

Diodo D:

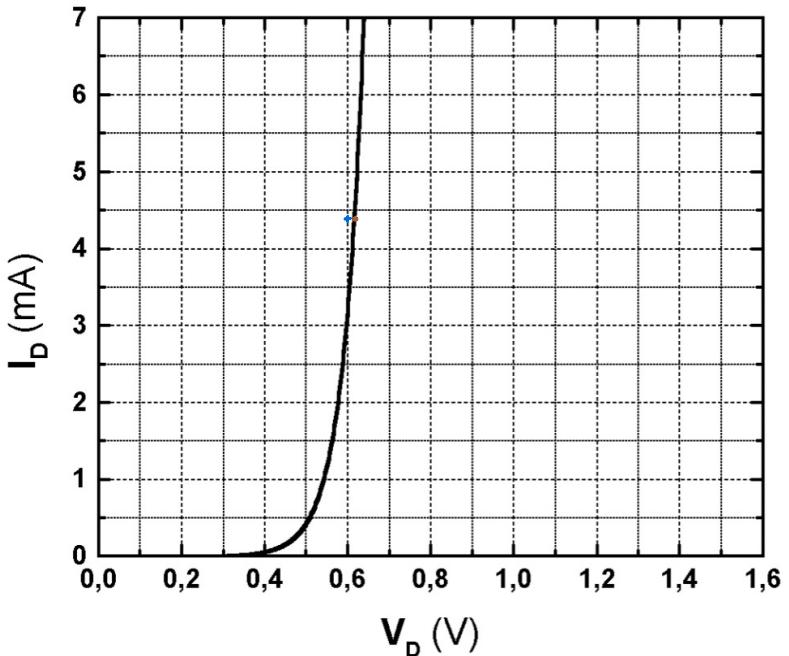
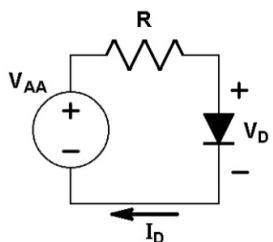
CORTE

$$\left\{ \begin{array}{l} I_D = 0 \\ V_D = V_F \end{array} \right.$$

CONDUCCIÓN

1.- En el circuito de la figura se emplea un diodo de silicio con la característica representada, siendo  $V_{AA} = 5 \text{ V}$  y  $R = 1 \text{ k}\Omega$ .

- Determinar la corriente en el diodo y la tensión entre sus extremos.
- ¿Cuánta potencia disipa el diodo?
- ¿Cuál será la corriente del diodo si se cambia  $R$  a  $2 \text{ k}\Omega$ ?  
¿Y a  $5 \text{ k}\Omega$ ?



$$V_{AA} = 5 \text{ V}, \quad R = 1 \text{ k}\Omega$$

a)  $V_{AA} - I_D R - V_D = 0$

$$\Rightarrow I_D = \frac{V_{AA} - V_D}{R}; \quad \text{si } V_D = 0,6 \text{ V} : \quad I_D = \frac{5 - 0,6}{1000} = 4,4 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 4,4 \text{ mA}$$

El punto  $(0,6; 4,4)$  no pertenece a la gráfica, pero  $(0,62; 4,4)$  sí

$$\text{Para } V_D = 0,62 \text{ V} : \quad I_D = \frac{5 - 0,62}{1000} \approx 4,4 \text{ mA.}$$

b)  $P = I \cdot V \Rightarrow P_D = I_D \cdot V_D = 4,4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,62 = 2,728 \cdot 10^{-3} \text{ W} \approx 2,73 \text{ mW}$

c)  $R = 2 \text{ k}\Omega$

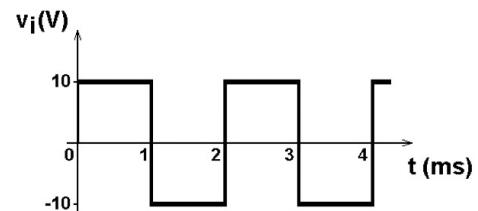
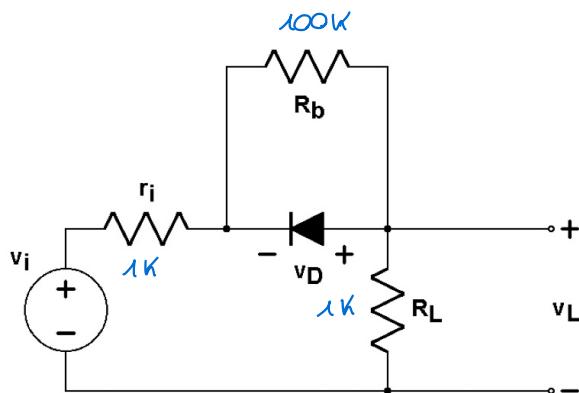
$$\text{Para } V_D = 0,6 \text{ V} : \quad I_D = \frac{5 - 0,6}{2000} = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 2,2 \text{ mA}$$

$$R = 5 \text{ k}\Omega$$

$$\text{Para } V_D = 0,6 \text{ V} : \quad I_D = \frac{5 - 0,6}{5000} = 8,8 \cdot 10^{-4} \text{ A} \approx 0,9 \text{ mA}$$

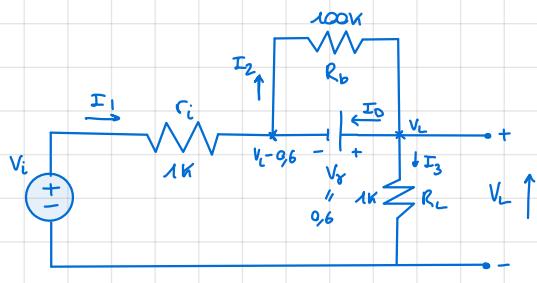
2.- Para el siguiente circuito (considerando para el diodo  $v_g = 0.6$  V,  $R_d = 0$ ):

- Dibujar  $v_L(t)$  si  $R_b = 100 \text{ k}\Omega$ ,  $r_i = R_L = 1 \text{ k}\Omega$  y  $v_i$  es como se indica en la figura.
- Repetir para una  $v_i$  senoidal de 1 V de cresta (o amplitud máxima,  $V_{im}$ ).



a) Dibujar  $v_L(t)$ :

→ Diodo en conducción



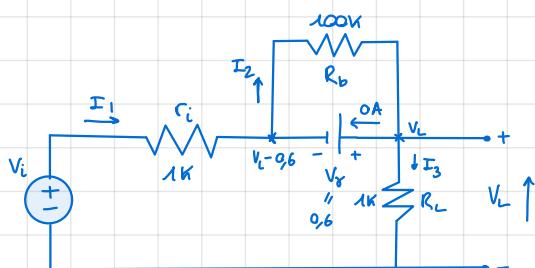
$$I_1 + I_D = I_2 = I_D + I_3 \Rightarrow I_1 = I_3$$

$$I_1 = \frac{V_i + 0,6 - V_L}{r_i} \quad \leftarrow \quad \frac{V_i - V_L + 0,6}{1k} = \frac{V_L}{1k} \Rightarrow V_L = \frac{V_i + 0,6}{2}$$

$$I_3 = \frac{V_L}{R_L}$$

→ Tránsito

Pasará de estar en corte a conducción cuando  $v_D = v_r$  y  $I_D = 0$



$$I_1 = I_2 \Rightarrow \frac{V_i + 0,6 - V_L}{r_i = 1k} = \frac{V_L - 0,6 - V_L}{R_b = 100k}$$

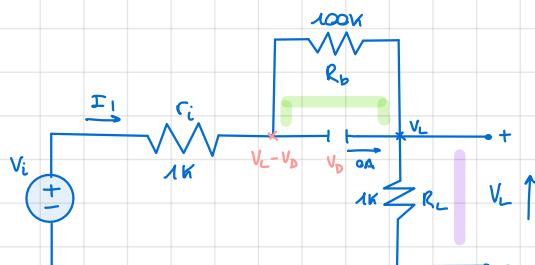
$$\Rightarrow V_i + 0,6 - V_L = \frac{-0,6}{100} = -6 \cdot 10^{-3}$$

$$I_2 = I_3 \Rightarrow \frac{V_L - 0,6 - V_L}{R_b = 100k} = \frac{V_L}{R_L = 1k}$$

$$\Rightarrow -6 \cdot 10^{-3} = V_L$$

$$\Rightarrow V_i + 0,6 - V_L = -6 \cdot 10^{-3} \Rightarrow V_i = -0,6 - 2 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = -0,612 \text{ V}$$

→ Diodo en corte



$$\frac{V_L - 0,6 - V_L}{100} = \frac{V_L}{1} \Rightarrow V_D = -100V_L$$

$$V_D < 0,6 = V_r$$

$$\Rightarrow V_D = -100V_L = -100 \cdot \frac{V_i}{102} < 0,6 \Rightarrow V_i > -0,612 \text{ V}$$

$$V_i - I_1 r_i - I_1 R_b - I_1 R_L = 0 \Rightarrow V_i = I_1 (r_i + R_b + R_L) \quad \text{---} \quad 102k$$

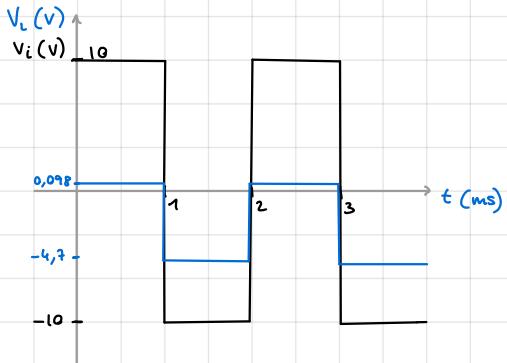
$$I_1 = \frac{V_i - V_L}{r_i + R_b = 101k}$$

$$\frac{V_i - V_L}{102k} = \frac{V_i - V_L}{101k} \Rightarrow 101V_i = 102V_i - 102V_L$$

$$\Rightarrow 102V_L = V_i \Rightarrow V_L = \frac{1}{102} V_i$$

En Resumen:

