

TRANSISTORES BIPOLARES (BJT)

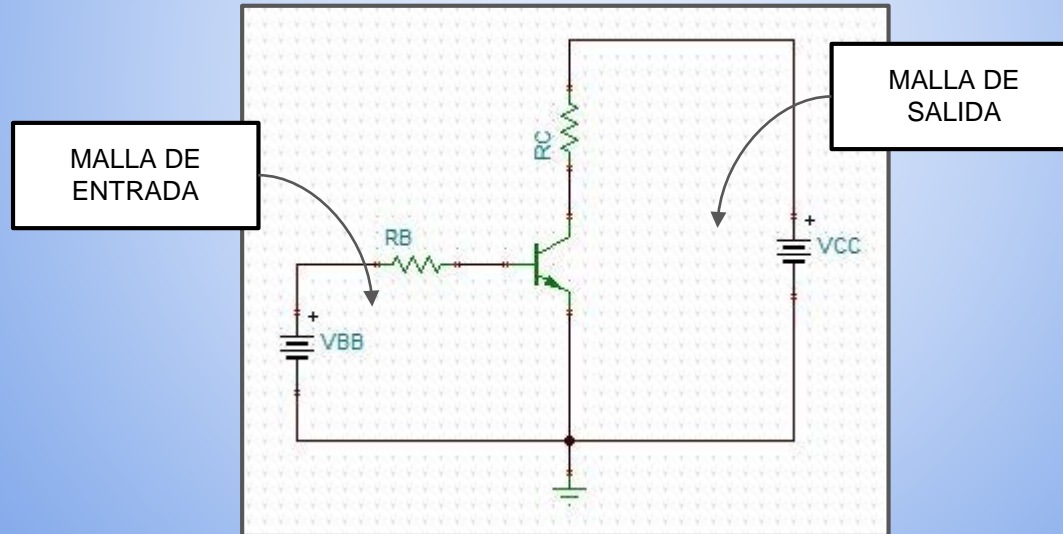
SEGUNDA PARTE

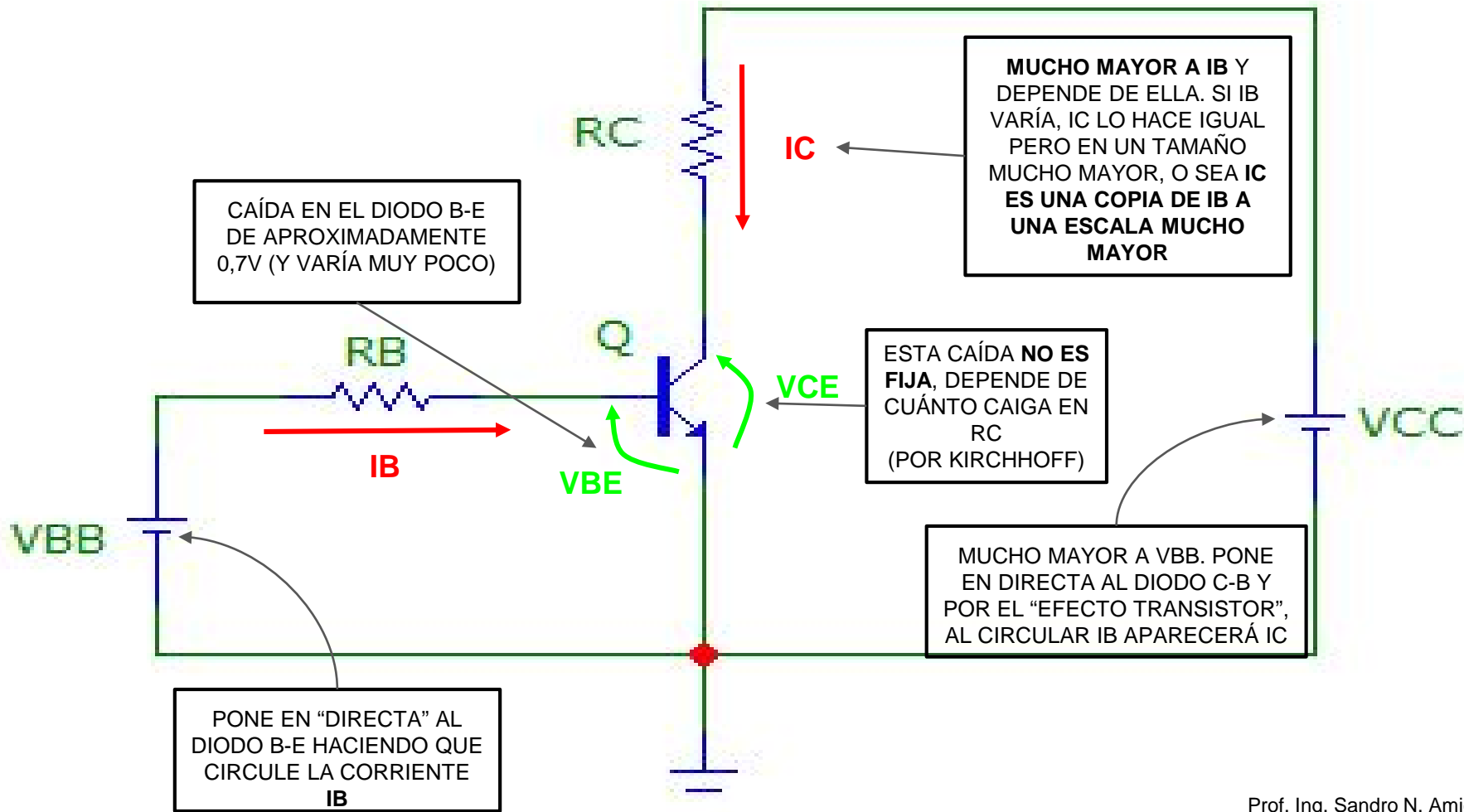
PUESTA EN FUNCIONAMIENTO (POLARIZACIÓN)



