**INSTITUTO**

**POLITÉCNICO**

**NACIONAL**

**ESCUELA SUPERIOR DE COMPUTACIÓN**

**Práctica:**

Punto de Operación del BJT

**Profesora:**

Almazán Farfán Rocío

**Integrantes del equipo:**

* Castro Cruces Jorge Eduardo
* Cruz Villalba Edwin Bernardo
* Guzmán Gutiérrez Manuel

**Grupo:**

2CM2

**Fecha de Desarrollo:**

Miércoles, 20 de marzo de 2019

**Fecha de Entrega:**

Miércoles, 27 de marzo de 2019

Contenido

[Introducción 3](#_Toc4530762)

[Transistor de unión bipolar 3](#_Toc4530763)

[Funcionamiento 3](#_Toc4530764)

[Tipos de Transistor de Unión Bipolar 4](#_Toc4530765)

[ NPN 4](#_Toc4530766)

[ PNP 4](#_Toc4530767)

[Desarrollo 4](#_Toc4530768)

[Valor de la Beta de los transistores 4](#_Toc4530769)

[Circuito de Polarización Fija 5](#_Toc4530770)

[Circuito Estabilizado en Emisor 5](#_Toc4530771)

[Circuito por Divisor de Voltaje 6](#_Toc4530772)

[Circuito por Divisor de Voltaje con transistor PNP 6](#_Toc4530773)

[COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS TEÓRICOS, PRÁCTICOS Y SIMULADOS 7](#_Toc4530774)

[COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS AL VARIAR LA TEMPERATURA DEL TRANSISTOR 7](#_Toc4530775)

[Cuestionario 7](#_Toc4530776)

[Conclusiones 7](#_Toc4530777)

[Referencias 8](#_Toc4530778)

# Introducción

## Transistor de unión bipolar

El transistor de unión bipolar (del [inglés](https://es.wikipedia.org/wiki/Idioma_ingl%C3%A9s) bipolar junction transistor, o sus siglas BJT) es un [dispositivo electrónico](https://es.wikipedia.org/wiki/Dispositivo_electr%C3%B3nico) de [estado sólido](https://es.wikipedia.org/wiki/Estado_s%C3%B3lido) consistente en dos [uniones PN](https://es.wikipedia.org/wiki/Uni%C3%B3n_PN) muy cercanas entre sí, que permite aumentar la corriente y disminuir el voltaje, además de controlar el paso de la [corriente](https://es.wikipedia.org/wiki/Corriente_el%C3%A9ctrica) a través de sus terminales. La denominación de bipolar se debe a que la conducción tiene lugar gracias al desplazamiento de portadores de dos polaridades ([huecos](https://es.wikipedia.org/wiki/Hueco_de_electr%C3%B3n) positivos y [electrones](https://es.wikipedia.org/wiki/Electrones) negativos), y son de gran utilidad en gran número de aplicaciones; pero tienen ciertos inconvenientes, entre ellos su [impedancia](https://es.wikipedia.org/wiki/Impedancia) de entrada bastante baja.

Los transistores bipolares son los transistores más conocidos y se usan generalmente en [electrónica analógica](https://es.wikipedia.org/wiki/Electr%C3%B3nica_anal%C3%B3gica) aunque también en algunas aplicaciones de [electrónica digital](https://es.wikipedia.org/wiki/Electr%C3%B3nica_digital), como la [tecnología TTL](https://es.wikipedia.org/wiki/Tecnolog%C3%ADa_TTL) o BICMOS.

Un transistor de unión bipolar está formado por dos [Uniones PN](https://es.wikipedia.org/wiki/Uni%C3%B3n_PN) en un solo cristal semiconductor, separados por una región muy estrecha. De esta manera quedan formadas tres regiones:

* **Emisor:** Que se diferencia de las otras dos por estar fuertemente [dopada](https://es.wikipedia.org/wiki/Dopaje_(semiconductores)), comportándose como un metal. Su nombre se debe a que esta terminal funciona como emisor de portadores de carga.
* **Base:** La intermedia, muy estrecha, que separa el emisor del colector.
* **Colector:** De extensión mucho mayor.

