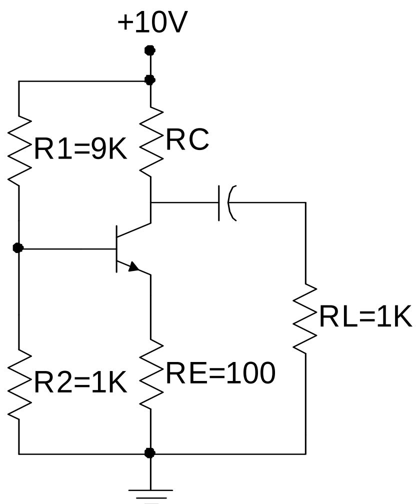
Problema 5

Hallar la *RC* para una máxima excursión de la tensión de salida.



$VCE_{SAT} \cong 1V$

$\beta = 100$

condición para máxima excursión:

$$ICQ \cdot RD = VCEQ - VCE_{SAT}$$

$$ICQ = \frac{VBB - 0{,}7V}{RE + \frac{RB}{hFE}} \qquad VBB = VCC \cdot \frac{R2}{R1 + R} = 1V$$

$$ICQ = 2{,}75mA \qquad RB = R1 \| R2 = 900\Omega$$

$$RD = \frac{RL \cdot RC}{RC + RL} \qquad VCEQ = VCC - ICQ \cdot (RC + RE)$$

$$ICQ \cdot \left(\frac{RL \cdot RC}{RC + RL} \right) = VCC - VCE_{SAT} - ICQ \cdot (RC + RE)$$

$$\left(\frac{RL \cdot RC}{RC + RL} \right) + (RC + RE) = \frac{VCC - VCE_{SAT}}{ICQ} = 3{,}27K\Omega$$

$$\frac{2RC \cdot RL + RC^2 + RC \cdot RE + RE \cdot RL}{RC + RL} = 3{,}27K\Omega$$

$$RC^2 + RC \cdot (2RL + RE - 3{,}27K) + (RE \cdot RL - RL \cdot 3{,}27K) = 0$$

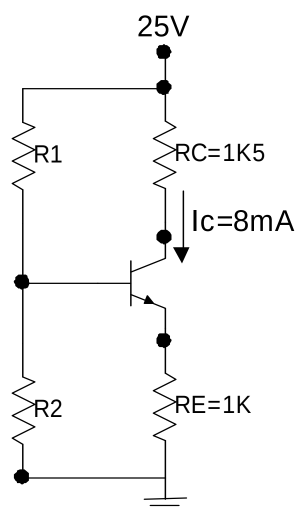
$$RC^2 - (1170) \cdot RC - 3{,}17\,M\Omega = 0$$

resolviendo la cuadrática:

$$RC = 2459\Omega \cong 2{,}6K$$

Problema 6

Hallar R1 y R2 de modo que la ICQ no varíe más del 10% al variar hFE entre 20 y 60.
ICQ=8mA



$$20 \le \beta \le 60$$

$$ICQ = 8mA$$

$$\Delta ICQ = \pm 0{,}8mA$$

$$ICQ = \frac{VBB - VB}{RE + \dfrac{RB}{hFE}}$$

$$7{,}2mA \le ICQ \le 8{,}8mA$$

$$ICQ \cdot \frac{RB}{hFE} - VBB = -VB - RE \cdot ICQ$$

se plantea un sistema de 2 ecuaciones con *VBB* y *RB* como incógnitas:

$$\begin{cases} VBB - 3{,}8 \cdot 10^{-4} \cdot RB = 7{,}9 \\ VBB - 1{,}4 \cdot 10^{-4} \cdot RB = 9{,}5 \end{cases}$$

resolviendo: $-2{,}4 \cdot 10^{-4} \cdot RB = -1{,}6$

$$RB = 6666\Omega$$

$$VBB = 9{,}5 + 1{,}4 \cdot 10^{-4} \cdot 6K6 = 10{,}4V$$

se deducen los valores *R1* y *R2*:

$$VBB = VCC \cdot \frac{R2}{R1 + R2} \qquad RB = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2}$$

$$R1 \cdot VBB = VCC \cdot RB \qquad R1 \cdot RB + R2 \cdot RB = R1 \cdot R2$$

$$R1 = \frac{VCC \cdot RB}{VBB} = 16K \qquad R1 \cdot RB = R2 \cdot \left(R1 - RB\right)$$