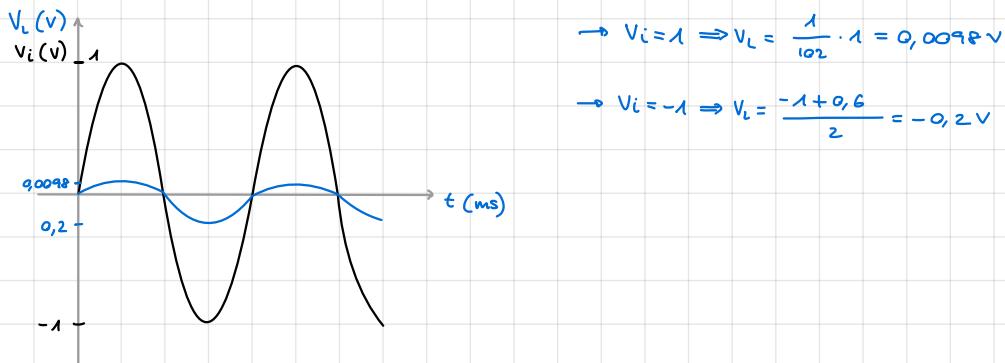
$$\frac{D_{ON} - 0,612}{2} \quad \text{D}_{OFF} \rightarrow V_i$$
$$V_L = \frac{V_i + 0,6}{2} \quad \text{si } V_i < -0,612$$
$$V_L = \frac{1}{102} V_i \quad \text{si } V_i > -0,612$$



$$\rightarrow V_i = 10 \Rightarrow V_L = \frac{1}{102} \cdot 10 = 0,098 \text{ V}$$

$$\rightarrow V_i = -10 \Rightarrow V_L = \frac{-10 + 0,6}{2} = -4,7 \text{ V}$$

b)



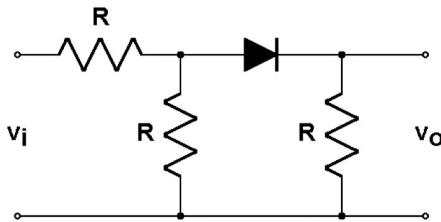
$$\rightarrow V_i = 1 \Rightarrow V_L = \frac{1}{102} \cdot 1 = 0,0098 \text{ V}$$

$$\rightarrow V_i = -1 \Rightarrow V_L = \frac{-1 + 0,6}{2} = -0,2 \text{ V}$$

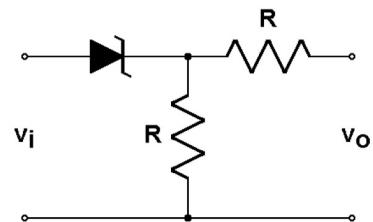
3.- Expresar la característica de transferencia de los siguientes circuitos:

a) Datos: Suponer para el diodo  $V_g = 0.6 \text{ V}$  y  $r_d = 0$ ;  $R = 10 \Omega$ .

b) Datos: Suponer el zener con  $V_g = 0.6 \text{ V}$  y  $r_d = 0$  en directa y  $V_Z = 5 \text{ V}$  y  $r_Z = 10 \Omega$  en inversa.  $R = 20 \Omega$ .

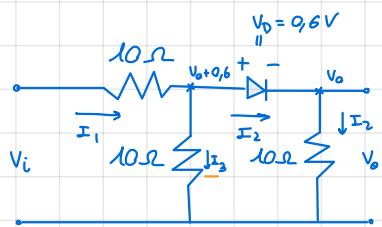


(a)



(b)

a)  $V_g = 0.6 \text{ V}$ ,  $R_{\text{diodo}} = 0$ ,  $R = 10 \Omega$



— Diodo en conducción:

$$\begin{cases} I_D > 0 \\ V_D = V_g = 0.6 \text{ V} \end{cases}$$

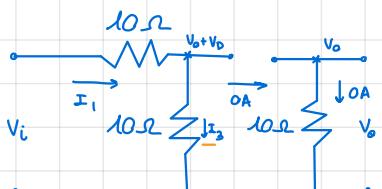
$$I_1 = \frac{V_i - V_g - 0.6}{10}, \quad I_2 = \frac{V_o}{10}, \quad I_3 = \frac{V_g + 0.6}{10}$$

$$I_3 = I_1 - I_2 = \frac{V_i - V_o + 0.6 - V_g}{10}$$

$$V_i - 2V_o - 0.6 = V_o + 0.6$$

$$\Rightarrow V_i - 1.2 = 3V_o \Rightarrow V_o = \frac{V_i - 1.2}{3}$$

$$I_D = I_2 = \frac{V_o}{10} = \frac{V_i - 1.2}{30} > 0 \Rightarrow V_i > 1.2$$



— Diodo en corte:

$$\begin{cases} I_D = 0 \\ V_D < V_g = 0.6 \end{cases}$$

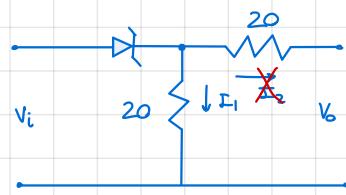
$$I_D = I_2 = \frac{V_o}{10} = 0 \Rightarrow V_o = 0$$

$$I_1 = I_3 \Rightarrow \frac{V_i - V_o - V_D}{10} = \frac{V_o + V_D}{10} \Rightarrow V_i - V_D = V_D \Rightarrow V_i = 2V_D < 2 \cdot 0.6 \Rightarrow V_i < 1.2 \text{ V}$$

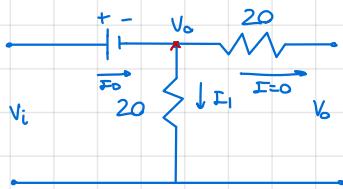
b) Zéner:  $V_z = 0,6 \text{ V}$ ,  $R_{diodo} = 0 \rightarrow$  en directa

Zéner:  $V_z = 5 \text{ V}$ ,  $R_{diodo} = 10 \Omega \rightarrow$  en inversa

$$R = 20 \Omega.$$



### Diodo en directa:

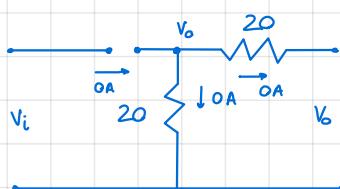


$$\begin{cases} I_D > 0 \\ V_D = V_z = 0,6 \text{ V} \end{cases}$$

$$I_D = I_1 = \frac{V_o}{20} \Rightarrow V_o > 0$$

$$V_i - 0,6 - 20I_1 = 0 \Rightarrow V_i - 0,6 - V_o = 0 \Rightarrow V_o = V_i - 0,6 > 0 \Rightarrow V_i > 0,6 \text{ V}$$

### Diodo en corte:



$$\begin{cases} I_z = 0 \\ -5V \leq V_z \leq 0,6 \Rightarrow -5V \leq V_i \leq 0,6 \end{cases}$$

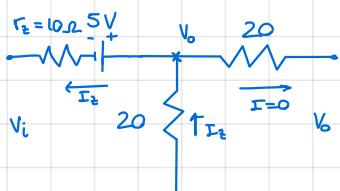
inversa  
 $V_b = -V_z$   
 $V_o = 0V$

pq tamb. está en  
corte en polariz. inversa

$\hookrightarrow \frac{V_o - 0}{20} = 0 \Rightarrow V_o = 0$

### Diodo en inversa:

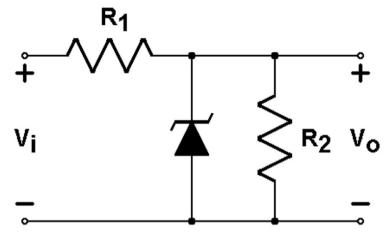
$$\begin{cases} I_z > 0 \\ V_D = -V_z = -5V \end{cases}$$



$$I_z = \frac{V_o - 5 - V_i}{10} = -\frac{V_o}{20} \Rightarrow 2V_o - 10 - 2V_i = -V_o \Rightarrow V_o = \frac{10 + 2V_i}{3} = \frac{2}{3}(V_i + 5) < 0 \Rightarrow V_i < -5V$$

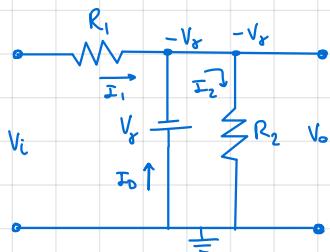
4.- En el circuito de la figura, calcular la característica de transferencia,  $V_o = f(V_i)$ , empleando para el diodo Zener un modelo lineal en sus diferentes regiones ( $V_Z = 0$ ;  $R_Z = 0$ ;  $V_\gamma = 0$ ;  $R_d = 0$ ). Expresar la dependencia funcional de todos los tramos y puntos de corte sin emplear valores numéricos, suponiendo que  $V_i$  toma valores en el todo el rango posible ( $-\infty < V_i < \infty$ ).

Dibujar la forma de dicha función empleando los valores numéricicos  $V_Z = 10V$ ,  $V_\gamma = 0.6V$  y  $R_1 = R_2 = 10K\Omega$ .



