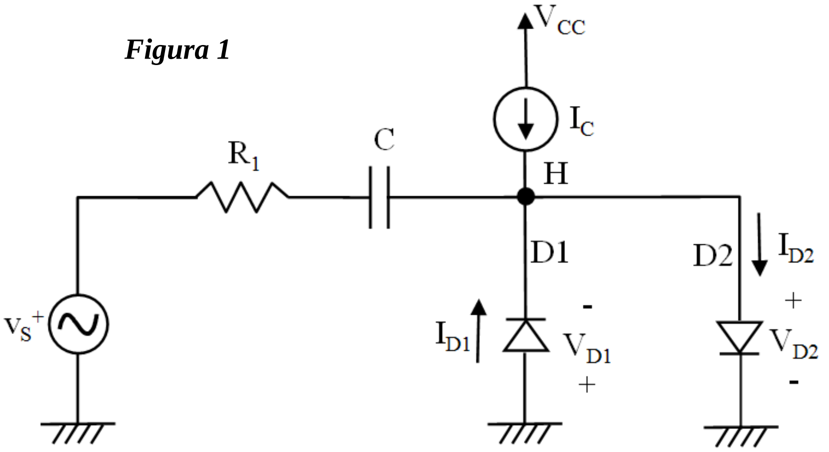
Ejercicio 1: En el circuito de la *figura 1* los dos diodos D_1 y D_2 son iguales. Considere asimismo que el condensador *C* es de acoplo, es decir, que se comporta como un circuito abierto en polarización y como un cortocircuito en pequeña señal. Se pide:

a) Calcular las tensiones y corrientes de polarización en cada diodo (I_{D1}, V_{D1}, I_{D2} y V_{D2}), incluyendo su signo tal y como aparecen indicadas en el dibujo. Para ello considere que la característica I-V de los diodos se puede modelar por tramos mediante $V\gamma$ y R_F. (**1.5 p**)

b) Calcule la tensión en el nodo *H* en pequeña señal (v_h) en función de la tensión de entrada (v_s). Para ello, utilice el modelo de Shockley para los diodos. Suponga despreciables los efectos capacitivos internos de los diodos (**2.5 p**)

Figura 1



Datos:

$V_{CC} = 10V$

$I_C = 5$ mA

$R_1 = 15\ \Omega$

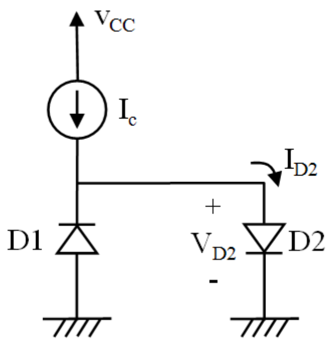
Modelo por tramos del diodo:

$V_\gamma = 0{,}7$ V

$R_F = 2\ \Omega$

SOLUCIÓN DEL EJERCICIO 1

a) En polarización, D1→ INVERSA, D2→DIRECTA, por tanto el circuito queda:



Polarización de D2:

$$I_{D2} = I_C = 5mA$$

$$V_{D2} = V_\gamma + I_{D2} \cdot R_F = 0{,}7 + 5 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 0{,}71V$$

Por tanto, para D1:

$$I_{D1} = 0$$

$$V_{D1} = -0{,}71V$$

b) En pequeña señal, las resistencias equivalentes de los diodos son:

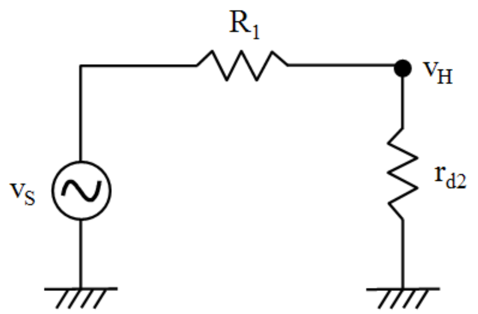
D1 inversa $\Rightarrow r_{d1} = \infty$

D2 directa $\Rightarrow \dfrac{1}{r_{d2}} = g_{d2} = \left.\dfrac{di_{D2}}{dv_{D2}}\right|_{v_{D2}=V_{D2}}$

Para calcular r_{d2} aplicamos la ecuación de Shockley: $\dfrac{di}{dv} = \dfrac{d\left[I_0\left(\exp\dfrac{V}{V_t}-1\right)\right]}{dv} = \dfrac{I_0}{V_t}\left(\exp\dfrac{V}{V_t}\right) \cong \dfrac{I_D}{V_t}$

$$\Rightarrow \quad r_{d2} = \left[\left.\frac{di_{D2}}{dv_{D2}}\right|_{v_{D2}=V_{D2}}\right]^{-1} \cong \frac{V_t}{I_{D2}} = \frac{25\cdot 10^{-3}\ \text{V}}{5\cdot 10^{-3}\ \text{A}} = 5\,\Omega$$

Por tanto, el circuito equivalente en pequeña señal es:



Con lo que:

$$v_h = v_s \frac{r_{d2}}{R_1 + r_{d2}} = v_s \frac{5}{15+5} = \frac{v_s}{4}$$

FIN DEL EJERCICIO 1

Ejercicio 2. El componente de dos terminales de la figura 2 incluye un transistor bipolar npn y dos resistencias. En estática, utilizando el modelo lineal por tramos, se le pide calcular para $V > 0$:

a) La expresión $I = f(V)$ cuando el transistor opera en corte y el rango de valores de la tensión V para que opere en ese estado. **(0.5 p.)**

b) Idem a) cuando el transistor opera en saturación. **(2.0 p.)**

c) Idem a) cuando el transistor opera en activa. **(2.0 p.)**

Considerando ahora como modelo del transistor las ecuaciones de Ebers-Moll aproximadas para activa, calcule:

d) La expresión de V en función de I para activa. **(1.5 p.)**

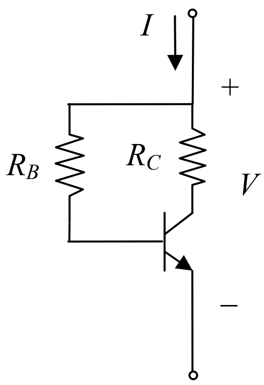


Figura 2

<u>Datos</u>:

V_t =25 mV; R_C = 1 kΩ; R_B = 50 kΩ;

Modelo lineal por tramos para el BJTs:

$\beta = 100$; $V_{\gamma E} = 0{,}7$ V;

$|V_{CE,sat}| = 0{,}2$ V; $V_A \rightarrow \infty$

Modelo de Ebers-Moll para el BJT:

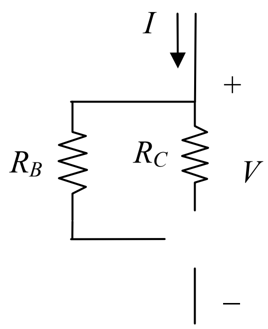
$\beta = 100$, I_{ES}=1nA

SOLUCIÓN DEL EJERCICIO 2

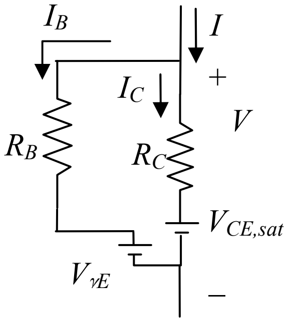
a) *En corte, como el transistor está en circuito abierto, no circula ninguna corriente y no hay caídas de tensión en las resistencias. Por tanto:*

$$I = I_E = 0$$

$$V = V_{BE} \leq V_{\gamma E} = 0{,}7 \text{ V}$$



b) *En saturación:*



$$I = I_E = I_B + I_C = \frac{V - V_{\gamma E}}{R_B} + \frac{V - V_{CE,sat}}{R_C} = \frac{1}{R_B \parallel R_C} V - \left(\frac{V_{\gamma E}}{R_B} + \frac{V_{CE,sat}}{R_C} \right) =$$

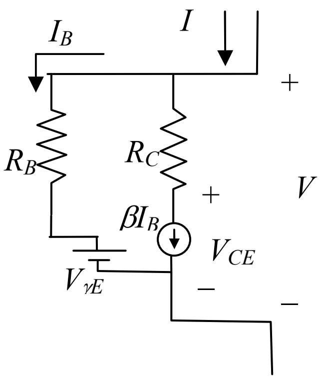
$$= \frac{1}{980\ \Omega} V - 214\ \mu\text{A}$$

$$I_B = \frac{V - V_{\gamma E}}{R_B} \geq 0 \Rightarrow V \geq V_{\gamma E} = 0,7\ \text{V}$$

$$I_C = \frac{V - V_{CE,sat}}{R_C} \leq \beta I_B = \beta \frac{V - V_{\gamma E}}{R_B} \Rightarrow V \geq \frac{\beta R_C V_{\gamma E} - R_B V_{CE,sat}}{\beta R_C - R_B} = 1,2\ \text{V}$$

Queda la condición más restrictiva: $V \geq 1,2\ \text{V}$

c) *En activa:*



$$I = I_E = (\beta + 1) I_B = (\beta + 1) \frac{V - V_{\gamma E}}{R_B} = \frac{1}{495\ \Omega} V - 1,41\ \text{mA}$$

$$I_B = \frac{V - V_{\gamma E}}{R_B} \geq 0 \Rightarrow V \geq V_{\gamma E} = 0,7\ \text{V}$$

$$V_{CE} = V - \beta I_B R_C \geq V_{CE,sat} \Rightarrow V - \beta R_C \frac{V - V_{\gamma E}}{R_B} \geq V_{CE,sat} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V \leq \frac{\beta R_C V_{\gamma E} - R_B V_{CE,sat}}{\beta R_C - R_B} = 1,2\ \text{V}$$

Por tanto: $0,7\ \text{V} \leq V \leq 1,2\ \text{V}$

d)

$$\left. \begin{aligned} I &= I_E \approx I_{ES} \exp \frac{V_{BE}}{V_t} \\ V_{BE} &= V - R_B I_B = V - R_B \frac{I}{\beta + 1} \end{aligned} \right\} \Rightarrow I \approx I_{ES} \exp \frac{V - R_B \dfrac{I}{\beta + 1}}{V_t} \Rightarrow V = \frac{R_B}{\beta + 1} I + V_t \ln \frac{I}{I_{ES}}$$

$$\Rightarrow V = 495 \cdot I + 0,025 \cdot \ln \frac{I}{10^{-9}}$$

FIN DEL EJERCICIO 2