defecto.

#### Introducción al transistor BJT y a sus modos de operación

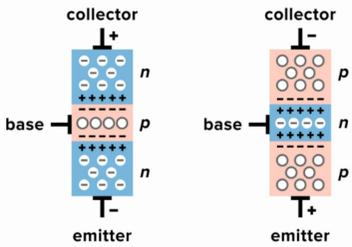
El transistor de unión bipolar o **BJT** (*Bipolar Junction Transistor*) es un elemento electrónico básico, compuesto de elementos semiconductores tipo *n* y *p*, los cuales se distribuyen en tres terminales: **base**, **colector** y **emisor**. Estas se encuentran conectadas físicamente entre sí, de tal manera que la terminal de en medio (base) cuenta con un material *n* o *p*, mientras que las dos que la rodean están conformadas por materiales *p* o *n*, respectivamente. Cabe señalar que el transistor BJT no es un dispositivo simétrico, pues el emisor tiene mayor concentración de impurezas que el colector; además, se controla por corriente (García et al., 2018).

La disposición de las tres terminales permite obtener una combinación de materiales semiconductores tipo *n* y *p*; de esta manera, se forman las siguientes mezclas o tipos de transistor (Ćirovic, 2020):



- En el **transistor tipo npn**, los materiales con más presencia son los de tipo *n*, es decir, hay una mayor cantidad de electrones; entre la base y el emisor, debe aplicarse un voltaje para polarizar la unión (la corriente fluye de la base al emisor) y, de esta manera, se permite que el transistor cambie de estado/condición.

- En el **transistor tipo pnp**, los materiales con más presencia son los de tipo *p*, así que contiene un mayor número de huecos; por tanto, la sustancia tipo *n* en la base debe donar electrones para que circulen hacia la fuente de energía (la corriente circula del emisor a la base) y, de esta manera, se activa el transistor.

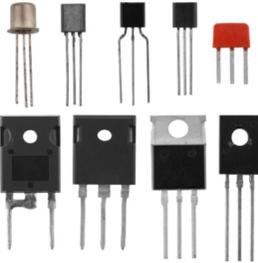


A diferencia de otros dispositivos electrónicos, este transistor cuenta con diferentes modos de operación, dependiendo de la polarización de sus terminales:

1. **Saturación.** En este modo de operación, el transistor permite el paso de la corriente desde el emisor hacia el colector, es decir, no existe un efecto de amplificación debido a que el voltaje colector base y emisor base se acerca a cero. En este caso, el transistor se comporta como un cortocircuito, así que permite el libre paso del flujo de colector a emisor.
2. **Corte.** Esta función de operación se presenta cuando la corriente del emisor es igual a la del colector y, además, ambas equivalen a cero, o bien, alguna de las dos se acerca a dicho valor; en este caso, el transistor se encuentra en estado abierto, es decir, no existe un flujo de corriente entre colector y emisor. En esta zona, el voltaje de polarización no alcanza el umbral necesario para activar el transistor, ya que no sobrepasa los 0.7 voltios.
3. **Zona activa.** Este es el modo de funcionamiento más utilizado por el transistor; en esta condición, la unión base-emisor está polarizada directamente, mientras que la de colector-base lo está de forma inversa. La primera unión controla el paso de la corriente de la segunda; además, también regula la intensidad de la corriente del colector, de acuerdo con el valor de aquella que circula en la base del transistor.

#### El transistor BJT como interruptor controlado

Como se ha mencionado anteriormente, el transistor cuenta con tres terminales de semiconductores que interactúan entre ellas, las cuales se pueden polarizar de manera directa o indirecta; así, dependiendo de la combinación de las corrientes de entrada y salida, se modifica el modo de funcionamiento del transistor, aunque el activo es el estado operativo más usado.



