

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA E INFORMÁTICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MASSACHUSETTS
CAMBRIDGE, MASSACHUSETTS 02139**

ESTABILIDAD DE POLARIZACIÓN DE TRANSISTORES EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE β_F
por Ron Roscoe

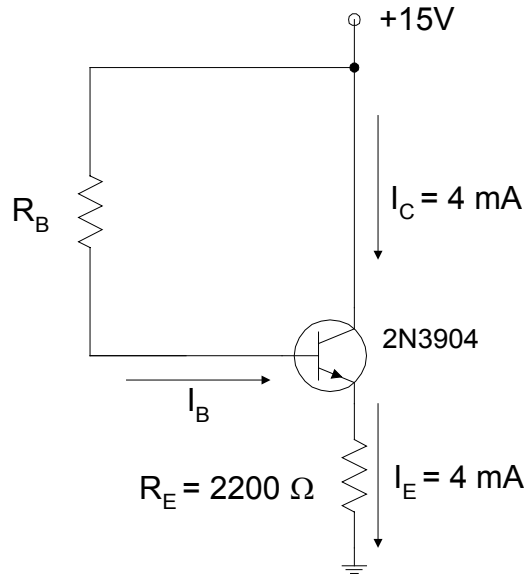


Figura 1. Circuito de polarización de transistor de una sola resistencia.

$$\beta_F = 100; \quad I_C = \beta_F I_B; \quad I_E = (\beta_F + 1) I_B; \quad I_E \approx I_C$$

