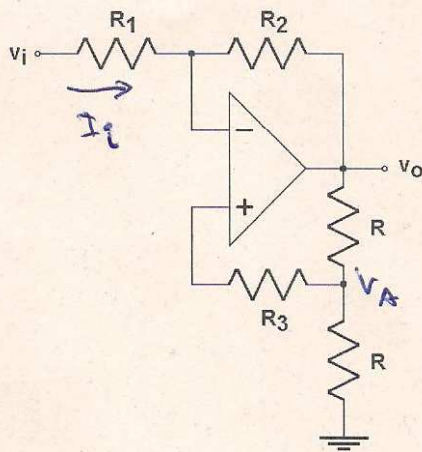


Apellidos.....Nombre.....

1) Sabiendo que el amplificador operacional ideal del circuito se encuentra en la región de funcionamiento lineal, obtener:

- La expresión de la ganancia de tensión del circuito.
- La impedancia de entrada del circuito.



$$a) \quad I_+ = 0 \Rightarrow \frac{v_o - v_A}{R} = \frac{v_A}{R} \rightarrow v_A = \frac{v_o}{2} = v_+$$

$$I_- = 0 \Rightarrow \frac{v_i - v_-}{R_1} = \frac{v_- - v_o}{R_2} \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{v_i - \frac{v_o}{2}}{R_1} = \frac{-\frac{v_o}{2}}{R_2} \rightarrow \boxed{\frac{v_o}{v_i} = \frac{2R_2}{R_2 - R_1}} \end{array} \right.$$

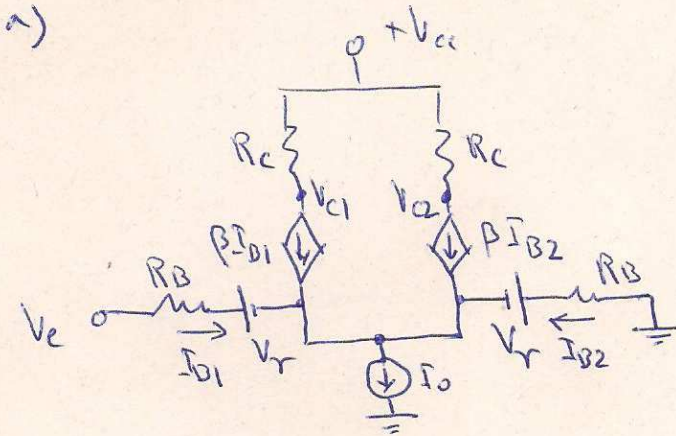
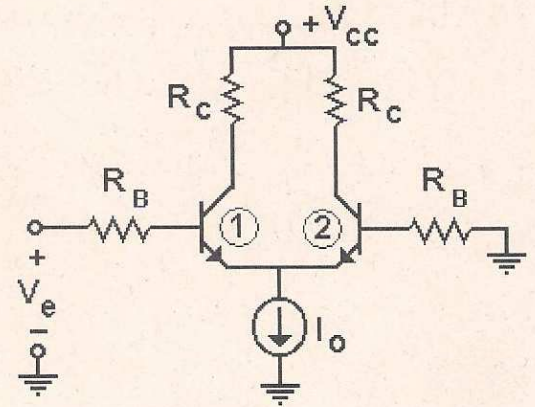
$$v_+ = v_- = \frac{v_o}{2}$$

$$b) \quad Z_i = \frac{v_i}{I_i} = \frac{v_i}{\frac{v_i - v_-}{R_1}} \quad \left[ Z_i = \frac{v_i}{\left( \frac{v_o - v_i \frac{R_2}{R_2 - R_1}}{R_1} \right)} = \boxed{R_1 - R_2} \right]$$



2) Suponiendo que los dos transistores son iguales, con una ganancia de corriente  $I_C/I_B = \beta$ , y que ambos se encuentran en la región activa:

