



1. TRANSISTOR BIPOLAR EN CONFIGURACIÓN DE EMISOR COMÚN

Este documento muestra el comportamiento del transistor bipolar tipo PNP en configuración de emisor común, las propiedades de este montaje y las diferentes regiones en las que éste trabaja. Los temas a tratar en esta lección son los siguientes:

- Transistor NPN en configuración de emisor común
- Propiedades del montaje emisor común
- Ganancia de corriente
- Regiones operativas del transistor bipolar
- El transistor como interruptor

1.1. Transistor NPN en montaje de emisor común

La figura 1 corresponde a un transistor tipo NPN en montaje de **emisor común**, esto es siendo el terminal de emisor común a los circuitos de entrada y salida. Los sentidos de circulación de corriente que se indican son para la unión base-emisor polarizada directamente, y para la unión base-colector polarizada en sentido inverso (esto es $V_{ce} > V_{be}$) usando un convenio usual de corrientes.

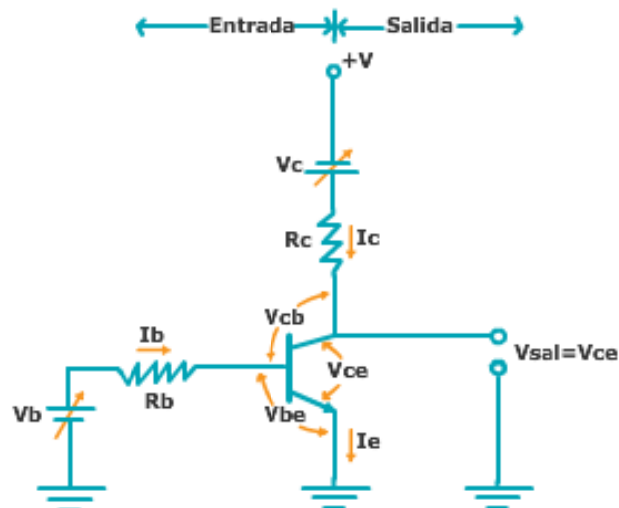


Figura 1. Circuito en configuración de emisor común



1.1.1. Propiedades del montaje de emisor común

Supongamos que V_b se ajusta hasta que la corriente de base I_b es igual a 0.02 [mA] constantes. Cuando la tensión de alimentación de colector V_c es nula y por tanto la tensión V_{ce} de colector-emisor también lo es, la corriente de colector I_c resulta ser igualmente nula. A medida que V_c aumenta hasta unas decimas de voltaje, la corriente I_c de colector aumenta también muy rápidamente como muestra la figura 2. Aumentos posteriores de V_c indican aumentos mínimos de I_c , es decir, la corriente de colector permanece casi constante.

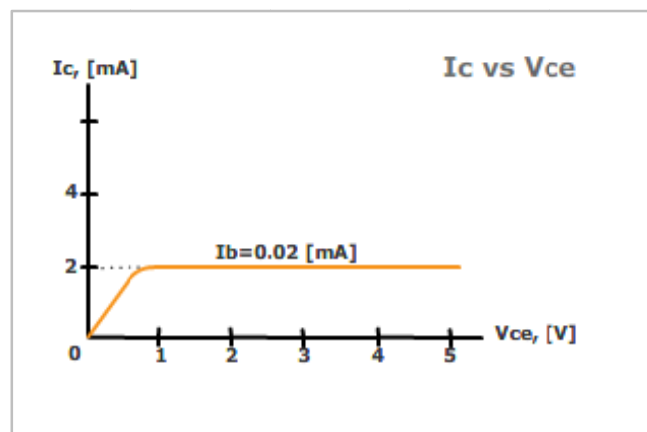


Figura 2. Gráfico de Corriente de colector vs Voltaje de colector emisor

Al graficar la corriente de colector I_c , en función de V_{ce} para diferentes valores de la corriente de base I_b , obtenemos la curva característica del transistor, ver figura 2. Observe que la corriente de colector se hace prácticamente constante para tensiones de colector-emisor superiores a algunas decimas de voltaje. Se observa además que la corriente de base controla la corriente de colector.

Nota: En la mayoría de los casos, la corriente de colector es casi 100 veces la corriente de base.

1.1.1.1. Ganancia de corriente h_{fe}

El cociente de corriente de colector I_c y corriente de base I_b se denomina ganancia de corriente h_{fe} :

$$h_{fe} = I_c / I_b$$

Nota: En un transistor bipolar I_b controla la magnitud de I_c

Por ejemplo, si $h_{fe} = 100$ y se aumenta V_b hasta que la corriente de base sea de 0.04 [mA], quedaría entonces:



$$I_c = h_{fe} * I_b = 100 * 0.04 = 4 \text{ [mA]} \quad I_c = 4 \text{ [mA]}$$

Igualmente, si $I_b=0.06 \text{ [mA]}$ entonces, $I_c = 6 \text{ [mA]}$

1.2. Regiones operativas del transistor bipolar

En esta configuración el transistor puede operarse en tres modos:

- ✓ **ACTIVO:** Cuando un transistor no está ni en su región de saturación ni en la región de corte entonces está en una región intermedia, la región activa. En esta región la corriente de colector, I_c , depende principalmente de la corriente de base, I_b , de h_{fe} (ganancia de corriente de un amplificador, es un dato del fabricante) y de las resistencias que hayan conectadas en el colector y emisor. Esta región es la más importante si lo que se desea es utilizar el transistor como un amplificador.