CIRCUITO DE POLARIZACIÓN

Para poder utilizarlo como amplificador, el transistor se debe alimentar o polarizar mediante tensiones continuas, formando un circuito de dos mallas





DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO

- Con V_{BB} se polariza en directa el diodo “base - emisor” y circula una corriente de base (I_B).
- Con V_{CC} (mucho mayor que V_{BB}) se polariza en inversa el diodo “base - colector”. Luego por el llamado “Efecto transistor”, I_B provoca la circulación de la corriente de colector I_C , de valor mucho mayor y dependiente de ella. Si I_B varía, I_C también lo hace de la misma forma. **Es decir que I_C es una copia de I_B en una escala mucho más grande.** Entonces si en la malla de entrada colocamos una fuente de señal que haga variar a I_B (por ejemplo un micrófono), esas variaciones aparecerán en I_C pero en un tamaño mayor, es decir **AMPLIFICADAS**.
- La tensión V_{BE} es la caída de un diodo en directa, por lo que su valor siempre estará alrededor de los 0,7V.
- La tensión V_{CE} no es fija. El transistor entre colector y emisor se comporta como una resistencia, por lo que la caída de tensión dependerá del resto de la malla (por la 2° ley de Kirchhoff)

EXPRESIONES MATEMÁTICAS

$$\frac{I_C}{I_B} = HFE$$

LA RELACIÓN ENTRE LA CORRIENTE DE COLECTOR Y LA DE BASE QUE LA PROVOCA SE LLAMA “**GANANCIA DE CORRIENTE DEL TRANSISTOR (HFE)**” Y ES UN VALOR QUE SE ENCUENTRA EN LA HOJA DE DATOS DEL MISMO

Entonces **$I_C = HFE \times I_B$** , donde se ve que la ganancia es la cantidad de veces en las que I_C es mayor a I_B .

Como HFE es la relación entre dos corrientes no tiene unidades, es sólo un número, decimos “cantidad de veces que amplifica el transistor”

Por ejemplo en un BC548B, el HFE típico es de 300, lo que significa que I_C será 300 “veces” más grande que I_B .

EXPRESIONES MATEMÁTICAS

EN LA MALLA DE SALIDA APLICAMOS LA 2° LEY DE KIRCHOFF:

$$V_{CC} = V_{CE} + V_{RC}$$

$$V_{CC} = V_{CE} + I_C \times R_C$$

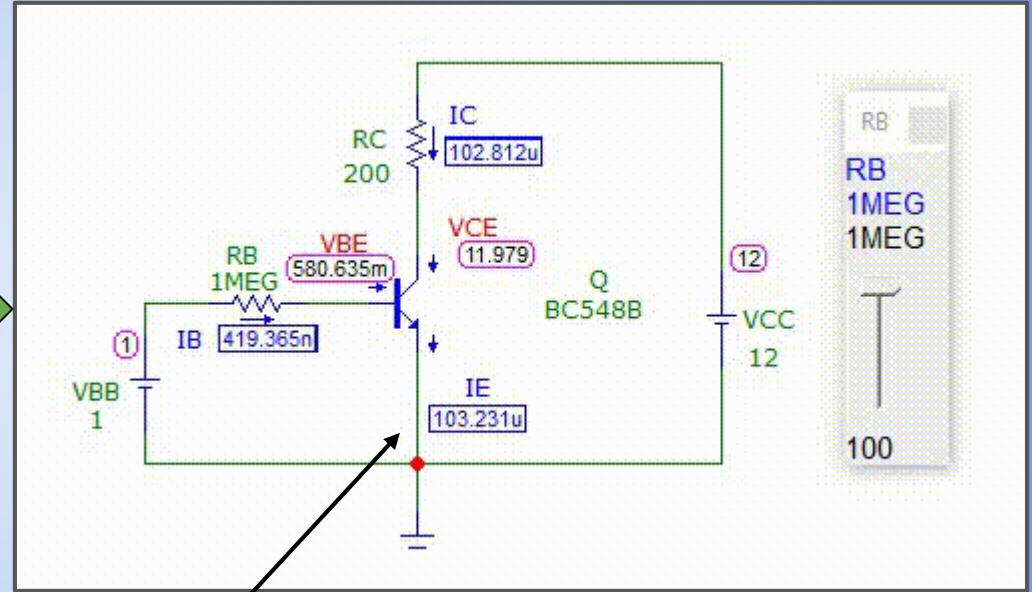
SI AHORA DESPEJAMOS V_{CE} NOS QUEDA:

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \times R_C$$

Esta expresión nos dice que **V_{CE} depende de I_C** , ya que el resto de los elementos son fijos (V_{CC} y R_C). Si aumenta I_C , el segundo término (que está restando) aumenta y por lo tanto V_{CE} disminuye.