El transistor se puede configurar en el modo activo si se controla la polarización de las terminales, ya que se induce corriente y voltaje en cada una de las uniones *np*; virtualmente, el transistor se puede dividir en estos dos circuitos de control:

Circuito de entrada	Circuito de salida
En esta alternativa, se induce una fuente de energía, la cual debe limitarse para mantener el estado de activación de la entrada.	En esta opción, mientras tanto, se controla el flujo y voltaje de una fuente "adicional" o compartida (la misma que en la entrada); entonces, el estado de este circuito se establece acorde con la corriente de entrada, es decir, se permite el paso o el corte de la energía en la unión colector-emisor del transistor.

Tabla 1. Circuitos de control.

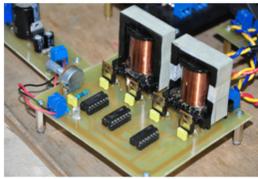
Aunque es cierto que el control del circuito de entrada permite variar la corriente en el de salida en la zona activa del transistor, cuando este último se utiliza como interruptor, no es necesaria esta variación de corriente y voltaje; en esos casos, basta con que los cambios produzcan valores que se puedan diferenciar. La **zona de corte** y la **de saturación** suelen homologarse con el estado del circuito: si el transistor se encuentra como interruptor encendido (saturación), deja pasar un voltaje similar al de la fuente de energía suministrada; por otro lado, si el transistor está como interruptor apagado (corte), se puede decir que el circuito no tiene energía. Por lo regular, estos voltajes se encuentran entre valores de 0 a 0.7 voltios (voltaje de polarización de la unión *pn* o *np*) en estado apagado, o bien, de 5 a 12 voltios en el de encendido. Si se necesita controlar un voltaje superior, es necesario revisar la hoja del fabricante para elegir el transistor más adecuado.

#### Funcionamiento básico del transistor BJT como amplificador de señal

El transistor se puede polarizar de forma directa e inversa; debido a la combinación de los materiales tipo *n* y *p*, los niveles de corriente y voltaje están limitados por la resistencia eléctrica de los compuestos semiconductores del dispositivo. Si se tiene una polarización directa, estos presentarán una baja resistencia eléctrica; en cambio, si se cuenta con una polarización inversa, la resistencia a este flujo será alta. Esta diferencia de **impedancias** se puede aprovechar para algunas aplicaciones, como la amplificación de señales (variables en el tiempo).

La **impedancia** es la característica **resistiva** o **de resistencia** de un dispositivo eléctrico, la cual depende directamente de los cambios de energía a través del tiempo; en otras palabras, la impedancia es un factor que **modifica su valor** ante los cambios de energía que se aplican a los dispositivos en su conjunto. Además, se convierte en un valor más complejo cuando se habla de circuitos completos (varios dispositivos); no obstante, para el transistor, se pueden tomar como los valores resistivos de las uniones base-emisor y base-colector.

Para que un transistor funcione como un amplificador de señales, debe estar polarizado en forma directa en la unión base-emisor (**circuito de entrada**) y a la inversa en la de base-colector; por tanto, la primera unión permite el paso de la energía (señal) con una baja resistencia (en un rango aproximado entre 10 a 100 ohmios). De esta manera, la señal puede fluir libremente a través de este circuito, donde la corriente de entrada depende de los valores de voltaje de la entrada y resistencia de la unión base-emisor.



Los valores de amplificación de la señal pueden variar entre 50 a 300 veces los del voltaje de entrada, aunque la amplificación de corriente está muy cercana a uno ( $I < 1$ ), es decir, no hay un incremento de la corriente, solo del voltaje (amplitud). Por otro lado, dichos valores dependen de la naturaleza de los semiconductores empleados en el transistor; por este motivo, los de amplificación pueden variar entre cada pieza e, incluso, en el mismo código o lote. Para conocer los valores de amplificación, es necesario consultar las hojas de especificación del transistor comercial, sin embargo, cabe mencionar que serán estimaciones, pero no números exactos.