#### Diodo en directa:

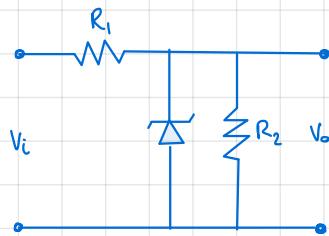
$$\begin{cases} V_D = V_r \\ I_D > 0 \end{cases}$$



$$V_o = -V_r$$

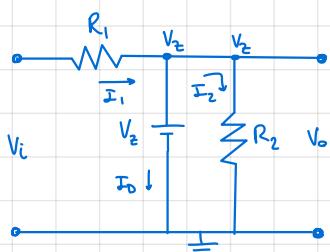
$$I_1 + I_d = I_2 ; \frac{-V_r}{R_2} - \frac{V_i + V_r}{R_1} = I_d \Rightarrow \frac{-R_2(V_i + V_r) - R_1 V_r}{R_1 R_2} = I_d > 0 \Rightarrow -R_2(V_i + V_r) - R_1 V_r > 0 \Rightarrow -R_2 V_i - R_2 V_r - R_1 V_r > 0$$

$$\Rightarrow -R_2 V_i > R_2 V_r + R_1 V_r \Rightarrow V_i < -\frac{R_1 + R_2}{R_2} V_r$$



#### Diodo en inversa:

$$\begin{cases} I_D < 0 \\ V_D = -V_z \end{cases} \xrightarrow{\text{cambiar sentido}} \begin{cases} I_D > 0 \\ V_D = V_z \end{cases}$$

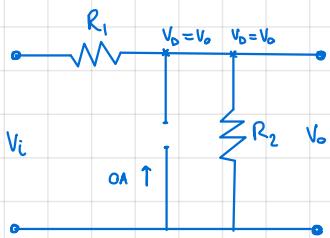


$$I_1 = I_d + I_2 ; I_d = \frac{V_i - V_z}{R_1} - \frac{V_z}{R_2} \Rightarrow \frac{R_2(V_i - V_z) - R_1 V_z}{R_1 R_2} > 0 \Rightarrow R_2 V_i - R_2 V_z - R_1 V_z > 0 \Rightarrow R_2 V_i > (R_1 + R_2) V_z \Rightarrow V_i > \frac{R_1 + R_2}{R_2} V_z$$

$$V_o = V_z$$

— Diodo en corte:

$$\left\{ \begin{array}{l} I_D = 0 \\ V_D = V_o \end{array} \right.$$



$$V_L + IR_1 + IR_2 = 0 \Rightarrow V_i + I(R_1 + R_2) = 0 \Rightarrow I = \frac{-V_i}{R_1 + R_2}$$

$$V_o + IR_2 = 0 \Rightarrow I = \frac{-V_o}{R_2}$$

$$\Rightarrow \frac{-V_i}{R_1 + R_2} = \frac{-V_o}{R_2} \Rightarrow V_o = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_i$$

$$V_o = \begin{cases} -V_r ; & V_i < -\frac{R_1 + R_2}{R_2} V_r \\ \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_i ; & -\frac{R_1 + R_2}{R_2} V_r < V_i < \frac{R_1 + R_2}{R_2} V_z \\ V_z ; & V_i > \frac{R_1 + R_2}{R_2} V_z \end{cases}$$

↑ dir.  
↑ inv.

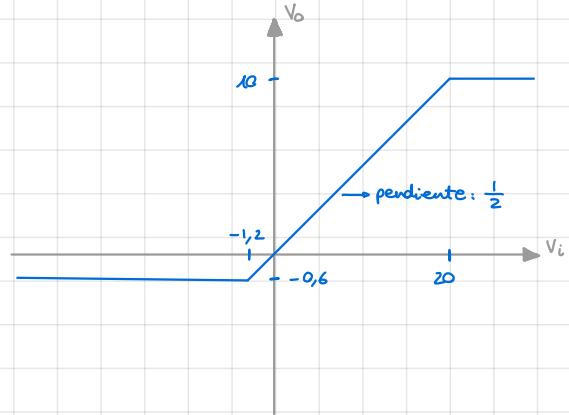
con valores

$$V_z = 10V$$

$$V_r = 0,6V$$

$$R_1 = R_2 = 10k\Omega$$

$$V_o = \begin{cases} -0,6V ; & V_i < -1,2 \\ \frac{1}{2} V_i ; & 20V < V_i < -1,2 \\ 10V ; & V_i > 20V \end{cases}$$



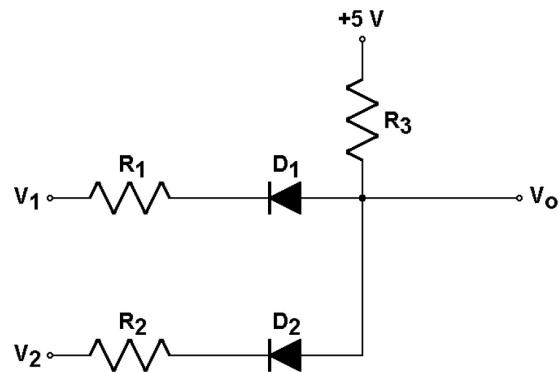
5.- Encontrar  $V_o$  para:

- a)  $V_1 = 5 \text{ V}$  y  $V_2 = 5 \text{ V}$
- b)  $V_1 = 5 \text{ V}$  y  $V_2 = 0 \text{ V}$
- c)  $V_1 = 0 \text{ V}$  y  $V_2 = 5 \text{ V}$
- d)  $V_1 = 0 \text{ V}$  y  $V_2 = 0 \text{ V}$

siendo:  $R_3 = 18 \text{ k}\Omega$ .

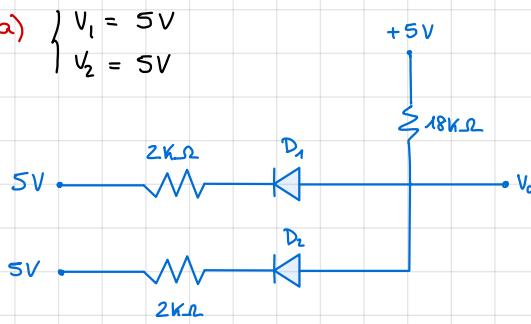
$$R_1 = R_2 = 2 \text{ k}\Omega$$

$$V_\gamma = 0.65 \text{ V}$$

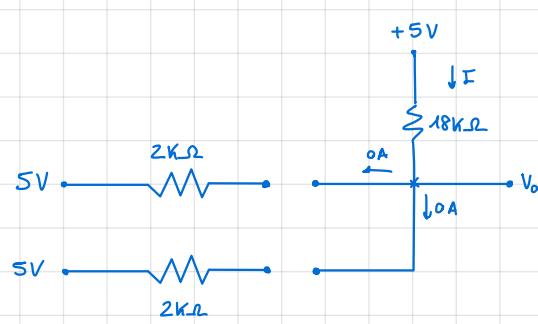


¿Qué función lógica podría realizar este circuito?

a)  $\begin{cases} V_1 = 5 \text{ V} \\ V_2 = 5 \text{ V} \end{cases}$



$V_1$  y  $V_2$  suf. para polarizarlo en inv = corte

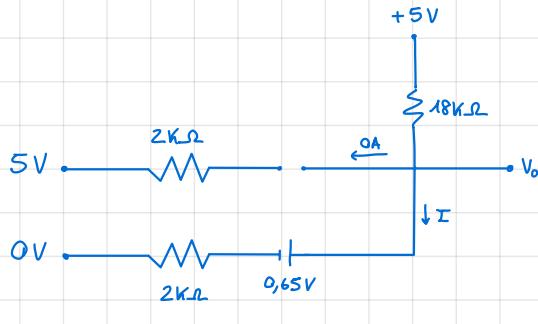
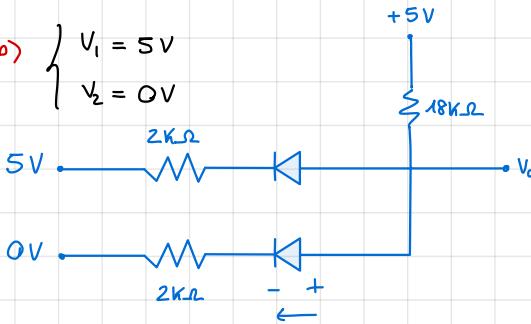


Ambos diodos están en corte ¿por qué? ↗ porque el diodo no va a hacer que aumente la tensión y que consiga 5V

$$\begin{aligned} &D_1 \text{ corte} \\ \Rightarrow &D_2 \text{ corte} : I = 0 \Rightarrow \frac{5 - V_o}{18k\Omega} = 0 \Rightarrow V_o = 5 \text{ V} \end{aligned}$$

Lo es decir, el ser los 2 voltajes del mismo estilo, la caída de potencial del diodo va a ser en torno a 0 ⇒ corte

b)  $\begin{cases} V_1 = 5 \text{ V} \\ V_2 = 0 \text{ V} \end{cases}$



$D_1$  corte

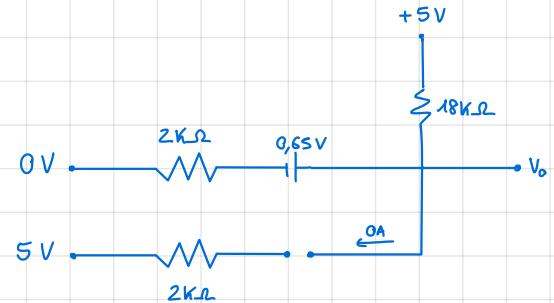
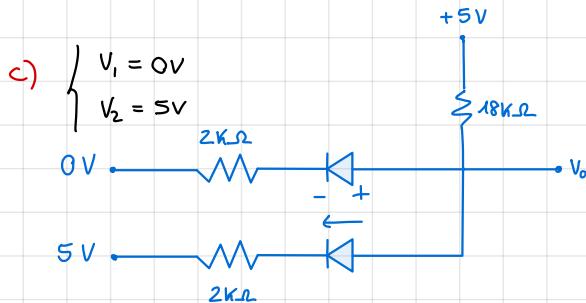
$D_2$  polarizado en directa

¿por qué? ↗ porque en final cable  $D_2$  tengo 0V y empiezo con algo menos de 5V.