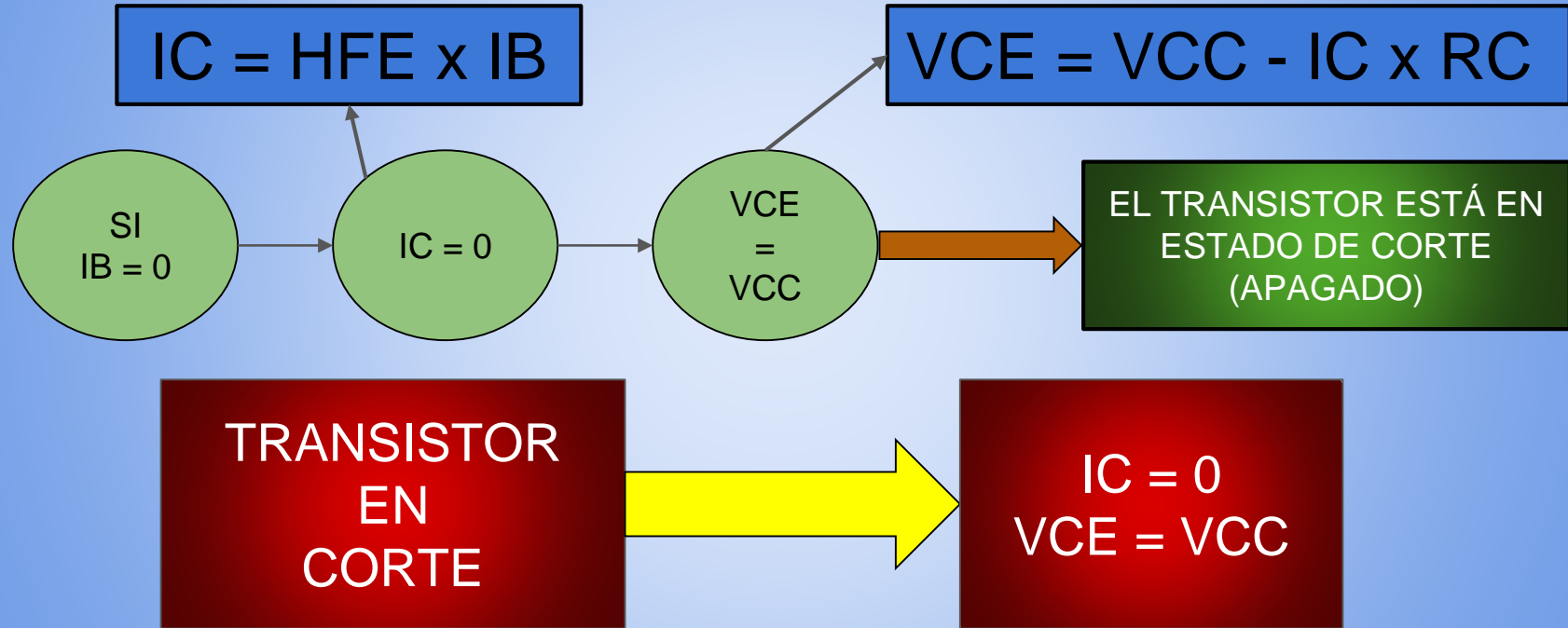
Entonces V_{CE} sigue las mismas variaciones que I_C pero al revés (cuando I_C aumenta V_{CE} disminuye).

En esta simulación podemos ver cómo a medida que aumenta I_B también aumenta I_C , mientras que V_{CE} disminuye. También se observa que V_{BE} varía muy poco.