#### Aplicaciones específicas del transistor BJT

El transistor tiene características de regulación que le brindan mucha versatilidad en sus aplicaciones, desde un interruptor controlado, para un circuito básico de encendido y apagado, hasta elementos de control de cambios de flujo de energía (conmutación). La zona activa de funcionamiento le permite establecer diferentes valores y regular el paso de la corriente, así que se puede utilizar para recortar, regular, conmutar, amplificar y nivelar tanto corriente como voltaje; sin embargo, esto depende de la combinación de dispositivos resistivos, capacitivos e inductivos utilizados alrededor del transistor.

El transistor como **interruptor controlado** es una de las aplicaciones más utilizadas de este dispositivo; entonces, al hablar de la posibilidad de controlar el paso de energía a través de un componente sin cortar el suministro principal, se hace referencia a su mejor característica. Además, su rapidez al momento de cambiar de estado (apagado/encendido) lo coloca como el componente electrónico por excelencia para circuitos de **lógica computacional (puertas AND, OR, NOT, etc.)**. Gracias a la nanotecnología actual, el transistor forma parte de los **microprocesadores** que dan vida a computadoras, celulares y otros aparatos similares; de igual manera, ya sea en relojes de mesa digitales o en ordenadores espaciales, el transistor como interruptor se encarga de lograr la secuencia lógica de encendido y apagado en el momento que se desea.

Por otro lado, el transistor como **amplificador** es un circuito que permite el aumento de voltaje de salida, donde la corriente de entrada define el nivel de **amplificación** que puede tener la señal de entrada; la polarización del transistor determina el modo de amplificación (corriente, voltaje y potencia), es decir, establece el orden de la entrada y salida del transistor en la polarización de sus terminales. Cuando se habla de amplificación de las señales, el dispositivo toma una de las de entrada e incrementa sus efectos para interpretar la información contenida en dicha onda. El sonido en una guitarra o los emitidos en una bocina son una aplicación de amplificación de voltaje y corriente; asimismo, los sintonizadores de radio y los receptores de señal de televisión o satelitales también son buenos ejemplos de este fenómeno.

Finalmente, el transistor como **conmutador** o **inversor** es una aplicación comúnmente encontrada en **dispositivos lógicos** (computadoras, celulares, etc.); en estos casos, el transistor funciona como un interruptor que permite el paso y cambio en el flujo de la corriente de forma rápida. Las modificaciones que suceden en la entrada, comparadas con las que ocurren en la salida, son más rápidas; por este motivo, se puede cambiar el sentido de la energía en fuentes simétricas de alimentación para diversos aparatos, como computadoras, servidores, máquinas industriales con motores, etcétera.



Los arreglos de circuitos con transistores permiten aplicaciones más elaboradas, ya sea en un circuito inversor de voltaje, en uno de amplificación de potencia, entre otros.

## Referencias bibliográficas

- Ćirovic, M. (2020). *Electrónica fundamental: dispositivos, circuitos y sistemas*. España: Reverte.
- García, D., Fernández, S., Ferrer, J., y Ruiz, A. (2018). *Electrónica general. Polarización de transistores: conceptos básicos y exámenes resueltos*. España: Universitas Miguel Hernández.



La obra presentada es propiedad de ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN SUPERIOR A.C. (UNIVERSIDAD TECMILENIO), protegida por la Ley Federal de Derecho de Autor; la alteración o deformación de una obra, así como su reproducción, exhibición o ejecución pública sin el consentimiento de su autor y titular de los derechos correspondientes es constitutivo de un delito tipificado en la Ley Federal de Derechos de Autor, así como en las Leyes Internacionales de Derecho de Autor.

El uso de imágenes, fragmentos de videos, fragmentos de eventos culturales, programas y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, es exclusivamente para fines educativos e informativos, y cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por UNIVERSIDAD TECMILENIO.

Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir, difundir, o en cualquier modo explotar cualquier parte de esta obra sin la autorización previa por escrito de UNIVERSIDAD TECMILENIO. Sin embargo, usted podrá bajar material a su computadora personal para uso exclusivamente personal o educacional y no comercial limitado a una copia por página. No se podrá remover o alterar de la copia ninguna leyenda de Derechos de Autor o la que manifieste la autoría del material.