La técnica de fabricación más común es la deposición [epitaxial](https://es.wikipedia.org/wiki/Epitaxia" \o "Epitaxia). En su funcionamiento normal, la unión base-emisor está polarizada en directa, mientras que la base-colector en inversa. Los portadores de carga emitidos por el emisor atraviesan la base, porque es muy angosta, hay poca recombinación de portadores, y la mayoría pasa al colector. El transistor posee tres estados de operación: estado de corte, estado de saturación y estado de actividad.

## Funcionamiento

En una configuración normal, la unión base-emisor se polariza en directa y la unión base-colector en inversa. Debido a la agitación térmica los portadores de carga del emisor pueden atravesar la barrera de potencial emisor-base y llegar a la base. A su vez, prácticamente todos los portadores que llegaron son impulsados por el campo eléctrico que existe entre la base y el colector.

Un transistor NPN puede ser considerado como dos diodos con la región del ánodo compartida. En una operación típica, la unión base-emisor está polarizada en directa y la unión base-colector está polarizada en inversa. En un transistor NPN, por ejemplo, cuando una tensión positiva es aplicada en la unión base-emisor, el equilibrio entre los portadores generados térmicamente y el campo eléctrico repelente de la región agotada se desbalancea, permitiendo a los electrones excitados térmicamente inyectarse en la región de la base. Estos electrones "vagan" a través de la base, desde la región de alta concentración cercana al emisor hasta la región de baja concentración cercana al colector. Estos electrones en la base son llamados portadores minoritarios debido a que la base está [dopada](https://es.wikipedia.org/wiki/Dopaje_(semiconductores)) con material P, los cuales generan "huecos" como portadores mayoritarios en la base.

La región de la base en un transistor debe ser constructivamente delgada, para que los portadores puedan difundirse a través de esta en mucho menos tiempo que la vida útil del portador minoritario del semiconductor, para minimizar el porcentaje de portadores que se recombinan antes de alcanzar la unión base-colector. El espesor de la base debe ser menor al ancho de difusión de los electrones.

## Tipos de Transistor de Unión Bipolar

### NPN

NPN es uno de los dos tipos de transistores bipolares, en los cuales las letras "N" y "P" se refieren a los portadores de carga mayoritarios dentro de las diferentes regiones del transistor. La mayoría de los transistores bipolares usados hoy en día son NPN, debido a que la movilidad del electrón es mayor que la movilidad de los "huecos" en los semiconductores, permitiendo mayores corrientes y velocidades de operación.

Los transistores NPN consisten en una capa de material semiconductor [dopado](https://es.wikipedia.org/wiki/Dopaje_(semiconductores)) P (la "base") entre dos capas de material [dopado](https://es.wikipedia.org/wiki/Dopaje_(semiconductores)) N. Una pequeña corriente ingresando a la base en configuración emisor-común es amplificada en la salida del colector.

La flecha en el símbolo del transistor NPN está en la terminal del emisor y apunta en la dirección en la que la corriente convencional circula cuando el dispositivo está en funcionamiento activo.

### PNP

El otro tipo de transistor de unión bipolar es el PNP con las letras "P" y "N" refiriéndose a las cargas mayoritarias dentro de las diferentes regiones del transistor. Pocos transistores usados hoy en día son PNP, debido a que el NPN brinda mucho mejor desempeño en la mayoría de las circunstancias.

Los transistores PNP consisten en una capa de material semiconductor [dopado](https://es.wikipedia.org/wiki/Dopaje_(semiconductores)) N entre dos capas de material [dopado](https://es.wikipedia.org/wiki/Dopaje_(semiconductores)) P. Los transistores PNP son comúnmente operados con el colector a masa y el emisor conectado al terminal positivo de la fuente de alimentación a través de una carga eléctrica externa. Una pequeña corriente circulando desde la base permite que una corriente mucho mayor circule desde el emisor hacia el colector.

La flecha en el transistor PNP está en el terminal del emisor y apunta en la dirección en la que la corriente convencional circula cuando el dispositivo está en funcionamiento activo.