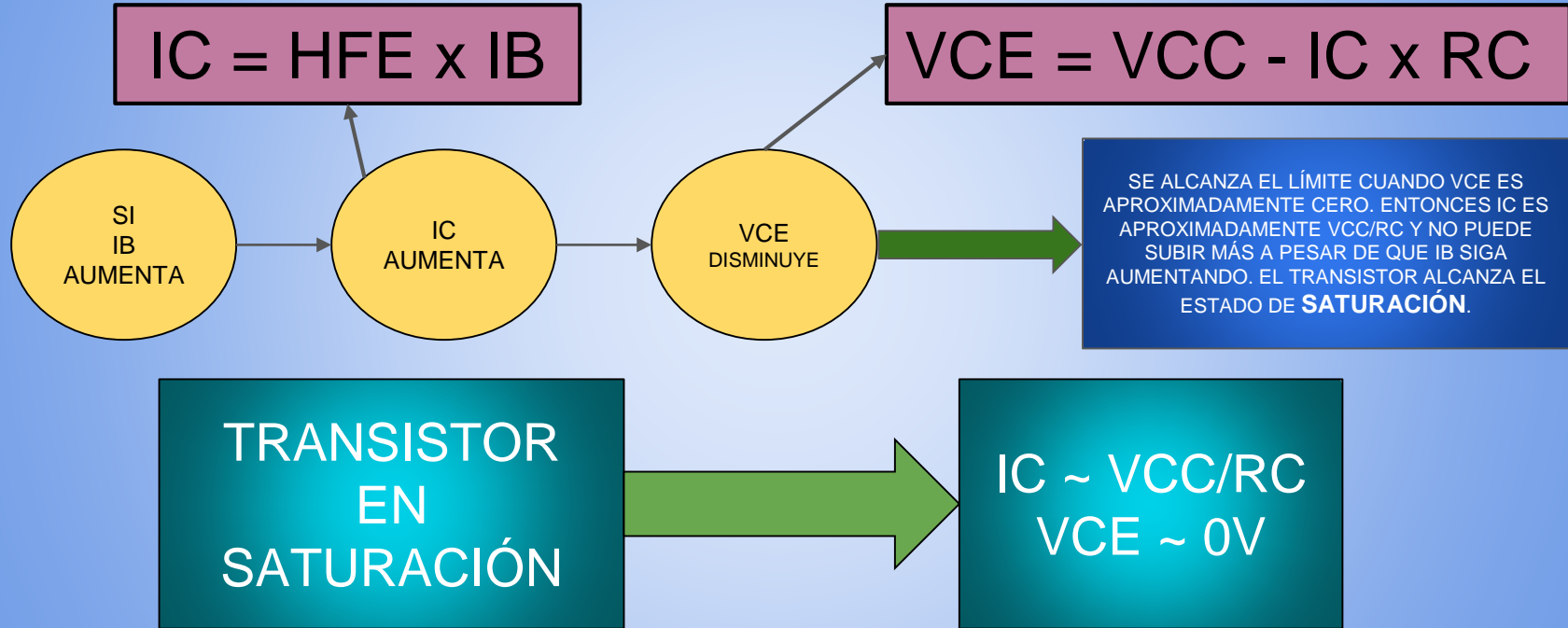
¿Por qué la corriente en el emisor es un poco mayor que en colector?

OBSERVANDO ESTAS EXPRESIONES (Y TAMBIÉN LA SIMULACIÓN)



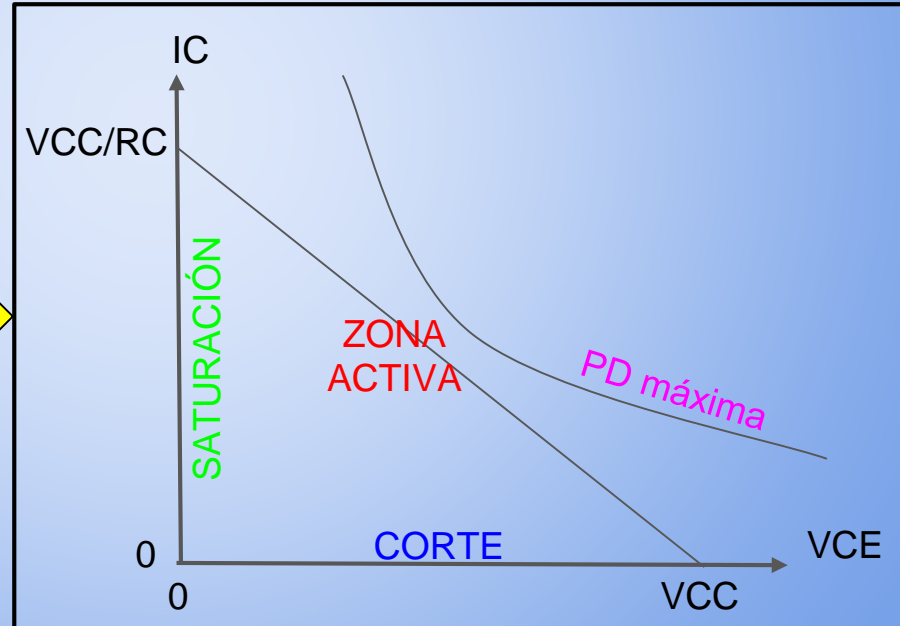
EL TRANSISTOR NO CONDUCE CORRIENTE Y SOPORTA ENTRE COLECTOR Y EMISOR TODA LA TENSIÓN DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN

OBSERVANDO ESTAS EXPRESIONES (Y TAMBIÉN LA SIMULACIÓN)