Otra forma:

$$\begin{aligned} 5 - 18k\Omega I - 0,65 - 2k\Omega I + 0 &= 0 \\ 4,35 = 20k\Omega I &\Rightarrow I = 2,175 \cdot 10^{-4} \text{ A} \\ I = \frac{5 - V_o}{18,000} &\Rightarrow V_o = 1,085 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\frac{5 - V_o}{18} = \frac{V_o - 0,65 - 0}{2}$$



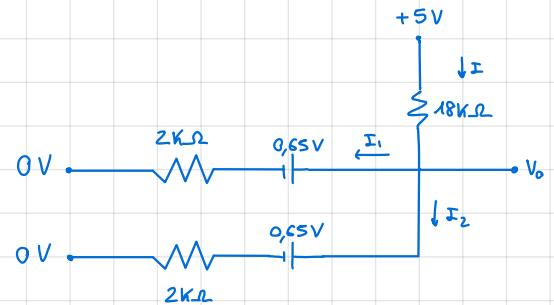
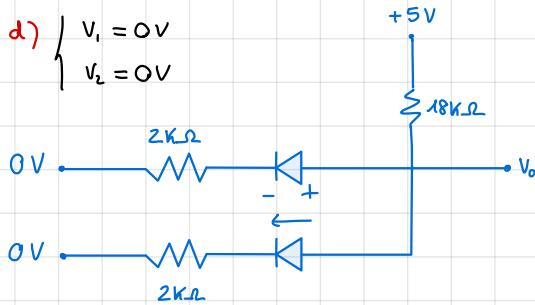
D<sub>1</sub> polarizado en directa

D<sub>2</sub> corte

$$5 - 18kI - 0,65 - 2kI + 0 = 0$$

$$4,35 = 20kI \Rightarrow I = 2,175 \cdot 10^{-4} A$$

$$I = \frac{5 - V_o}{18.000} \Rightarrow V_o = 1,085 V$$



D<sub>1</sub> polarizado en directa

D<sub>2</sub> polarizado en directa

$$I = I_1 + I_2; \quad I_1 = I_2 \Rightarrow I = 2I_1$$

$$\frac{5 - V_o}{18k} = 2 \cdot \frac{V_o - 0,65}{2k} \Rightarrow 5 - V_o = 18V_0 - 11,7 \Rightarrow V_o = 0,88 V$$

V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>o</sub>
5	5	5
5	0	1,085
0	5	1,085
0	0	0,88

V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>o</sub>
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

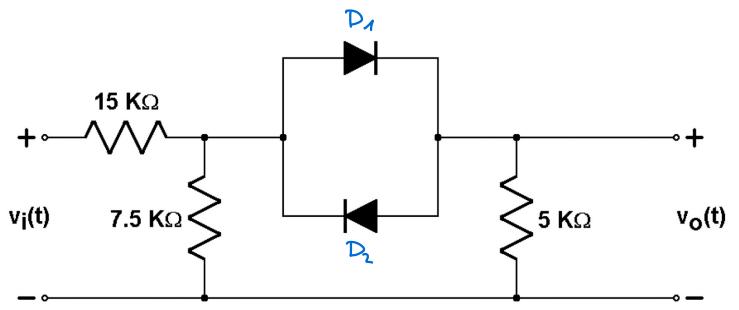
⇒ PUERTA AND

Recuerdo:

Diodo conduce  $\Rightarrow V_o = V_r \equiv$  polarizado

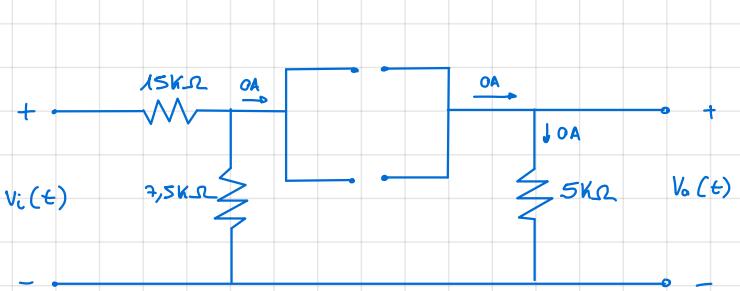
Diodo no conduce  $\Rightarrow V_o < V_r \equiv$  polarizado inversamente  $\equiv$  diodo en corte.

6. Trazar la característica de transferencia de tensión del circuito, suponiendo los dos diodos idénticos, siendo en ellos  $V_g = 0.6$  V y  $r_d = 0 \Omega$ .



→  $D_1$  y  $D_2$  no conducen:

$$0 = \frac{V_o}{5k} \Rightarrow V_o = 0V$$



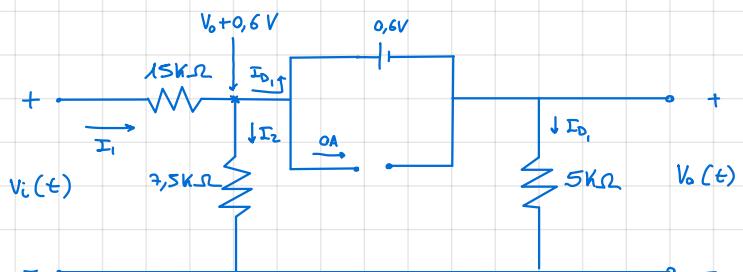
→  $D_1$  conduce y  $D_2$  no conduce:

$$I_1 = I_{D_1} + I_2$$

$$\frac{V_i - V_o - 0,6}{15k} = \frac{V_o}{5k} + \frac{V_o + 0,6}{7,5k}$$

$$V_i - V_o - 0,6 = 3V_o + 2V_o + 1,2$$

$$V_i = 6V_o + 1,8 \Rightarrow V_o = \frac{V_i - 1,8}{6}$$



Para que  $D_1$  conduzca:  $I_{D_1} > 0 \Rightarrow \frac{V_o}{5k} > 0 \Rightarrow V_o > 0 \Rightarrow V_i > 1,8V$

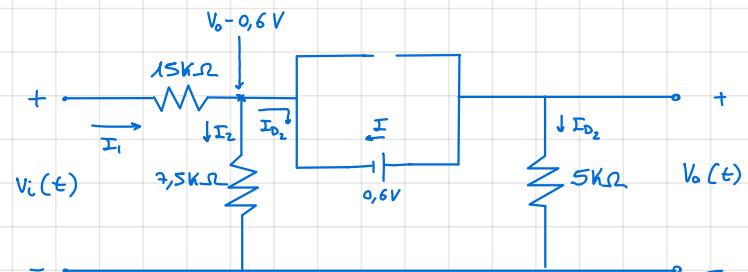
→  $D_1$  no conduce y  $D_2$  conduce:

$$I_1 = I_{D_2} + I_2$$

$$\frac{V_i - V_o + 0,6}{15k} = \frac{V_o}{5k} + \frac{V_o - 0,6}{7,5k}$$

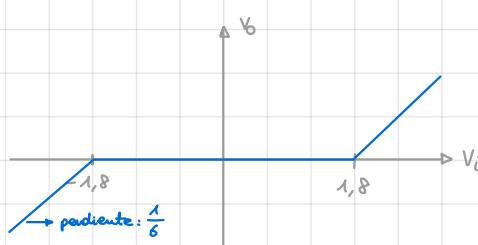
$$V_i - V_o + 0,6 = 3V_o + 2V_o - 1,2$$

$$V_i + 1,8 = 6V_o \Rightarrow V_o = \frac{V_i + 1,8}{6}$$

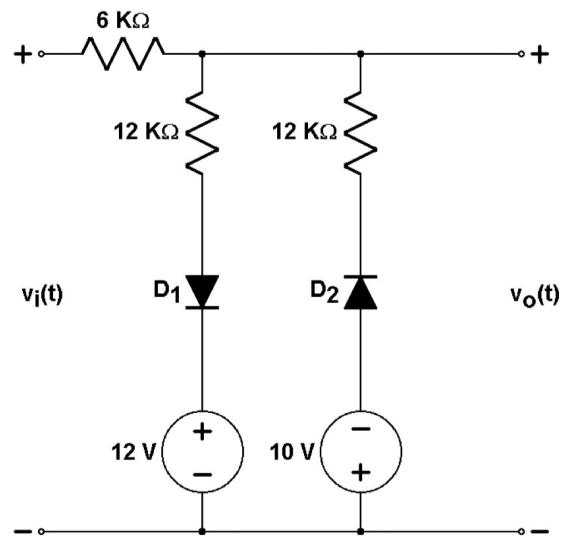


Para que  $D_2$  conduzca:  $I_{D_2} < 0 \Rightarrow \frac{V_o}{5k} < 0 \Rightarrow V_o < 0 \Rightarrow V_i < -1,8V$

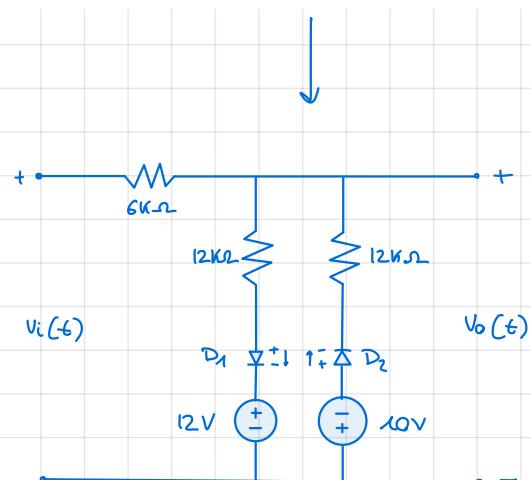
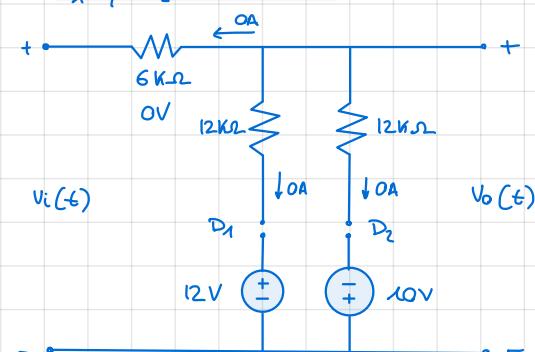
$$V_o = \begin{cases} \frac{V_i + 1,8}{6}; & V_i < -1,8V \\ 0; & -1,8V < V_i < 1,8V \\ \frac{V_i - 1,8}{6}; & V_i > 1,8V \end{cases}$$



7.- Obtener la característica de transferencia de tensión del circuito asumiendo el modelo lineal de la tensión umbral para los diodos ( $V_g = 0.6$  V,  $R_d = 0 \Omega$ ). Esbozar un ciclo de la tensión de salida suponiendo que la tensión de entrada sea  $v_i(t) = 20 \sin(\omega t)$ .