$$R1 \cong 18K \qquad R2 = \frac{R1 \cdot RB}{R1 - RB} = 11{,}4K$$

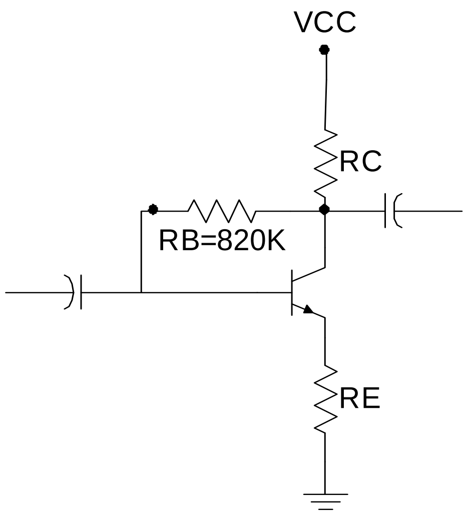
$$R2 \cong 12K$$

comprobación:

$$\left.\begin{aligned} \beta = 60 &\Rightarrow ICQ = 8{,}73mA \\ \beta = 20 &\Rightarrow ICQ = 7{,}27mA \end{aligned}\right\} \text{ ambos correctos}$$

Problema 7

Hallar la expresión aproximada de la corriente de colector.



Planteamos la 2ª Regla de Kirchoff en la malla de entrada:

$$0 = +VCC - (IC + IB)\cdot RC - IB \cdot RB - VBE - I \cdot RE$$

En la zona activa se cumple:

(I) $\boxed{IB \cong \dfrac{IC}{\beta_F}}$ $\qquad \beta_F = hFE$

$IC \cong \alpha_F \cdot IE$ $\qquad \alpha_F \to 1$ (en transistores modernos)

$\Rightarrow \boxed{IC \cong IE}$ ***(II)***

Reemplazando:

$$VCC = IC \cdot RC + \frac{IC}{hFE}\cdot RC + \frac{IC}{hFE}\cdot RB + IC \cdot RE + \frac{IC}{hFE}\cdot RE + VBE$$

$$IC = \frac{VCC - VBE}{(RC + RE)\cdot\left(1 + \dfrac{1}{hFE}\right) + \dfrac{RB}{hFE}}$$

$$\boxed{IC \cong \frac{VCC - VBE}{(RC + RE) + \dfrac{RB}{hFE}}}$$

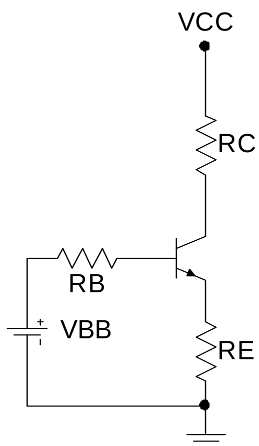
ya que: $hFE >> 1$

VBE puede estimarse en $0{,}7V$ para transistores de silicio.

$RC + RE >> \frac{RB}{hFE}$, garantiza que *"IC"* sea prácticamente independiente del hFE del tansistor.

Problema 8

Hallar la expresión exacta de la corriente de colector:
$IC = f(VBE, ICB0, hFE)$



siendo:

(I) $$IC = \beta \cdot IB + (1+\beta) \cdot IC_{BO}$$ para zona activa

(II) $$VBB - IB \cdot RB - VBE - IE \cdot RE = 0$$

de ***(I)***:

$$IB = \frac{IC}{\beta} - \left(\frac{1+\beta}{\beta}\right) \cdot IC_{BO} \qquad \textbf{(a)}$$

como $IE=IC+IB$, en ***(II)*** :

$$VBB - IB \cdot RB - VBE - IB \cdot RE - IC \cdot RE = 0$$

de ***(II)***:

$$IB = \frac{VBB - VBE - IC \cdot RE}{RB + RE} \qquad \textbf{\textit{(b)}}$$

igualando ***(a)*** y ***(b):***

$$\frac{IC}{\beta} - \left(\frac{1+\beta}{\beta}\right) \cdot IC_{BO} = \frac{VBB - VBE - IC \cdot RE}{RB + RE}$$

$$IC \cdot \left(\frac{1}{\beta} + \frac{RE}{RE + RB}\right) = \frac{VBB - VBE}{RE + RB} + \left(\frac{1+\beta}{\beta}\right) \cdot IC_{BO}$$

$$IC = \frac{VBB + VBE}{\frac{RE + RB}{\beta} + RE} + \frac{(1+\beta) \cdot IC_{BO}}{1 + \frac{RE \cdot \beta}{RE + RB}}$$

$$IC = \frac{VBB - VBE}{\frac{RB}{\beta} + RE \cdot \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)} + \frac{(RE + RB) \cdot IC_{BO}}{RE + \frac{RB}{(1+\beta)}}$$

si $\beta >> 1$; IC_{BO} es despreciable:

$$IC \cong \frac{VBB - VBE}{RE + \frac{RB}{\beta}}$$

cabe aclarar que VBE e IC_{BO} son función de la temperatura:

$$IC_{BO2} = IC_{BO1} \cdot 2^{\left(\frac{T2 - T1}{10}\right)}$$

$$-2 > \Delta VBE > -2{,}5 \left[\frac{mV}{°C}\right]$$