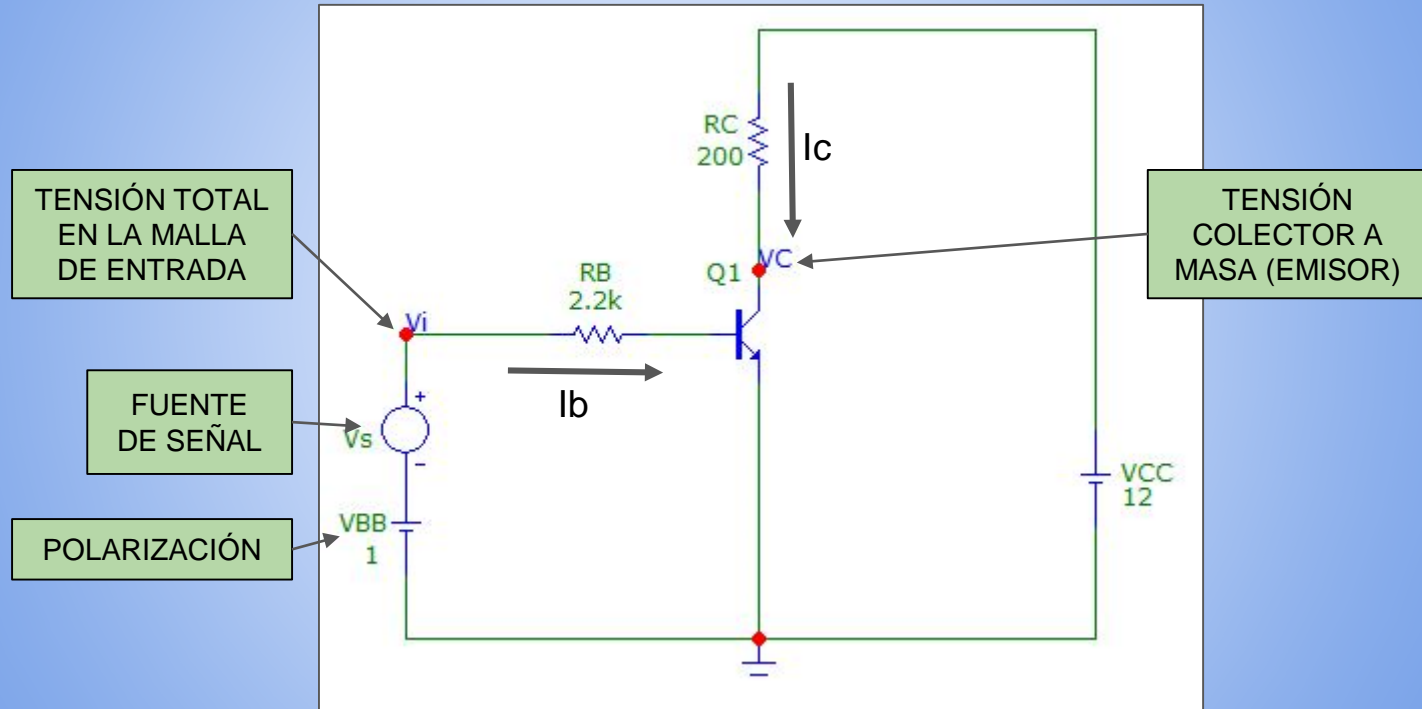


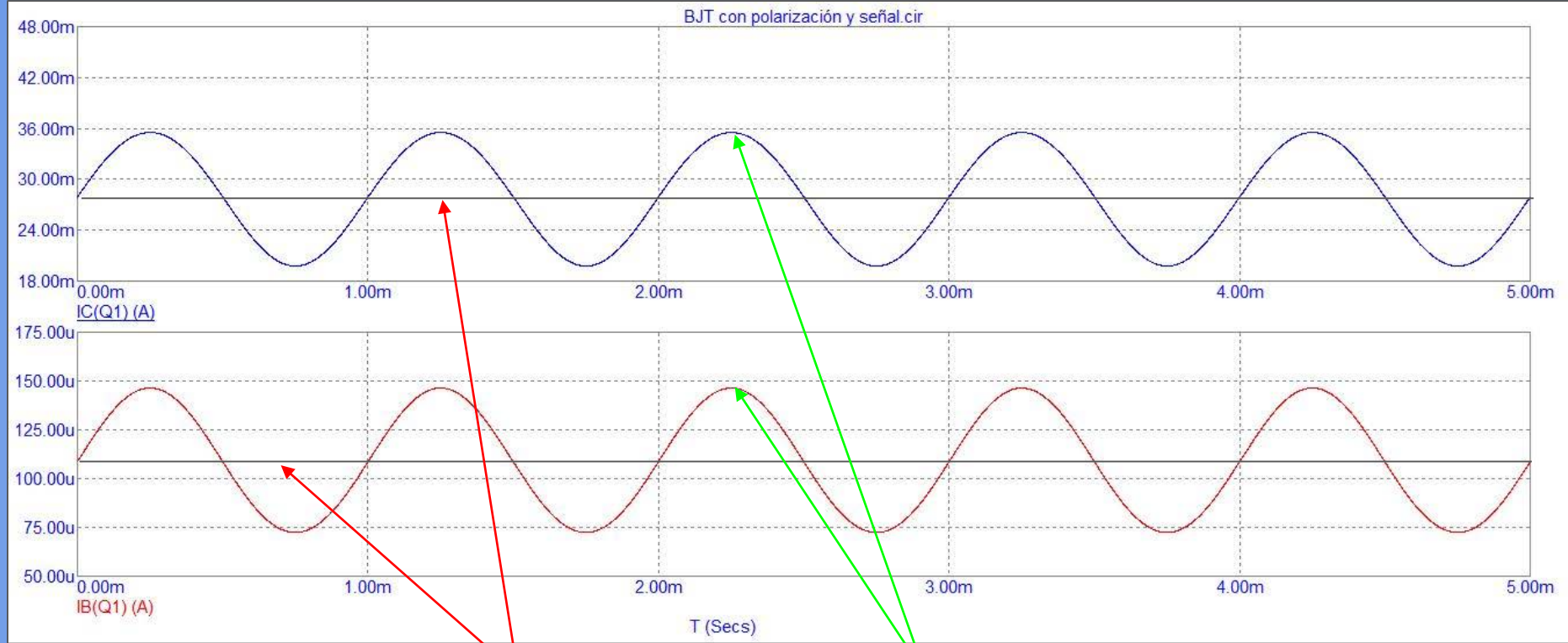
EL TRANSISTOR CONDUCE TODA LA CORRIENTE QUE EL CIRCUITO DETERMINA (VCC/RC) Y LA TENSIÓN ENTRE COLECTOR Y EMISOR ES PRÁCTICAMENTE CERO.