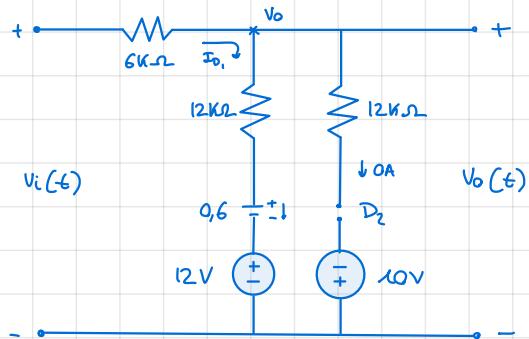


→  $D_1$  y  $D_2$  no conducen:



$$V_o = V_i$$

→  $D_1$  conduce y  $D_2$  no conduce:



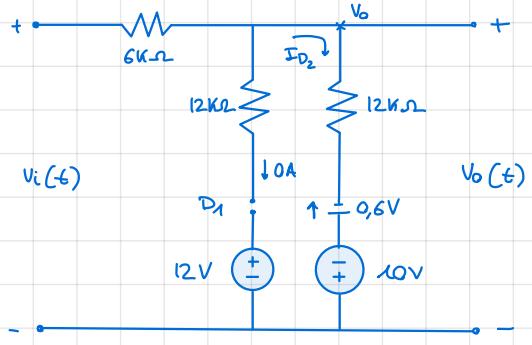
$$\left( \begin{array}{l} V_i - 6kI_{D1} - 12kI_{D2} - 0,6 - 12 = 0 \\ V_o - 12kI_{D1} - 0,6 - 12 = 0 \end{array} \right) \text{ No me ha servido}$$

$$I_{D1} = \frac{V_i - V_o}{6k}$$

$$I_{D1} = \frac{V_o - 0,6 - 12}{12k} \quad \Rightarrow \quad 2V_i - 2V_o = V_o - 12,6 \Rightarrow V_o = \frac{2V_i + 12,6}{3}$$

$$\text{Para que } D_1 \text{ conduzca: } I_{D1} > 0 \Rightarrow V_i > V_o . \quad I_{D1} = \frac{V_o - 12,6}{12k} > 0 \Rightarrow V_o > 12,6 \text{ V} \Rightarrow V_i > 12,6 \text{ V}$$

→  $D_1$  no conduce y  $D_2$  conduce:

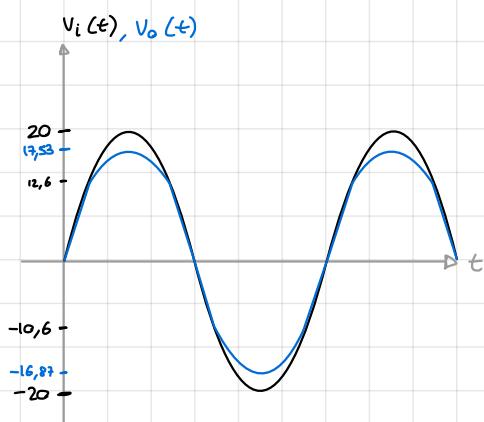


$$I_{D_2} = \frac{V_i - V_o}{6k}$$

$$I_{D_2} = \frac{V_o + 0,6 + 10V}{12k} \quad \leftarrow 2V_i - 2V_o = V_o + 10,6 \Rightarrow V_o = \frac{2V_i - 10,6}{3}$$

Para que  $D_2$  conduzca:  $I_{D_2} < 0 \Rightarrow V_o > V_i$ .  $I_{D_2} = \frac{V_o + 10,6}{12k} < 0 \Rightarrow V_o < -10,6V \Rightarrow V_i < -10,6V$

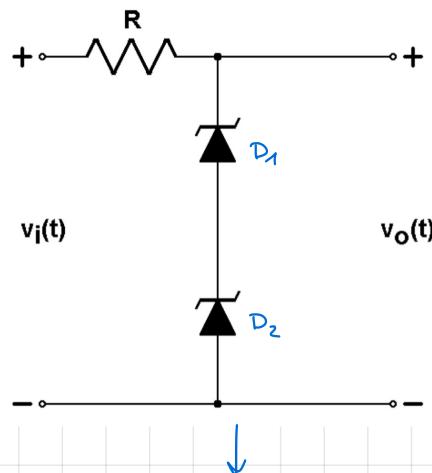
$$V_o = \begin{cases} \frac{2V_i - 10,6}{3}, & V_i < -10,6V \\ V_i, & -10,6V < V_i < 12,6V \\ \frac{2V_i + 12,6}{3}, & V_i > 12,6V \end{cases}$$



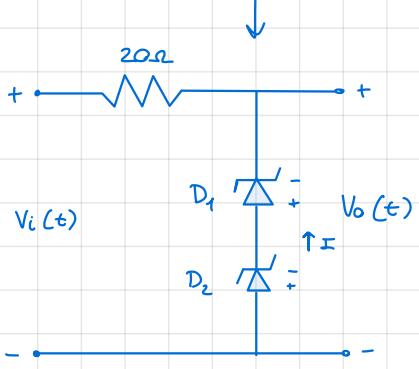
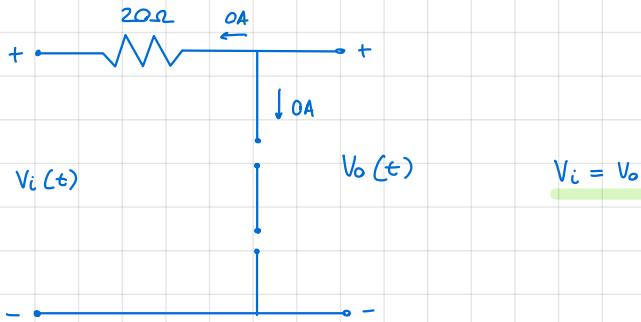
$$V_i = 20 \Rightarrow V_o = \frac{2 \cdot 20 + 12,6}{3} = 17,53V$$

$$V_i = -20 \Rightarrow V_o = \frac{2 \cdot (-20) - 10,6}{3} = -16,87V$$

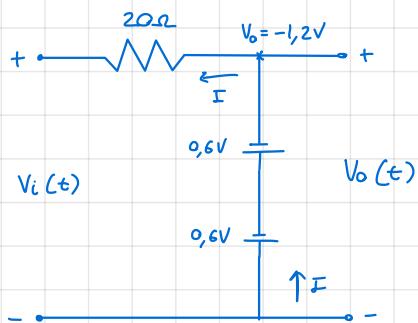
8.- Expresar la característica de transferencia del siguiente circuito, suponiendo ambos diodos zener idénticos, con  $V_\gamma = 0.6$  V y  $r_d = 0$  en directa y  $V_Z = 3$  V y  $r_Z = 10 \Omega$  en inversa.  $R = 20 \Omega$ .



→  $D_1$  y  $D_2$  en corte:



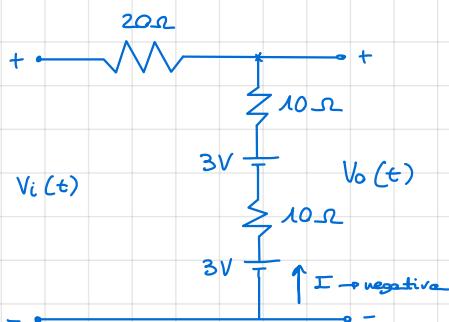
→  $D_1$  y  $D_2$  en directa



$$I = \frac{V_o - V_i}{20} \Rightarrow I = \frac{-1.2 - V_i}{20} > 0 \Rightarrow V_i < -1.2 \text{ V}$$

pues conducen en directa

→  $D_1$  y  $D_2$  en inversa



$$I = \frac{V_o - V_i}{20}$$

$$I = \frac{6 - V_o}{20} \quad \Rightarrow \quad V_o - V_i = -6 - V_o \Rightarrow 2V_o = V_i - 6 \Rightarrow V_o = \frac{V_i - 6}{2}$$

Como  $I < 0$ :  $\frac{6 - V_o}{20} < 0 \Rightarrow V_o > 6$

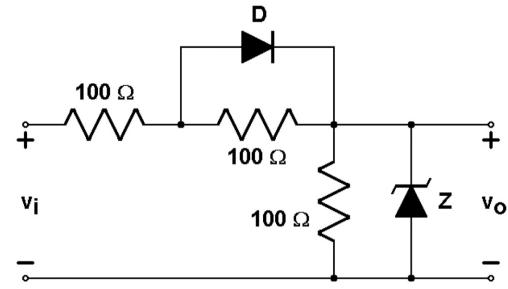
$I < 0$ :  $V_i > V_o \Rightarrow V_i > 6 \text{ V}$

$$V_o = \begin{cases} -1.2 \text{ V}, & V_i < -1.2 \text{ V} \\ V_i, & -1.2 \text{ V} < V_i < 6 \text{ V} \\ \frac{V_i - 6}{2}, & V_i > 6 \text{ V} \end{cases}$$

→ No hay más casos, pues si uno está en corte el otro no podría conducir. Y no puede estar uno en directa y otro en inversa pq si no la intensidad circularía una para cada sentido.

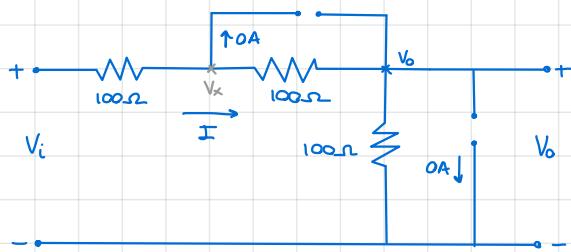
9.- En el circuito de la figura el diodo, D, tiene una tensión de ruptura infinita mientras que la del zener, Z, es:  $V_Z = 5V$ . La tensión umbral de conducción tanto del zener como del diodo D es:  $V_\gamma = 0.6V$ . Considerar que las resistencias serie asociadas a ambos diodos son despreciables.

