

# FUNDAMENTOS DE ELECTRÓNICA

Examen Parcial (2017-2018)

Apellidos, Nombre:

Compañía:

Sección AGM:

Grupo CUD:

Este examen consta de cinco ejercicios y un test de 16 cuestiones. **Los enunciados de los ejercicios y el test se le entregan por separado.** En estas hojas debe desarrollar las soluciones de los ejercicios. Lea atentamente las siguientes normas:

- Rellene sus datos personales
- **Estas hojas NO pueden ser desgrapadas**
- Compruebe que entrega todas las cuestiones y ejercicios resueltos
- **El examen deberá ser escrito a bolígrafo**
- **No usar bolígrafo rojo ni Tipp-Ex**
- Se puede utilizar calculadora pero debe ser NO programable
- Si necesita folios adicionales, pídselos al profesorado

Ejercicio 1	Ejercicio 2	Ejercicio 3	NOTA
/ 1	/ 1	/ 1	
Ejercicio 4	Ejercicio 5	Test	
/ 1.5	/ 3.5	/ 2	

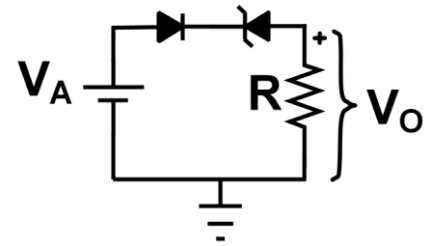
**EJERCICIO 1 (1 punto)**

Sea el siguiente circuito basado en un diodo y un zener.

$$V_A = 10 \text{ V}, R = 500 \ \Omega$$

$$\text{Diodo: } V_Y = 0.7 \text{ V}, r_d = 15 \ \Omega$$

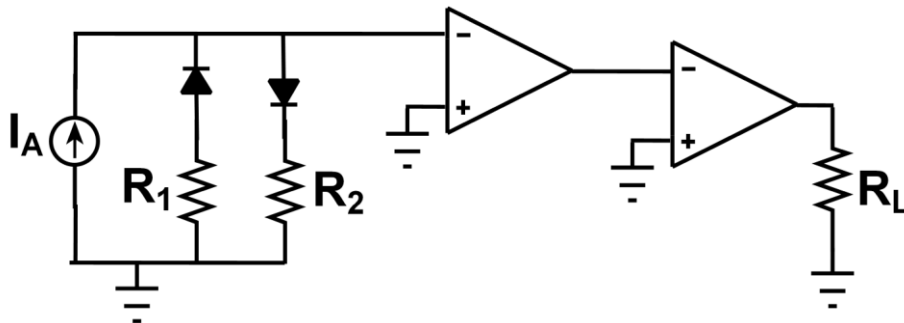
$$\text{Zener: } V_Z = 0.8 \text{ V}, |V_Z| = 7.5 \text{ V}, r_d = 20 \ \Omega, r_z = 10 \ \Omega$$



- Calcule la tensión de salida  $V_O$  del circuito aplicando la primera, la segunda y la tercera aproximación para ambos diodos.

**EJERCICIO 2 (1 punto)**

Sea el siguiente circuito, basado en dos AO y dos diodos.



$$V_{CC} = 12 \text{ V}, V_{EE} = -12 \text{ V}, I_{o,max} = 25 \text{ mA}, V_Y = 0.7 \text{ V}, I_A = 3 \text{ mA}, R_1 = 1.2 \text{ k}\Omega, R_2 = 1.8 \text{ k}\Omega, R_L = 750 \ \Omega$$

- Calcule la tensión de salida de ambos AO.
- Compruebe que la intensidad de salida de ambos AO no sobrepasa su limitación.