El conjunto de valores de I_C y V_{CE} que se encuentran entre el corte y la saturación forman parte de la ZONA ACTIVA, donde el transistor trabaja como amplificador, siempre y cuando no se supere la máxima potencia que el mismo puede disipar, es decir que $PD = V_{CE} \times I_C$ no supere el valor máximo indicado en la hoja de datos.



Veamos qué sucede cuando introducimos en la entrada una fuente de señal que haga variar la corriente de base:





VALOR DE REPOSO
PROVOCADO POR
LA POLARIZACIÓN

VARIACIÓN
PROVOCADA POR LA
SEÑAL DE ENTRADA

Notemos que la señal de entrada provoca una variación en I_b de unos $30\mu A$, y esta hace variar I_c en unos $8mA$ (o sea unas **266** veces mayor)

BJT con polarización y señal.cir



VALOR DE REPOSO
(POLARIZACIÓN)

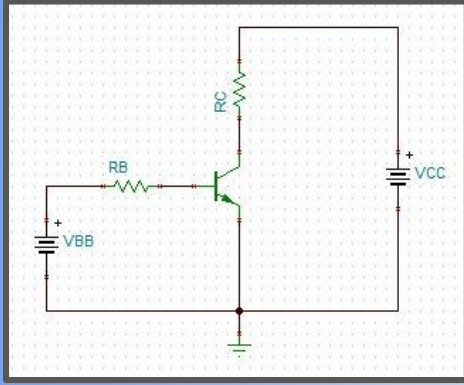
VARIACIÓN
PROVOCADA POR LA
SEÑAL DE ENTRADA

Una señal de 100mV en la entrada provoca una variación de unos 1,5V la salida (unas **15 veces mayor**), que además está invertida (¿por qué?)

COSAS QUE PODEMOS OBSERVAR

- La variación de IB provoca la variación de IC pero en un tamaño mucho mayor.
- Una señal aplicada en la entrada aparece entre colector y emisor, más grande (amplificada) pero invertida (o también decimos desfasada 180°).
- La inversión de fase se debe a que, en la malla de salida, al aumentar IC disminuye VCE (lo vimos en la expresión de la ley de Kirchhoff).
- Todas las variaciones se producen alrededor de los valores de continua que se establecen mediante las fuentes y resistores de polarización. Esto es necesario para que el transistor pueda amplificar la parte negativa de las señales. Si miramos las simulaciones veremos que por más que varíen las corrientes y tensiones, siempre son positivas, porque están superpuestas a la continua de polarización.
- Todo lo anterior sucede si el transistor se polariza en su zona activa, lejos del corte y de la saturación.
- Corte y saturación no son situaciones peligrosas para el transistor. Por el contrario se los utiliza en esos dos estados como llaves electrónicas, ya que el corte es un estado de apagado y la saturación de encendido total (lo veremos posteriormente).

CIRCUITOS BÁSICOS DE POLARIZACIÓN



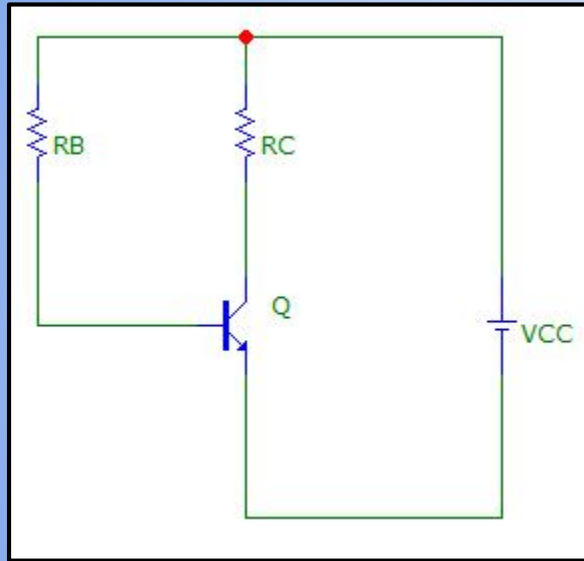
SI BIEN EL
TRANSISTOR
ASÍ ESTÁ
POLARIZADO