- a) Encontrar la tensión de salida en función de la tensión de entrada,  $v_o = f(v_i)$  para tensiones de entrada:  $-15V < v_i < +15V$ .
- b) Dibujar esquemáticamente  $v_o = f(v_i)$ .



a)  $v_o = f(v_i) ; -15V < v_i < 15V$

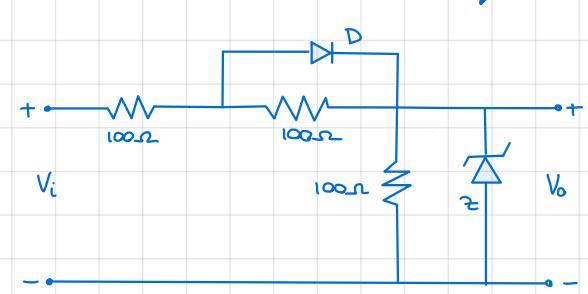
→ D y Z en corte



$$I = \frac{v_i - v_o}{200}$$

$$I = \frac{v_o}{100}$$

$$v_i - v_o = 2v_o \Rightarrow v_o = \frac{v_i}{3}$$



$$V_D = V_o - V_x \quad \text{si } V_x < V_Z$$

$$I = \frac{v_i - v_x}{100} = \frac{v_i - v_o}{200} \Rightarrow 100v_i + 100v_o = 200v_x$$

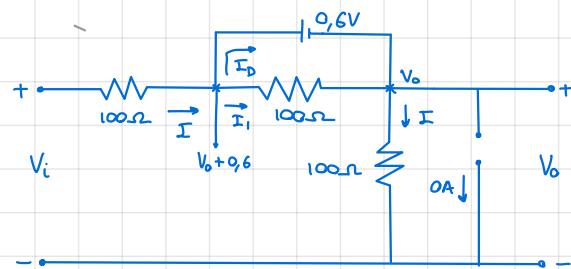
$$\Rightarrow V_x = \frac{v_i + v_o}{2}$$

$$V_D = V_o - \frac{v_i + v_o}{2} = \frac{v_o - v_i}{2}$$

$$V_D = \frac{\frac{v_i}{3} - v_i}{2} = \frac{v_i - 3v_i}{6} = \frac{-v_i}{3} < V_Z = 0.6$$

$$\Leftrightarrow -v_i < 1.8 \Rightarrow v_i > -1.8V$$

→ D conduce y Z en corte



$$I = \frac{v_i - v_o - 0.6}{100} = \frac{v_o}{100} \Rightarrow v_i - 0.6 = 2v_o \Rightarrow v_o = \frac{v_i - 0.6}{2}$$

$$I = I_1 + I_D \Rightarrow I_D = \frac{v_i - v_o - 0.6}{100} - \frac{v_o + 0.6 - V_Z}{100} = \frac{v_i - v_o - 1.2}{100} > 0 \Rightarrow v_i - 1.2 > v_o$$

$$I_D = \frac{v_o}{100} - \frac{v_o + 0.6 - V_Z}{100} = \frac{V_Z - 0.6}{100} > 0 \Rightarrow V_Z > 0.6$$

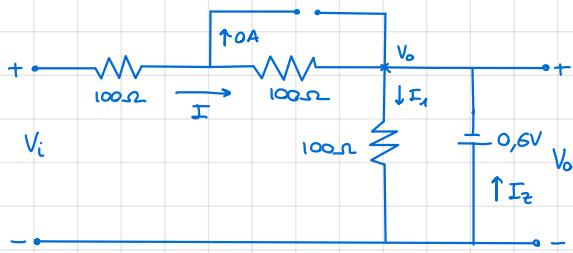
$$v_i - 1.2 > 0.6 \downarrow \\ v_i > 1.8V$$

$$V_D = V_x - V_o \quad \text{si } V_x > V_Z$$

calculos

$$V_D = \frac{v_i}{3} - V_Z = 0.6 \Rightarrow v_i > 1.8V$$

→ D en corte y Z conduce en directa

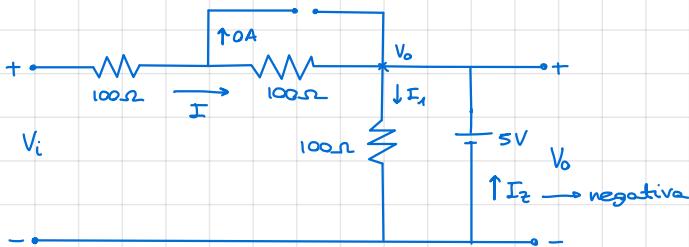


$$V_o = -0.6V$$

$$I = \frac{V_i - V_o}{200} ; \quad I + I_z = I.$$

$$I_1 = \frac{V_o}{100} \Rightarrow I_z = \frac{-0.6}{100} - \frac{V_i + 0.6}{200} = \frac{-1.2 - V_i - 0.6}{200} > 0 \Rightarrow V_i < -1.8V$$

→ D en corte y Z conduce en inversa

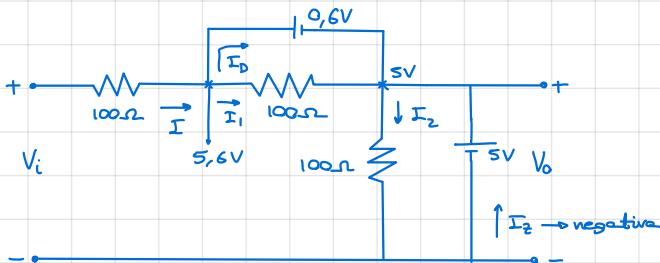


$$V_o = 5V$$

$$I = \frac{V_i - V_o}{200} ; \quad I + I_z = I.$$

$$I_1 = \frac{V_o}{100} \Rightarrow I_z = I_1 - I = \frac{5}{100} - \frac{V_i - 5}{200} = \frac{10 - V_i + 5}{200} < 0 \Rightarrow V_i > 15V \rightarrow \text{fuera de rango.}$$

→ D conduce y Z conduce en inversa



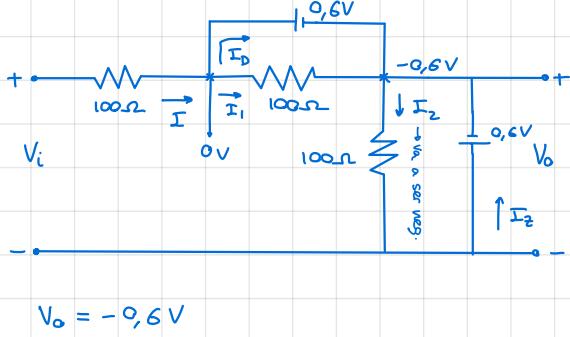
$$V_o = 5V$$

$$I = I_1 + I_D = I_2 - I_z$$

$$\frac{V_i - 5.6}{100} = \frac{5.6 - 5}{100} + I_D \Rightarrow I_D = \frac{V_i - 5.6 - 0.6}{100} = \frac{V_i - 6.2}{100} > 0 \Rightarrow V_i > 6.2V$$

$$\frac{V_i - 5.6}{100} = \frac{5}{100} - I_z \Rightarrow I_z = \frac{5 - V_i + 5.6}{100} = \frac{10.6 - V_i}{100} < 0 \Rightarrow V_i > 10.6V \rightarrow \text{más restrictiva}$$

→ D conduce y Z conduce en directo

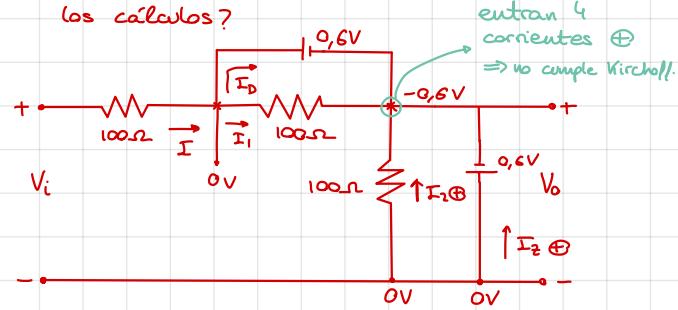


$$I = I_1 + I_D = I_2 - I_2$$

$$\frac{V_i - 0}{100} = \frac{0.6}{100} + I_D \Rightarrow I_D = \frac{V_i - 0.6}{100} > 0 \Rightarrow V_i > 0.6 \text{ V}$$

$$\frac{V_i - 0}{100} = \frac{-0.6}{100} - I_2 \Rightarrow I_2 = \frac{-0.6 - V_i}{100} > 0 \Rightarrow V_i < -0.6 \text{ V}$$

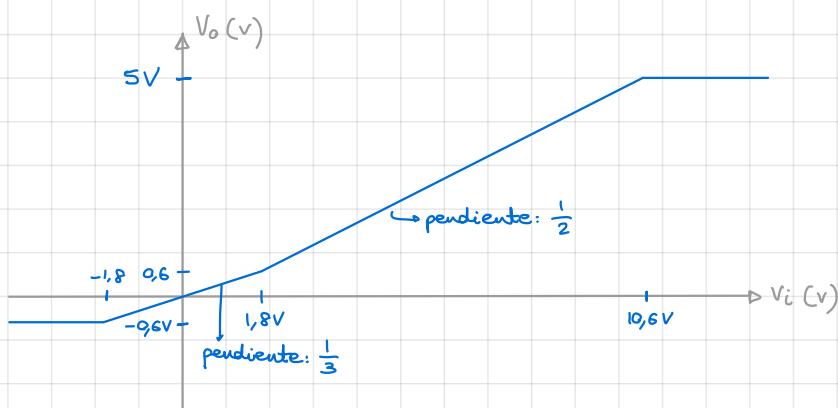
Lo único razonable  
antes de hacer  
los cálculos?



no se pide dar

$$V_o = \begin{cases} -0.6 \text{ V}, & V_i < -1.8 \text{ V} \\ \frac{V_i}{3}, & -1.8 \text{ V} < V_i < 1.8 \text{ V} \\ \frac{V_i - 0.6}{2}, & 1.8 \text{ V} < V_i < 10.6 \text{ V} \\ 5 \text{ V}, & V_i > 10.6 \text{ V} \end{cases}$$

b)

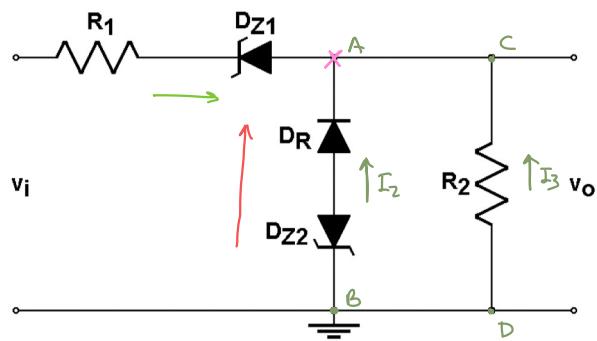


→ clase 18-12 → OBS

?