# Desarrollo

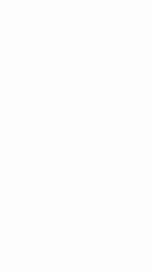
## Valor de la Beta de los transistores

Medir mediante el multímetro en la opción de transistores (hfe pnp npn) la beta de cada uno de los transistores.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 2N2222 | BC547C | BC557C |
| β | 257 | 420 | 328 |

## Circuito de Polarización Fija

Arme el siguiente circuito:



Medir los voltajes y corriente siguientes del circuito, posteriormente cambie el transistor 2N2222 por el BC547C y vuelva a medir los voltajes y corrientes del circuito:

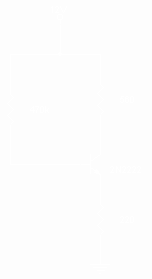
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 2N2222 | BC547C |
| VB | 0.58 V | 0.576 V |
| VC | 4.54 mV | 9.47 mV |
| VCE | 4.54 mV | 9.47 mV |
| IB | 24.3 μA | 24.28 μA |
| IC | 21.19 mA | 21.25 μA |
| IE | 5.85 mA | 45.39 μA |

Acercar un cerillo encendido al transistor durante 5 segundos y al mismo tiempo medir el voltaje VCE y la corriente IC y registrar el valor, posteriormente cambie el transistor 2N2222 por el BC547C y vuelva a medir los voltajes y corrientes del circuito:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 2N2222 | BC547C |
| VCE | 4.15 mV | 11.14 mV |
| IC | 21.19 μA | 21.15 μA |

## Circuito Estabilizado en Emisor

Arme el siguiente circuito:



Medir los voltajes y corriente siguientes del circuito, posteriormente cambie el transistor 2N2222 por el BC547C y vuelva a medir los voltajes y corrientes del circuito:

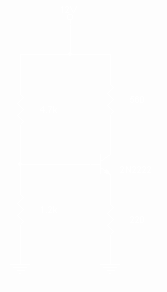
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 2N2222 | BC547C |
| VB | 0.591 V | 0.592 V |
| VC | 13.7 mV | 19.1 mV |
| VCE | 3.77 mV | 9.52 mV |
| IB | 24.45 μA | 24.6 μA |
| IC | 21.12 μA | 21.11 μA |
| IE | 45.45 μA | 44.28 μA |

Acercar un cerillo encendido al transistor durante 5 segundos y al mismo tiempo medir el voltaje VCE y la corriente IC y registrar el valor, posteriormente cambie el transistor 2N2222 por el BC547C y vuelva a medir los voltajes y corrientes del circuito:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 2N2222 | BC547C |
| VCE | 4.28 mV | 10.3 mV |
| IC | 21.12 μA | 21.12 μA |

## Circuito por Divisor de Voltaje

Arme el siguiente circuito:



Medir los voltajes y corriente siguientes del circuito, posteriormente cambie el transistor 2N2222 por el BC547C y vuelva a medir los voltajes y corrientes del circuito:

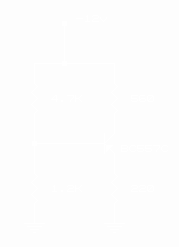
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 2N2222 | BC547C |
| VB | 2.42 V | 2.41 V |
| VC | 7.63 V | 7.65 V |
| VCE | 5.91 V | 5.94 V |
| IB | 18.594 μA | 23.7264 μA |
| IC | 7.809 mA | 7.782 mA |
| IE | 7.828 mA | 7.805 mA |

Acercar un cerillo encendido al transistor durante 5 segundos y al mismo tiempo medir el voltaje VCE y la corriente IC y registrar el valor, posteriormente cambie el transistor 2N2222 por el BC547C y vuelva a medir los voltajes y corrientes del circuito:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 2N2222 | BC547C |
| VCE | 5.72 V | 5.59 V |
| IC | 8.15 mA | 8.283 mA |

## Circuito por Divisor de Voltaje con transistor PNP

Arme el siguiente circuito:



Medir los voltajes y corrientes siguientes del circuito:

|  |  |
| --- | --- |
|  | BC557C |
| VB | 1.079 V |
| VC | 1.079 V |
| VCE | 32.4 mV |
| IB | 1.32 mA |
| IC | 0.64 μA |
| IE | 1.329 mA |

## Comparación de los resultados teóricos, prácticos y simulados

Analizar todos los valores y dar una explicación de las variaciones o diferencias que existan en los valores obtenidos tanto en lo teórico, simulado y práctico:

* **Teóricos:** Estos son los resultados de un circuito ideal, y para esto ocupamos la beta que nos indica el fabricante.
* **Prácticos:** Estos son los resultados reales que obtuvimos en laboratorio y varían razonablemente de los teóricos.
* **Simulados:** Estos resultados son los mas parecidos y aproximados a los teóricos, ya que varían ligeramente.