$$I_B R_B + 0.7V + I_C R_E = V_{CC}$$

$$I_B R_B + 0.7V + \beta_F I_B R_E = V_{CC}$$

$$I_B (R_B + \beta_F R_E) = V_{CC} - 0.7V$$

$$I_B = \frac{(V_{CC} - 0.7V)}{R_B + \beta_F R_E} \quad (1)$$

$$I_C = \frac{\beta_F (V_{CC} - 0.7V)}{R_B + \beta_F R_E} \quad (2)$$

$$R_B + \beta_F R_E = \frac{\beta_F (V_{CC} - 0.7V)}{I_C}$$

$$R_B + 100 \times 2200\Omega = \frac{100(15V - 0.7V)}{4mA}$$

$$R_B + 220k\Omega = \frac{1430}{4} \times 10^3\Omega$$

$$R_B + 220k\Omega = 358k\Omega$$

$$R_B = 138k\Omega$$

Variación de la corriente del colector con Beta

I_C	β_F
2,9 mA	50
4,0 mA	100
5,0 mA	200
5,4 mA	300
$\Delta I_C = 2,5 \text{ mA}$	

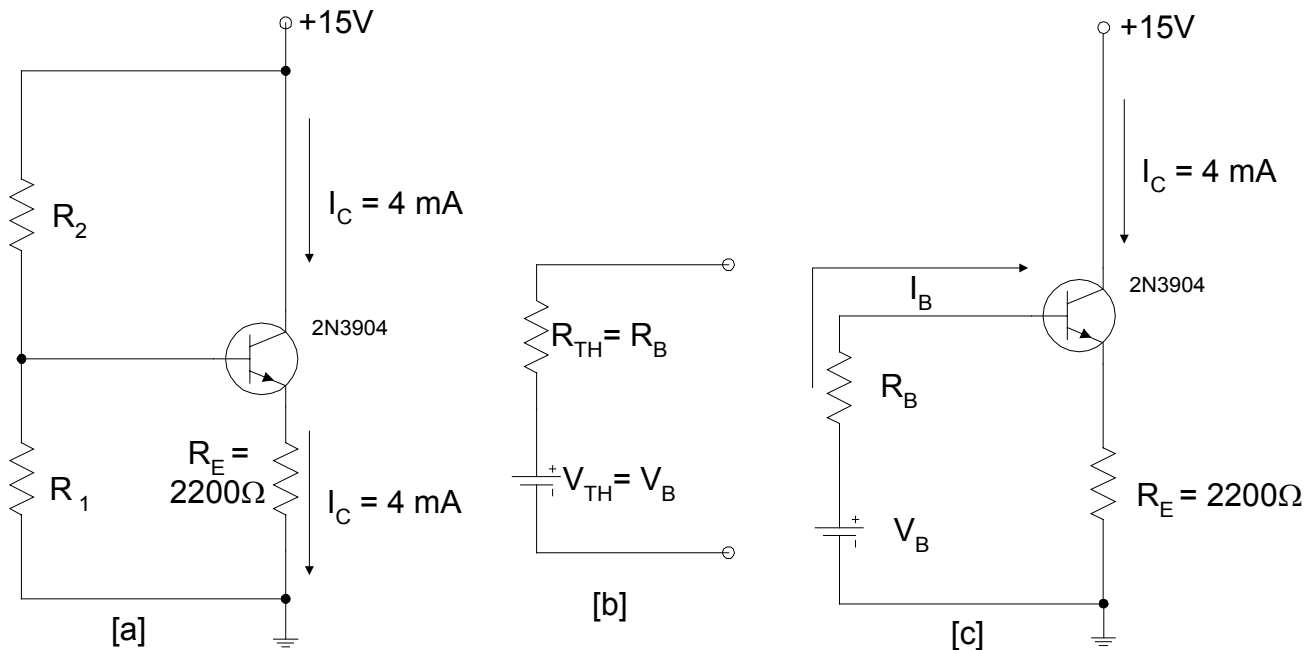


Figura 2. Análisis de un circuito de polarización de dos resistencias y del equivalente Thevenin.

$$V_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{CC} \quad (3)$$

$$R_B = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (4)$$

$$V_B - I_B R_B - 0.7V - I_C R_E = 0$$

$$V_B = I_B R_B + 0.7V + \beta_F I_B R_E$$

$$V_B - 0.7V = I_B R_B + \beta_F I_B R_E = I_B (R_B + \beta_F R_E)$$

$$I_B = \frac{(V_B - 0.7V)}{R_B + \beta_F R_E} \quad (5)$$

$$I_C = \frac{\beta_F (V_B - 0.7V)}{R_B + \beta_F R_E} \quad (6)$$

La ecuación (6) tiene dos incógnitas: V_B y R_B . Si analizamos el denominador de la ecuación (6), observamos que si se mantiene un valor pequeño de R_B en comparación con el producto $\beta_F R_E$, entonces se cancelará β_F en el numerador y el denominador, si podemos ignorar R_B . Como regla general, si R_B se mantiene en un valor no superior a diez veces R_E se dará una buena estabilidad de polarización sobre un amplio margen de valores β_F . R_B no se puede reducir a cero ya que la impedancia interna de la batería es cero y, por lo tanto, cualquier fuente AC con condensadores acoplados a la etapa de transistor se acortará. Continuaremos el ejemplo utilizando $R_B = 22k\Omega$. A continuación, podemos resolver la ecuación (6) para V_B .

$$4mA \times (22k\Omega + 220k\Omega) = 100(V_B - 0.7V)$$

$$4mA \times 242k\Omega = 100V_B - 70$$

$$968 + 70 = 100V_B$$

$$V_B = 10.4V$$

Dado $V_B = 10,4 V$ y $R_B = 22k\Omega$, podemos resolver las ecuaciones (3) y (4) para R_1

$$V_B = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times V_{CC}$$

$$\text{y } R_2 \cdot R_1 + R_2 = R_1 \left(\frac{V_{CC}}{V_B} \right) = R_1 \left(\frac{15V}{10.4V} \right) = 1.45R_1$$

$$R_1 + R_2 = 1.45R_1$$

$$0.45R_1 = R_2$$

$$\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = R_B = 22k\Omega$$

$$\frac{R_1 \times 0.45 R_1}{R_1 + 0.45 R_1} = 22k\Omega$$

$$\frac{0.45 R_1^2}{1.45 R_1} = 22k\Omega$$

$$0.310 R_1 = 22k\Omega$$

$$R_1 = 70.9k\Omega \quad \text{use } 68k\Omega$$

$$R_2 = 0.45 R_1 = 0.45 \times 70.9k\Omega = 31.9k\Omega \quad \text{use } 33k\Omega$$

Compruebe la variación de I_C con modificación en β_F mediante la ecuación (6):

$$I_C = \frac{\beta_F (V_B - 0.7V)}{R_B + \beta_F R_E} \quad (6)$$

$$I_C = \frac{\beta_F (10.4 - 0.7V)}{22k\Omega + \beta_F 2200\Omega}$$

I_C	β_F
3,7 mA	50
4,0 mA	100
4,2 mA	200
4,3 mA	300
$\Delta I_C = 0,6 \text{ mA}$	

Si observamos el circuito parcial que se muestra en la figura 2c, podemos ver que nuestro objetivo es mantener el producto de la corriente del colector (emisor) y la resistencia del emisor constantes. Esta tensión es de 8,8 voltios para $I_C = 4 \text{ mA}$. Observe que la tensión de base-emisor de 0,7V es fundamentalmente constante. Si podemos mantener la caída de tensión a causa de $I_B R_B$ lo más pequeña posible, manteniendo R_B pequeño (ya que no tenemos control sobre I_B), entonces es obvio que la caída de tensión de la resistencia del emisor se ajusta principalmente por la tensión de batería de V_B menos la tensión de base-emisor.