- 10.- Calcular la característica de transferencia de tensión del siguiente circuito. Esbozarla gráficamente indicando los valores de  $v_i$  para los que varía su pendiente, así como los valores de dicha pendiente en cada uno de los intervalos de  $v_i$  así definidos.

Suponer que las resistencias de los diodos son despreciables ( $R_d = R_z = 0$ ), y que las tensiones Zener son iguales (de valor  $V_z$ ) y mayores que sus umbrales de conducción directa (de valor  $V_\gamma$ ).



¿  $v_o(v_i)$  ?

CASO 1

$D_{z1}$  inversa  $\Rightarrow D_R$  y  $D_{z2}$  en corte

→ No puede ocurrir que  $D_R$  directa y  $D_{z2}$  en inversa pq:  
necesitaría en X una tensión suficiente negativa y para polarizar  $D_{z1}$  en inversa  
necesita un valor alto de  $v_i$  ⇒ en X tengo un valor  $\oplus$  y debería ser  $\ominus$

CASO 2

$D_{z1}$  corte  $\Rightarrow D_R$  y  $D_{z2}$  en corte no hay corriente circulando por ningún lado

$$\hookrightarrow V_B > V_A \text{ y } V_B = V_D \text{ y } V_A = V_C$$

$\Downarrow$   
 $I_2 > 0$  y va de mayor a menor

$I_3 > 0$  y va de mayor a menor  
Tengo 3 corrientes  $\oplus$  entrando en X ⇒ no se puede dar

CASOS 3 y 4

$D_{z1}$  directa  $\Rightarrow$

$\left\{ \begin{array}{l} D_R \text{ y } D_{z2} \text{ en corte } \text{no si uno esté en corte,} \\ \text{el otro no podría conducir} \\ D_R \text{ directa y } D_{z2} \text{ en inversa} \end{array} \right.$

Lo no pueden estar ambos en directa pq si no la intensidad circularía una para cada sentido ↑ ↓

↓ NO pq un diodo de unión nunca puede conducir en inversa

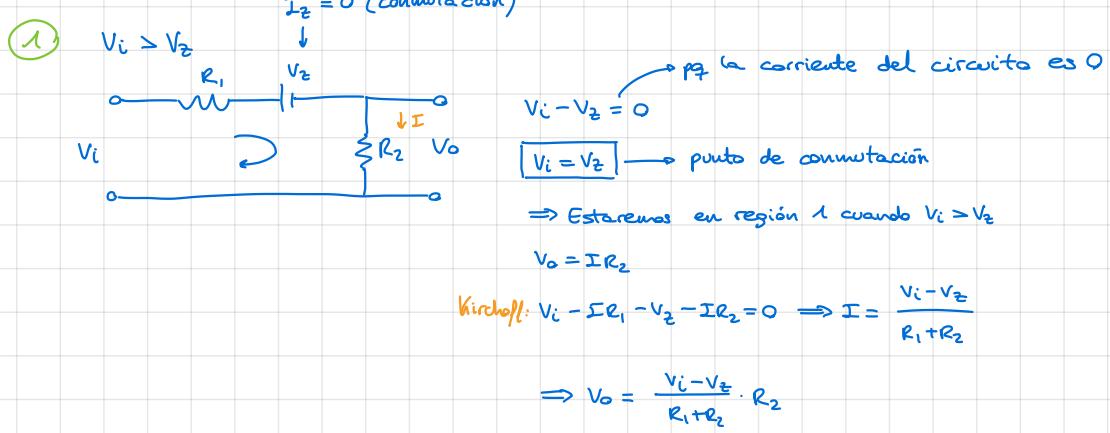
1) Para valor de tensión a la entrada alto  $\Rightarrow$  estaré en el C1 pq tengo tensión suficiente para polarizar  $D_{z1}$  en inv. y pq en X tendré tensión suficiente alta como para polarizar diodo (R) en inversa = corte

2) Si voy disminuyendo  $v_i$ , no podré polarizar  $D_{z1}$  en inversa  $\Rightarrow$  estaré en corte  $\Rightarrow$  los otros 2 tmb. en corte.

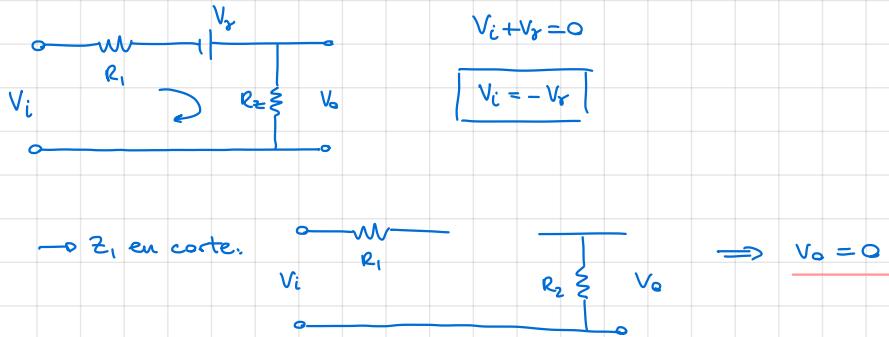
↳ C2

3) Sigo disminuyendo  $v_i$   $\Rightarrow D_{z1}$  directa  $\Rightarrow$  los otros en corte, pues en X habré un valor pequeño como para polarizar los siguientes diodos. → C3

4) Sigo disminuyendo  $v_i$   $\Rightarrow$  llegaré a la cuarta situación:  $D_{z1}$  directa,  $D_R$  directa,  $D_{z2}$  inversa. → C4.



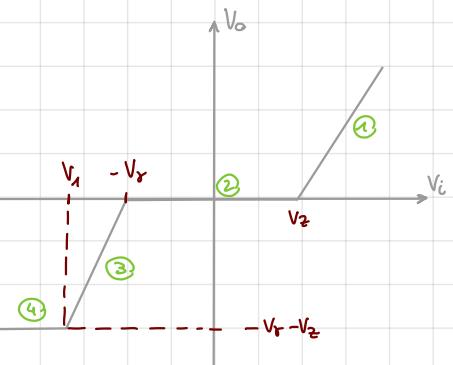
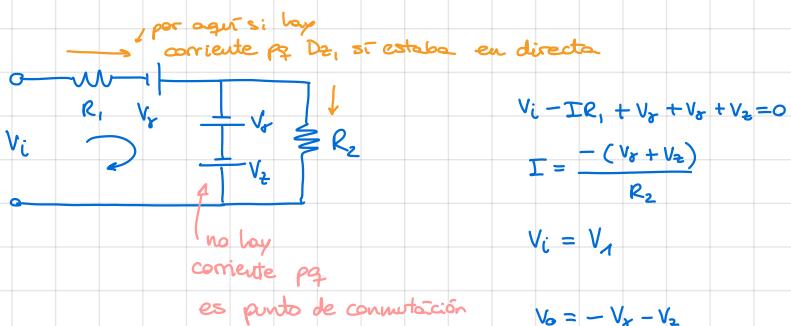
②  $-V_r < V_i < V_z \rightarrow D_{z_1}$  en corte



③  $(V_1 < V_i < -V_r)$

$$V_i - IR_1 + V_r - IR_2 = 0 ; V_o = IR_2 \Rightarrow V_o = R_2 \cdot \frac{V_i + V_r}{R_1 + R_2}$$

④  $V_i < V_1$

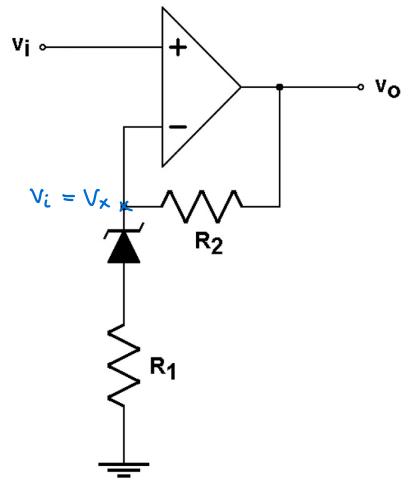


11.- Suponer que el amplificador operacional es ideal, y que el diodo zener tiene un voltaje umbral en directa de  $V_\gamma = 0$  con resistencia dinámica  $R_d = 0$  y un voltaje de ruptura inversa de valor  $V_Z$  ( $V_Z > 0$ ) con resistencia despreciable  $R_Z = 0$ .

Suponer también que la tensión de saturación positiva del amplificador operacional es mayor que  $V_Z$ .

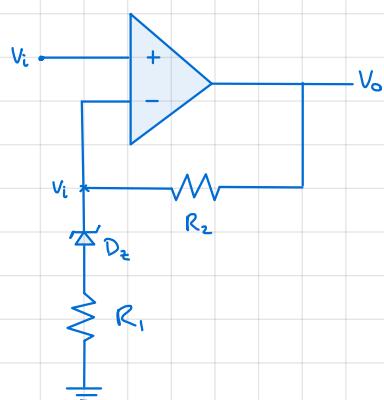
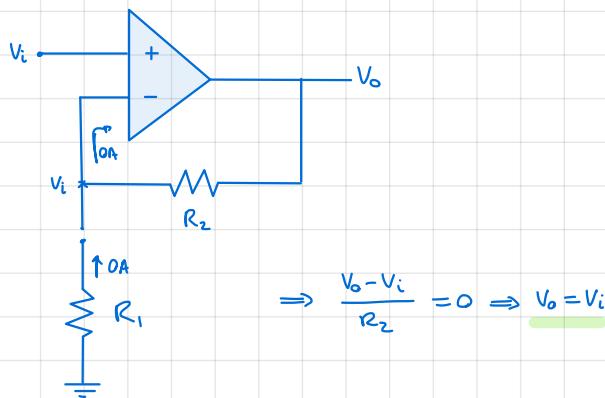
a) Obtener la expresión de  $v_o$  en función de  $v_i$ .

b) Esbozar la característica de transferencia si  $R_2 = 2R_1$ .

