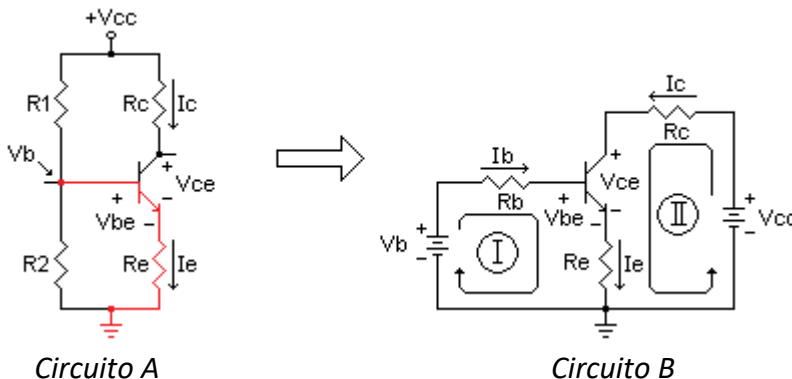


CÁLCULO DEL PUNTO DE OPERACIÓN Q (I_c , V_{ce}) DEL TBJ

El cálculo del *Punto de Operación Q*, se puede realizar por dos métodos:

- Método Exacto
- Método Aproximado

Para simplificar el *circuito A*, se aplica el equivalente de Thevenin en el lado de la base del transistor (malla formada por V_{cc} , R_1 y R_2) dando como resultado el *circuito B*.



Consideraciones:

$$\begin{aligned} I_C &= \beta I_B & \dots\dots a \\ I_E &\approx I_C \text{ si } \beta \gg 1 & \dots\dots b \\ I_E &= (\beta + 1) I_B & \dots\dots c \\ V_{be} &= 0.7V & \dots\dots d \end{aligned}$$

De la malla II del circuito B (a la salida del transistor), tenemos que:

$$V_{cc} = I_C R_C + V_{ce} + I_E R_E \quad \dots\dots 1$$

Utilizando la consideración *b*, entonces la ecuación 1 queda como sigue:

$$V_{cc} = I_C (R_C + R_E) + V_{ce} \quad \dots\dots 2$$

Despejando I_C tenemos que:

$$I_C = - \left(\frac{1}{R_C + R_E} \right) V_{ce} + \frac{V_{cc}}{R_C + R_E} \quad \dots\dots 3$$

La ecuación 3 representa la *Recta de Carga*, observen que tiene la forma conocida de $y = -mx + b$

Método Exacto

Para este método, es necesario conocer el valor de la β del transistor (ganancia h_{FE}) y realizar el cálculo como sigue:

Del circuito A obtenemos las siguientes ecuaciones:

$$V_b = \frac{R_2 V_{cc}}{R_1 + R_2} \quad R_b = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Nota:

V_b es el voltaje en la base del transistor, formador por el divisor de voltaje de R_1 y R_2

R_b es la resistencia del equivalente de Thevenin, estos, el paralelo las resistencias R_1 y R_2



De la malla I del circuito B (a la entrada del transistor), tenemos:

$$V_b = I_b R_b + V_{be} + I_e R_e \quad \dots 4$$

Utilizando la consideración c, entonces la ecuación 4 queda como sigue:

$$V_b = I_b [R_b + (\beta + 1) R_e] + V_{be} \quad \dots 5$$

Despejando I_b tenemos que:

$$I_b = \frac{V_b - V_{be}}{R_b + (\beta + 1) R_e} \quad \dots 6$$

La corriente de base I_b ya se puede calcular ya que no hay más incógnitas en la ecuación, por lo tanto por la fórmula de la ganancia del transistor (consideración a), la corriente de colector queda como sigue:

$$I_c = \beta I_b \quad \dots 7$$

Despejando V_{ce} de la ecuación 2, tenemos que:

$$V_{ce} = V_{cc} - (R_c + R_e) I_c \quad \dots 8$$

Por lo tanto, de las ecuaciones 7 y 8 se obtiene el **Punto de Operación Q (I_c , V_{ce})**

Método Aproximado

Para este método no se tiene dependencia de la β , por lo tanto es más sencillo el cálculo, aun así, debemos aplicar las mismas consideraciones del método anterior.

De la malla en rojo del circuito A (a la entrada del transistor), tenemos:

$$V_b = V_{be} + I_e R_e \quad \dots 9$$

Utilizando la consideración b, entonces la ecuación 9 queda como sigue:

$$V_b = V_{be} + I_c R_e \quad \dots 10$$

Despejando I_c tenemos que:

$$I_c = \frac{V_b - V_{be}}{R_e} \quad \dots 11$$

Nota:

V_b es el divisor de voltaje de R_1 y R_2

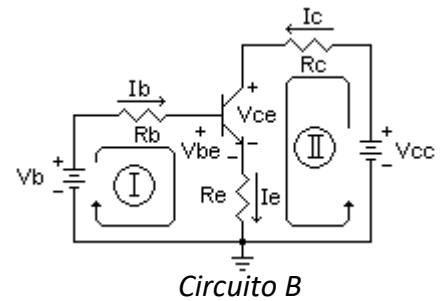
V_{be} es el voltaje de encendido de la juntura be

La corriente de colector I_c ya se puede calcular debido a que ya no hay más incógnitas en la ecuación.

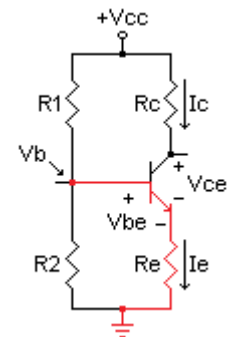
Como se hizo para el método exacto, despejamos V_{ce} de la ecuación 2 que se obtuvo de la malla II del circuito B, por lo tanto:

$$V_{ce} = V_{cc} - (R_c + R_e) I_c \quad \dots 12$$

Por lo tanto, de las ecuaciones 11 y 12 se obtiene el punto de operación **Q (I_c , V_{ce})**



Circuito B



Circuito A