- a) Dibujar el circuito equivalente sustituyendo los transistores por su modelo lineal.  
 b) Determinar la corriente de base del transistor 2 cuando  $V_e = 0$   
 c) Para  $R_B = 10\text{k}\Omega$ ,  $R_C = 1\text{k}\Omega$ ,  $V_{CC} = 20\text{V}$ ,  $I_O = 5\text{mA}$ ,  $\beta = 49$  y  $V_e = 0$  ¿cuánto valen las tensiones de los colectores ( $V_C$ ) y de los emisores ( $V_E$ ) de los transistores?  
 (Considerar  $V_T = 0.6\text{V}$ )



b)

$$\left. \begin{aligned} V_e - I_{B1} R_B - V_T + V_T + I_{B2} R_B &= 0 \\ V_e &= 0 \end{aligned} \right\} I_{B1} = I_{B2}$$

$$I_{E1} + I_{E2} = I_O = (\beta + 1) I_{B1} + (\beta + 1) I_{B2} \rightarrow I_{B1} = I_{B2} = \frac{I_O}{2(\beta + 1)}$$

c)

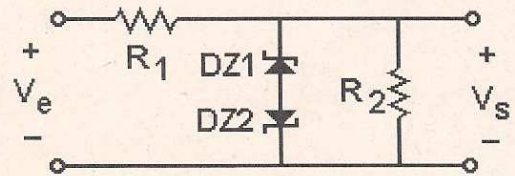
$$V_{C1} = V_{C2} = V_{CC} - R_C I_{C1} = V_{CC} - R_C \beta I_{B1} = 17.55\text{V}$$

$$V_{E1} = V_{E2} = -R_B I_{B2} - V_T = -0.5 - 0.6 = -1.1\text{V}$$

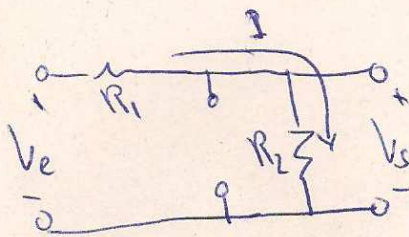


3) Los diodos zener del circuito se comportan siguiendo modelos lineales en sus diferentes regiones (DZ1:  $V_z, V_{Z1}, R_d = 0, R_z = 0$ ; DZ2:  $V_z, V_{Z2}, R_d = 0, R_z = 0$ )

Para cada uno de los posibles estados de conducción de la rama que contiene los diodos: dibujar el circuito lineal correspondiente, determinar la relación entre la tensión de salida y la de entrada, y hallar el rango de tensiones de entrada en el que se da ese comportamiento.



Cuando no conduce ningún diodo



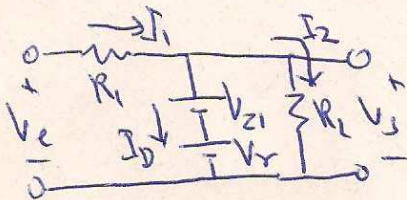
$$V_s = I R_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_e$$

Siempre y cuando  $-V_{Z2} - V_r < V_s < V_{Z1} + V_r$

$\Downarrow$

$$-\frac{R_1 + R_2}{R_2} (V_{Z2} + V_r) < V_e < \frac{R_1 + R_2}{R_2} (V_{Z1} + V_r)$$

DZ1 en inversa y DZ2 en directa



$$V_s = V_{Z1} + V_r$$

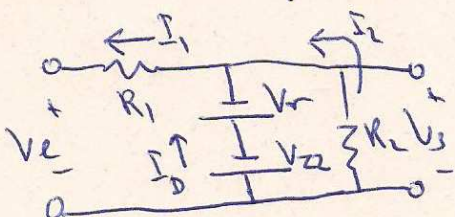
Siempre y cuando  $I_0 = I_1 - I_2 > 0$

$$I_1 = \frac{V_e - V_s}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V_s}{R_2}$$

$$I_1 - I_2 > 0 \rightarrow V_e > \frac{R_1 + R_2}{R_2} (V_{Z1} + V_r)$$

DZ2 en inversa y DZ1 en directa



$$V_s = -V_{Z2} - V_r$$

$$I_0 = I_1 - I_2 > 0$$

$$I_1 = \frac{V_s - V_e}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{-V_s}{R_2}$$

$$I_1 - I_2 > 0 \rightarrow V_e < -\frac{R_1 + R_2}{R_2} (V_{Z2} + V_r)$$