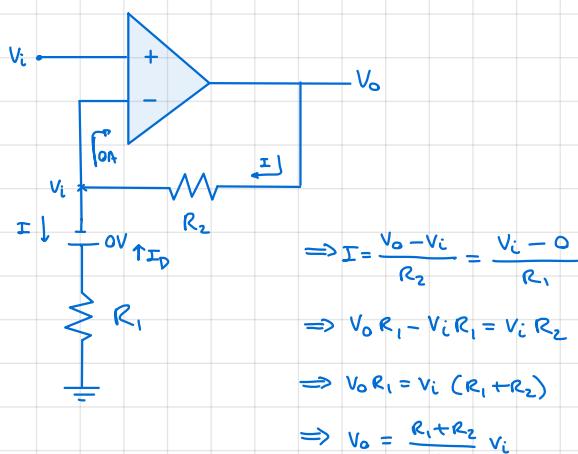


a) A.O. realimentado  $\ominus \rightarrow v_i = V_x$

$\rightarrow$  DZ. corte

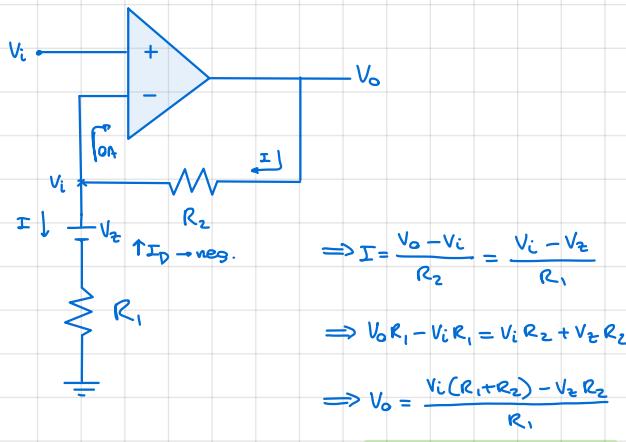


$\rightarrow$  DZ. directa



$$-I = I_D > 0 \Rightarrow I < 0 \Rightarrow V_i < 0$$

→ DZ. inversa

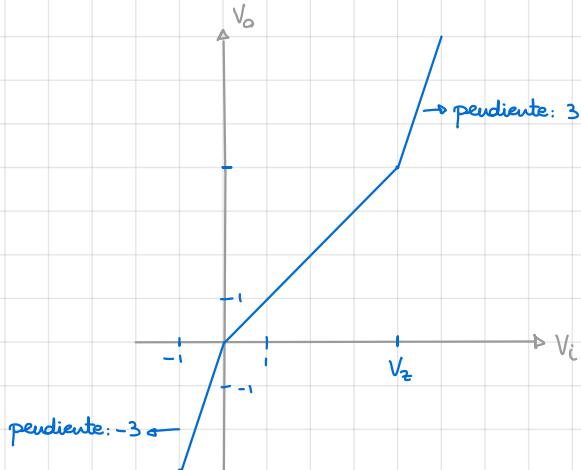


$$-I = I_D < 0 \Rightarrow I > 0 \Rightarrow V_i > V_z > 0$$

$$V_o = \begin{cases} \frac{R_1 + R_2}{R_1} V_i & , V_i < 0 \\ V_i & , 0 < V_i < V_z \\ \frac{V_i (R_1 + R_2) - V_z R_2}{R_1} & , V_i > V_z \end{cases}$$

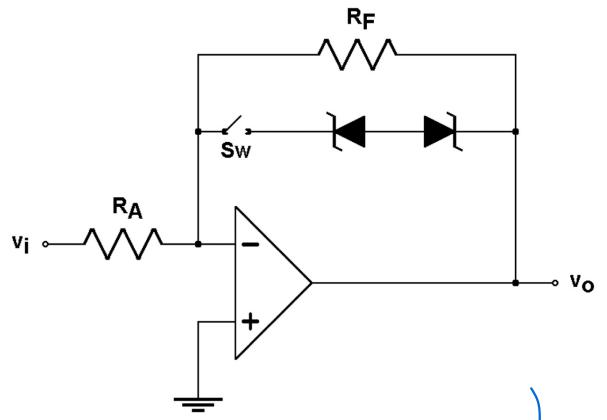
b)  $R_2 = 2R_1$

$$V_o = \begin{cases} 3V_i & , V_i < 0 \\ V_i & , 0 < V_i < V_z \\ 3V_i - 2V_z & , V_i > V_z \end{cases}$$

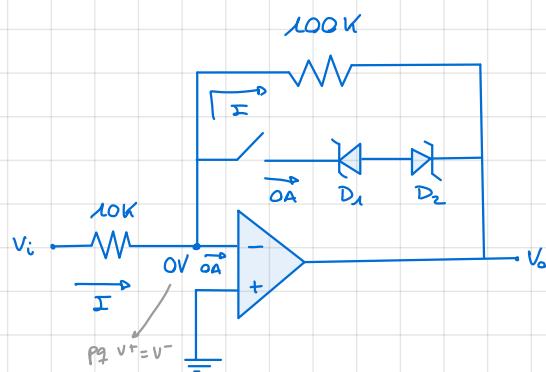


12.- En el circuito de la figura,  $v_i = 1 \text{ V} \cos(\omega t)$ ,  $R_F = 100 \text{ K}\Omega$  y  $R_A = 10 \text{ K}\Omega$ . Además, el amplificador operacional es ideal y los diodos zener tienen una tensión de ruptura  $V_Z = 5 \text{ V}$  y una tensión de conducción (umbral)  $V_\gamma = 0.7 \text{ V}$ .

- Calcular la tensión de salida  $v_o$  cuando el interruptor  $S_w$  está abierto.
- Calcular la tensión de salida cuando el interruptor  $S_w$  está cerrado.



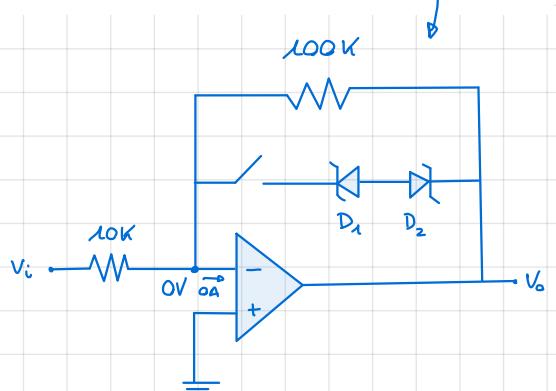
a)



$$I = \frac{v_i}{10K} = \frac{-v_o}{100K} \Rightarrow v_o = -10v_i$$

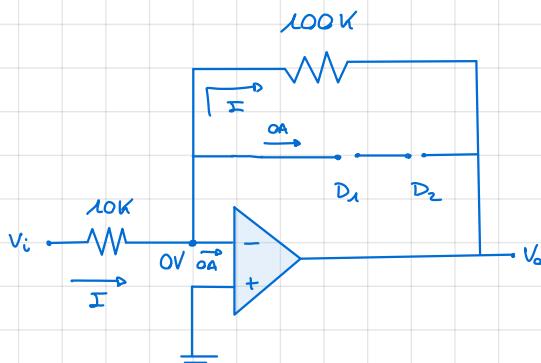
$$\Rightarrow v_o = 10V \cos(\omega t + \pi)$$

distinto a soluc.



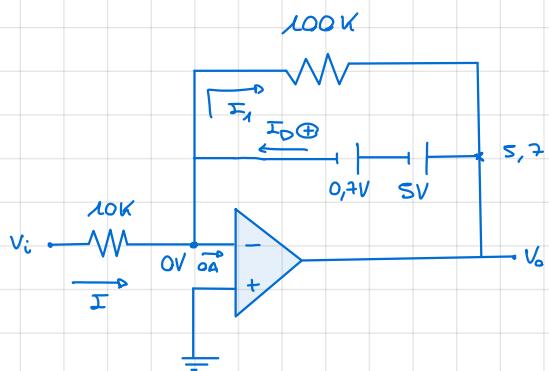
b)  $S_w$  cerrado:

$\rightarrow D_1$  y  $D_2$  en corte  $\equiv S_w$  abierto



$$v_o = -10v_i$$

→  $D_1$  directa y  $D_2$  inversa



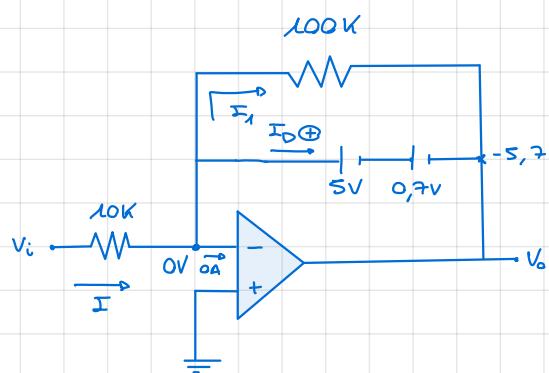
$$V_o = 5,7 \text{ V}$$

$$I = \frac{V_i}{10\text{K}} ; I = I_A - I_D$$

$$I_A = \frac{-5,7}{100\text{K}} \Rightarrow I_D = \frac{-5,7}{100\text{K}} - \frac{V_i}{10\text{K}} = \frac{-5,7 - 10V_i}{100\text{K}} > 0$$

$$\Rightarrow V_i < -0,57$$

→  $D_1$  inversa y  $D_2$  directa



$$V_o = -5,7 \text{ V}$$

$$I = I_A + I_D ; I = \frac{V_i}{10\text{K}}$$

$$I_A = \frac{5,7}{100\text{K}} \Rightarrow I_D = \frac{V_i}{10\text{K}} - \frac{5,7}{100\text{K}} = \frac{10V_i - 5,7}{100\text{K}} > 0$$

$$\Rightarrow V_i > 0,57$$

$$V_o = \begin{cases} 5,7 \text{ V} ; & V_i < -0,57 \text{ V} \\ -10V_i ; & -0,57 \text{ V} < V_i < 0,57 \text{ V} \\ -5,7 \text{ V} ; & V_i > 0,57 \text{ V} \end{cases}$$