Ocurre cuando la corriente I_b fluye hacia la base, es decir, I_b es positivo y V_{ce} es más positivo que V_{be} .

$$I_b > 0 \quad \text{y} \quad V_{ce} > V_{be}$$

- ✓ **SATURADO:** En esta región se verifica que la tensión de colector-emisor es muy pequeña. $V_{ce} \leq 0.2 \text{ [V]}$, zona próxima al eje de coordenadas. Ver figura 3. Ocurre cuando I_b es positiva y V_{ce} es igual o menor que V_{be}

$$I_b > 0 \quad \text{y} \quad V_{ce} \leq V_{be}$$



Figura 3. Transistor como interruptor cerrado



- ✓ **CORTE:** Cuando no circula corriente por el emisor del transistor, lo cual se puede aproximar como la no circulación de corriente por el colector y la base, lo que significa que: $I_b=I_c=I_e=0$

$I_b = 0$ o negativa

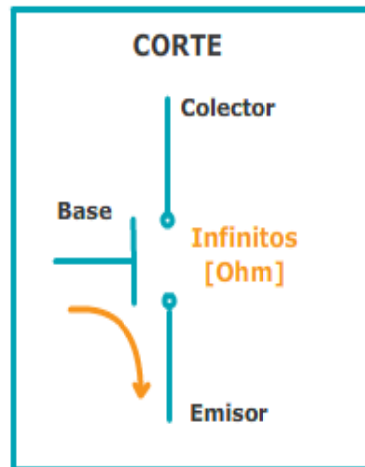


Figura 4. Transistor como interruptor abierto

La figura 5 muestra las diferentes regiones en las que opera el transistor. La zona vertical sombreada se denomina **Región de Saturación**. En esta región $V_{be} > V_{ce}$ por lo que la *unión colector base* tiene **polarización directa**. Además $V_{be} > 0$ la *unión base emisor* también está **directamente polarizada**. En la región de saturación, la corriente de colector I_c ya no está controlada por la corriente de base I_b , sino que viene limitada únicamente por la resistencia externa en el circuito de colector y emisor. La tensión de saturación de colector-emisor, $V_{ce(sat)}$, es del orden de algunas decimas de voltaje en la mayoría de los transistores usados en circuitos digitales. Nótese que la tensión de saturación depende de la corriente de colector. Cuando un transistor se encuentra saturado, o cerca de la saturación, presenta una resistencia muy baja y se comporta como **interruptor cerrado**. Ver figura 5.

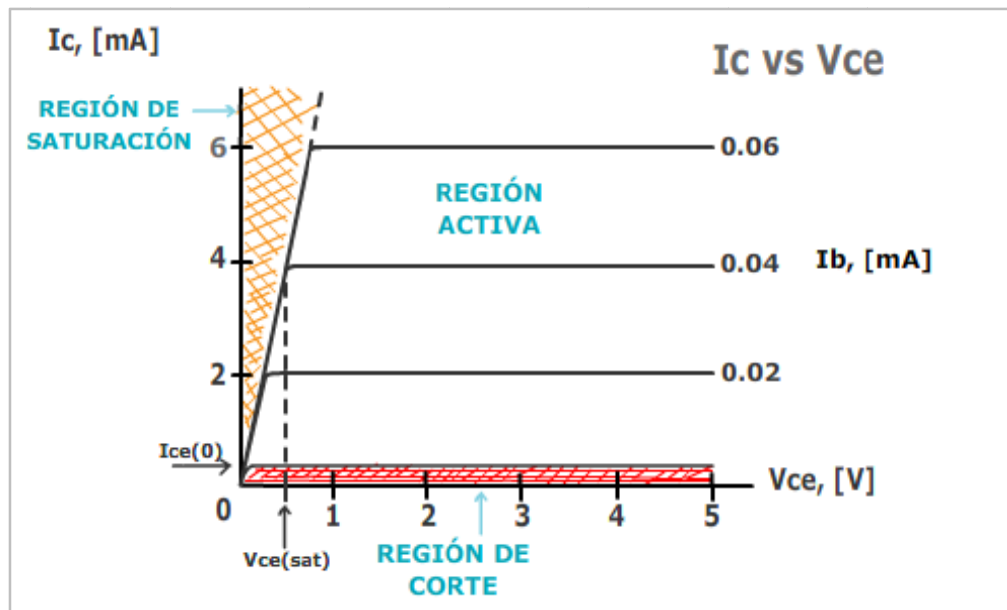


Figura 5. Curvas características para el montaje de emisor común

La zona sombreada horizontal se denomina **Región de Corte**, en esta región la tensión base-emisor es nula o negativa ($V_{be} \leq 0$) por tanto la *unión base-emisor* tiene **polarización inversa**. Si $V_{be} = 0$ no circula corriente alguna de base. Si $V_{be} < 0$ circula una corriente inversa que sale de la base. Puesto que $V_{ce} > V_{be}$ la *unión colector-base* tiene también **polarización inversa**. Para $I_b = 0$ la corriente de colector correspondiente I_{ce0} , llamada *corriente de fugas*, es prácticamente nula. El transistor presenta en el corte, o cerca de la zona de corte, una resistencia muy alta y se comporta pues como **interruptor abierto**. Ver figura 5.