## Comparación de los resultados al variar la temperatura del transistor

Dar una explicación de las variaciones que sufra el VCE y la IC al variar la temperatura.

La IC en todos los casos se mantenía sin alteración alguna, excepto en el circuito por divisor de voltaje, en este caso si aumento la corriente.

El VCE en todos los casos disminuye su valor cuando usamos el transistor 2N222 y aumenta cuando aplicamos el calor al transistor BC547C.

# Cuestionario

1. **¿Cuál es la razón de la polarización del transistor?**

Una polarización correcta del transistor permite el funcionamiento de este mismo. Generalmente, la unión base-emisor se polariza directamente, y la unión base-colector se polariza inversamente.

1. **¿Qué nos representa la β (beta) del transistor?**

El parámetro beta indica la eficiencia de un transistor, relacionando la corriente del colector con la corriente de base. Mientras más alta sea beta, más eficiente es el transistor; es decir que, con una corriente de base pequeña, es capaz de entregar una corriente de colector grande.

1. **¿Qué nos representa la α (alfa) del transistor?**

El parámetro alfa hace referencia a la relación entre la corriente del colector y la corriente del emisor. Mientras más cercana a uno se encuentre esta relación, menor es la perdida entre estos terminales del transistor.

1. **¿Cuál de los circuitos anteriores es más estable con la temperatura?**

Es el Circuito Estabilizado en Emisor, pues tras realizar las mediciones en el aumento de la temperatura, la corriente en el colector (Ic) se mantuvo prácticamente igual, no presento aumento alguno, mientras que con el voltaje en colector (Vc), el aumento de este fue en lo más mínimo (de unas cuantas milésimas).

1. **Menciona que es el punto de operación del transistor:**

Es la región en la que el transistor puede trabajar para amplificar la señal ampliada dentro de un circuito. El punto de operación de un transistor se ve afectado por Vcc, RB y Rc, además de verse afectado por la ganancia de beta.

# Conclusiones

**Cruz Villalba Edwin Bernardo:**

Al parecer si existe una gran diferencia de lo práctico y lo teórico, también no siempre va a ser exacto ni cercano los valores beta de un transistor ya comprado y de la hoja de cálculos porque cada fabricante ya da por definido un hfe máximo y mínimo, y en algunos no viene un valor típico.

**Guzmán Gutiérrez Manuel:**

A través del desarrollo de esta práctica, personalmente, fui capaz de comprender mejor el uso y comportamiento de los transistores, pues este varía de acuerdo al modelo de transistor, pues obviamente también cambia su polaridad, valor de beta. Personalmente, también me resultó muy interesante el hecho de que el transistor pueda entregar diferentes voltajes en las distintas partes posibles de obtener de este, así como también en la corriente cambia de acuerdo en que punto se mida, especialmente verificar que las corrientes podían dar valores realmente pequeños, casi siendo iguales a cero.

**Castro Cruces Jorge Eduardo:**

En esta práctica logramos:

* Identificamos las terminales de un transistor con el multímetro.
* Analizamos las principales configuraciones de polarización del BJT.
* Establecimos cuál es la configuración más estable con la temperatura.
* Analizamos la importancia que tiene la β (beta) en el circuito de polarización.
* Interpretamos los resultados obtenidos en los circuitos empleados.
* Obtuvimos hfe de los transistores con ayuda del multímetro.

# Referencias

El transistor. [En línea]. Disponible en:

<https://www.electronicafacil.net/tutoriales/El-transistor.php>

C. Veloso. (18, marzo, 2016). Beta del transistor BJT. [En línea]. Disponible en:

<http://www.electrontools.com/Home/WP/2016/03/28/beta-del-transistor/>

Punto de operación Q. [En línea]. Disponible en:

<https://danieliyodiaz.wordpress.com/2015/05/20/punto-de-operacion-q/>