NO ES
PRÁCTICO USAR
2 FUENTES DE
ALIMENTACIÓN

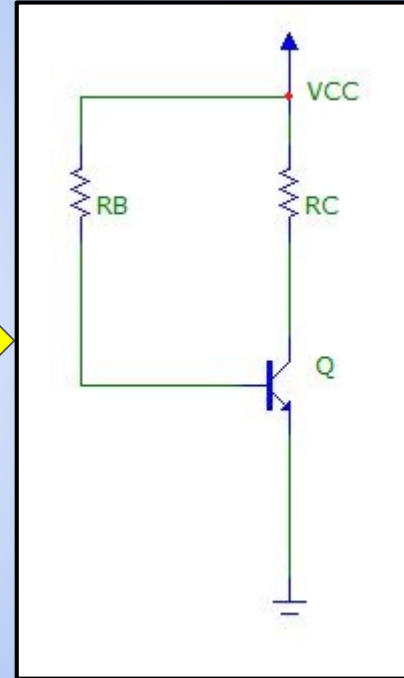
SE USA
SOLAMENTE
 V_{CC} Y UN
CONJUNTO DE
RESISTORES

ESTO DA LUGAR A DIFERENTES
CIRCUITOS DE POLARIZACIÓN,
ALGUNOS MUY SIMPLES Y OTROS
CON MAYOR COMPLEJIDAD

CIRCUITO DE POLARIZACIÓN FIJA



O MÁS PRÁCTICO



La alimentación para la malla de entrada (V_{BB}) se obtiene a partir de V_{CC} con un adecuado valor de R_B para fijar la I_B de polarización necesaria

RECORREMOS LAS MALLAS (2° LEY DE KIRCHHOFF)

MALLA DE ENTRADA:

$$VCC = I_B \times R_B + V_{BE}$$

MALLA DE SALIDA:

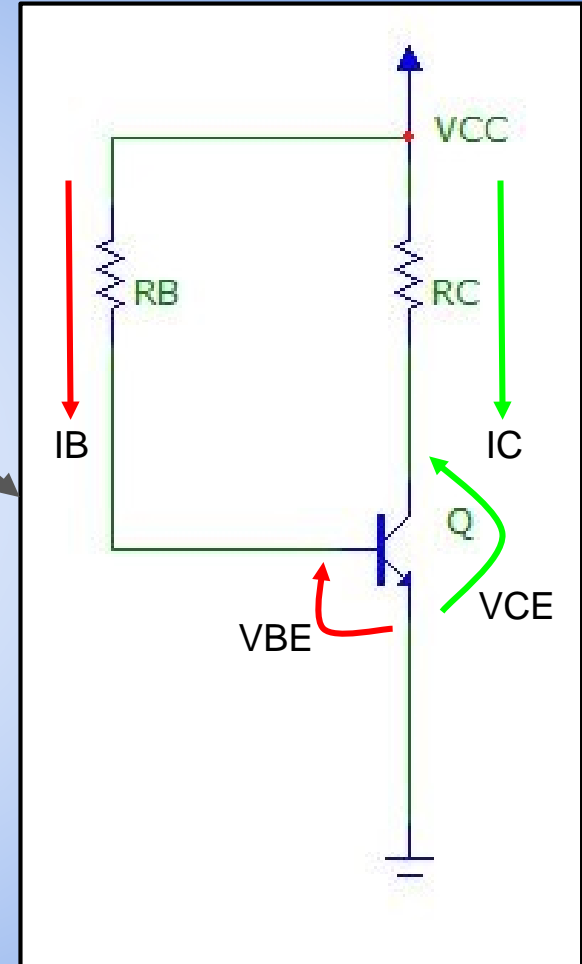
$$VCC = I_C \times R_C + V_{CE}$$

VENTAJA:

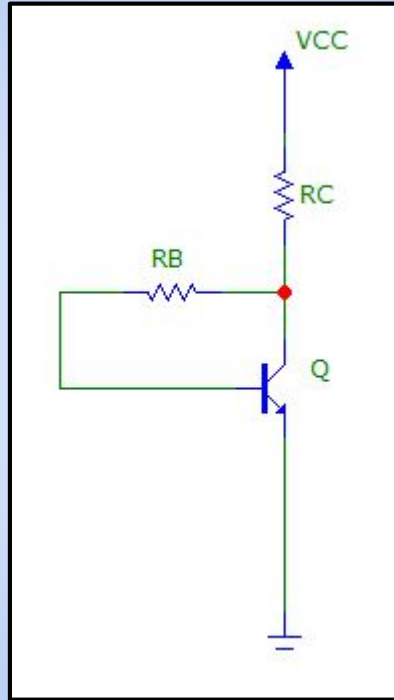
- Simple, pocos componentes. Fácil de calcular.

DESVENTAJA:

- La I_B es fija, depende de VCC y R_B . El HFE y la V_{BE} varían con la temperatura e incluso entre dos transistores iguales (esto último se llama **dispersión de los parámetros**). Esto provoca que I_C pueda correrse del valor esperado e incluso provocar la distorsión de la señal que se está amplificando.



AUTOPOLARIZACIÓN POR COLECTOR



En lugar de usar V_{CC} para alimentar la malla de entrada se usa V_{CE} , que no es fija sino que depende de I_C . Con esto se consigue una mejora en la estabilidad de I_C frente a cambios de temperatura.