En conclusión, si se controla la corriente de base se puede accionar el transistor como interruptor. Cuando la unión base-emisor tiene una *polarización directa* suficiente el interruptor situado entre colector y emisor está *cerrado*; si la polarización de la unión base-emisor es *inversa*, o insuficiente, el interruptor está *abierto*.

Nota: Recordemos que la corriente de base controla el paso de electrones de colector a emisor y por tanto puede bloquear (llevar a corte) o disparar (llevar a saturación) el transistor.



1.3. El transistor como interruptor

Idealmente el transistor debe conducir en el mismo instante en que aparece la corriente de base o pasar a circuito abierto en el mismo instante en que esta desaparece. En otras palabras, el transistor se convierte en corto circuito entre emisor y colector en el instante en que la corriente de base I_b alcanza el nivel de saturación, bajando instantáneamente la tensión de colector a cero: $V_{ce} \approx 0$ [V].

Pero en la realidad la tensión de colector tarda un determinado tiempo en cambiar su valor.

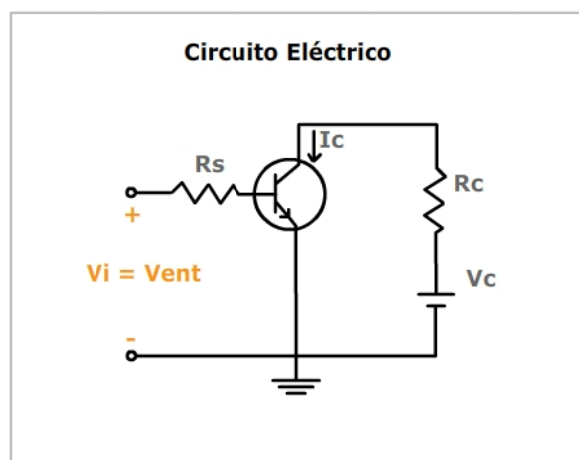


Figura 6. Circuito Eléctrico

Consideremos el interruptor de transistor de la figura 6, excitado por la onda de voltaje de entrada. Esta onda realiza transiciones entre los niveles de tensión V_2 y V_1 . Con V_2 el transistor está cortado, y con V_1 en saturación. La onda V_i de entrada se aplica entre la base y el emisor a través de una resistencia R_s , que puede incluirse explícitamente en el circuito o puede estar constituida por la impedancia de salida de la fuente que suministra esta onda.

Cuando la tensión de entrada (V_{ent}) es igual a cero, el transistor entra en región de corte, es decir, está bloqueado, hay infinitos ohmios de resistencia en la base y cuando la tensión de entrada (V_{ent}) alcanza el valor de la tensión de base (en estado de saturación) el transistor se satura.

$V_{ent} = 0$ [V]	transistor bloqueado (en corte)
$V_{ent} = V_b$	transistor saturado

La siguiente tabla muestra un resumen del comportamiento del transistor bipolar en las tres regiones en las que este puede operar.



Tabla 1. Resumen del comportamiento del transistor en sus tres regiones de operación

	POLARIZACIÓN	CONDICIONES	COMPORTAMIENTO	RESISTENCIA
SATURADO	UNIÓN COLECTOR BASE DIRECTA	$V_{be} > V_{ce}$ $V_{be} > 0$	INTERRUPTOR CERRADO	0 [Ohm]
	UNIÓN BASE EMISOR DIRECTA	$V_{ce} \leq 0.2 [V]$ $I_b > 0$		
CORTE	UNIÓN COLECTOR BASE INVERSA	$V_{be} < V_{ce}$ $V_{be} \leq 0$	INTERRUPTOR ABIERTO	Infinitos [Ohm]
	UNIÓN BASE EMISOR INVERSA	$I_b \leq 0$ $I_b = I_c = I_e = 0$		
ACTIVO		$I_b > 0$ $V_{be} < V_{ce}$	AMPLIFICADOR	

Conclusión: Podemos considerar el transistor como un interruptor electrónico que:

1. Está cerrado cuando se encuentra en saturación. ($R = 0\Omega$)
2. Está abierto cuando se encuentra en corte. ($R = \infty\Omega$)

Bibliografía

- GONZALEZ, Luis Ignacio. Introducción a los sistemas digitales. Páginas 41-43.
- DEMPSEY, John A. Electrónica Digital Básica Con Aplicaciones MSI. México, DF. Editorial Alfaomega, 1992. 48-49 p. ISBN 968-6223-68-1