RECORREMOS LAS MALLAS (2° LEY DE KIRCHHOFF)

MALLA DE ENTRADA:

$$V_{CE} = I_B \times R_B + V_{BE}$$

MALLA DE SALIDA:

$$V_{CC} = (I_C + I_B) \times R_C + V_{CE}$$

como I_B es muy pequeña frente a I_C la podemos despreciar acá y nos queda:

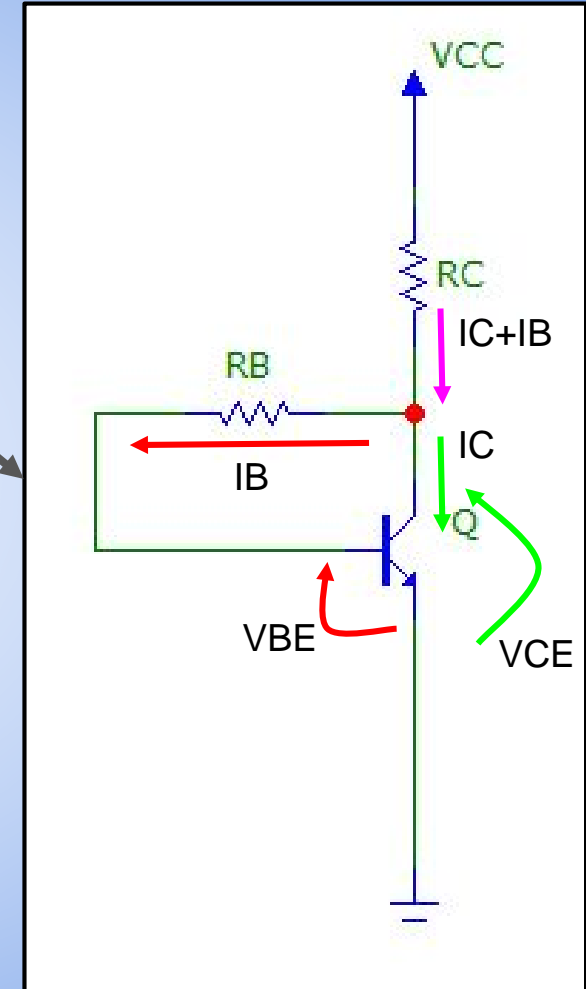
$$V_{CC} = I_C \times R_C + V_{CE}$$

VENTAJAS:

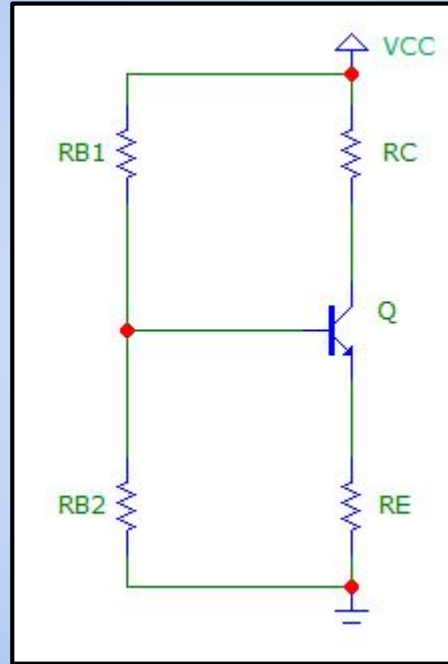
- Simple, pocos componentes. Fácil de calcular.
- Como I_B depende ahora de V_{CE} , que a la vez depende de I_C , si ésta última aumenta (por los motivos vistos) V_{CE} disminuye, bajando I_B . Esto hace bajar I_C . Es decir que una variación en I_C es de cierta forma compensada por el circuito modificando I_B .

DESVENTAJAS:

- La compensación hace que el circuito amplifique menos que con polarización fija.



POLARIZACIÓN CON DIVISOR DE TENSIÓN



Gracias al divisor de tensión RB1-RB2 en la base y a RE se puede lograr mucha estabilidad de la polarización.

VENTAJAS:

- La estabilidad del circuito se puede ajustar durante el diseño calculando adecuadamente el valor del divisor de tensión (R_{B1} - R_{B2}) y de R_E .
- Es el circuito que proporciona la mejor polarización para el transistor.

DESVENTAJAS:

- Mayor número de componentes.
- Es más complejo de analizar y calcular.
- Demasiada estabilidad puede perjudicar otras características del amplificador.

EN ESTA SEGUNDA PARTE PUDIMOS VER:

- La corriente de colector I_C depende de la corriente de base I_B y están relacionadas por un parámetro del transistor llamado “Ganancia de corriente” (HFE) y que se encuentra en la hoja de datos de cada uno.
- Para que el transistor funcione como amplificador se lo debe polarizar mediante tensiones continuas formando un circuito con 2 mallas.
- Si aplicamos una señal variable en la malla de entrada la obtenemos amplificada (e invertida) en la malla de salida.
- Los extremos del funcionamiento del transistor son el CORTE (apagado) y la SATURACIÓN (encendido). En el medio está la ZONA ACTIVA donde trabaja como amplificador (limitada por la máxima disipación de potencia).
- En la práctica se usan circuitos con resistores para polarizar correctamente al transistor, desde muy simples hasta otros más complejos que mejoran la estabilidad del funcionamiento.