**EJERCICIO 3 (1 punto)**

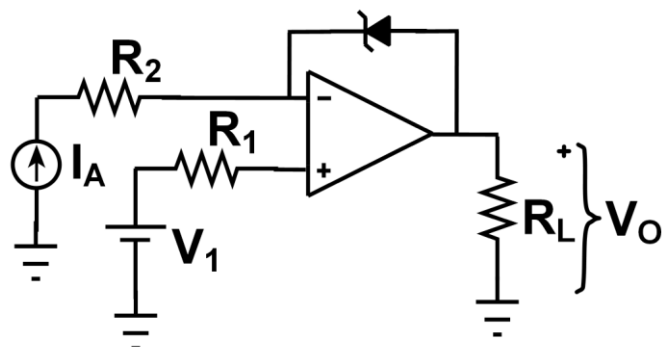
Sea el siguiente circuito, basado en un AO y un zener.

$$V_{CC} = 12 \text{ V}, V_{EE} = -12 \text{ V}, I_{o,max} = 25 \text{ mA},$$

$$V_Y = 0.8 \text{ V}, |V_Z| = 7.5 \text{ V}, I_{MAX} = 20 \text{ mA},$$

$$P_{Z,MAX} = 270 \text{ mW}, I_A = 5 \text{ mA}, V_1 = 4 \text{ V},$$

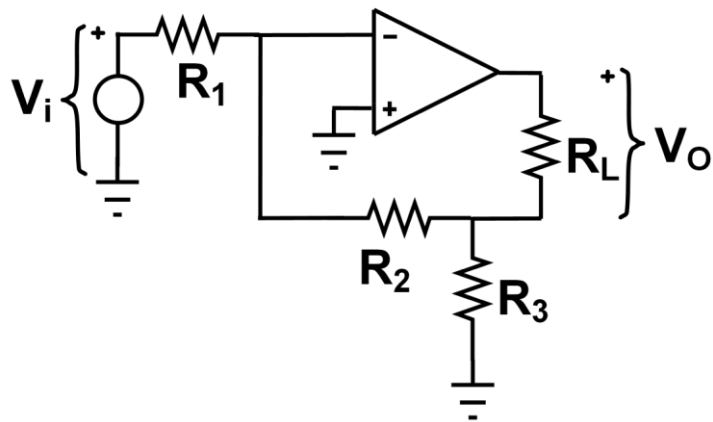
$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega, R_2 = 2.4 \text{ k}\Omega, R_L = 500 \ \Omega$$



- Calcule la tensión de salida  $V_O$ .
- Compruebe que la intensidad de salida del AO no sobrepasa su limitación.
- Compruebe que el diodo zener no supera sus limitaciones.

**EJERCICIO 4 (1,5 puntos)**

Sea el siguiente circuito, basado en un AO.

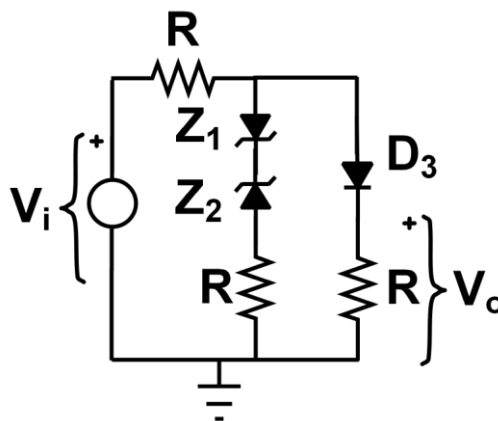


$$V_{CC} = 12 \text{ V}, V_{EE} = -12 \text{ V}, R_1 = 4 \text{ k}\Omega, R_2 = 10 \text{ k}\Omega, R_3 = 2 \text{ k}\Omega, R_L = 7 \text{ k}\Omega$$

- Calcule la relación entre la tensión de salida  $V_O$  y la tensión de entrada  $V_i$ .
- Calcule el rango de tensión de entrada para el cual el AO no alcanza la limitación de su tensión de salida.

**EJERCICIO 5 (3,5 puntos)**

Sea el siguiente circuito basado en un diodo y dos zener.



$$R = 500 \Omega$$

$$\text{Diodo: } V_Y = 0.7 \text{ V}$$

$$\text{Zener: } V_Y = 0.7 \text{ V}, |V_Z| = 7.5 \text{ V}$$

- Calcule la relación entre la tensión de salida  $V_O$  y la tensión de entrada  $V_i$ , indicando todos los cambios de estado de los diodos en función de  $V_i$ .

Nombre: ..... Sección: .....

Esta parte del examen parcial contiene 10 preguntas tipo test y 6 preguntas verdadero/falso.

Cada pregunta vale 1/8 puntos (0,125 puntos), totalizando 2 puntos.

- Las preguntas tipo test tienen una única respuesta correcta y cada fallo resta 1/24 puntos.
- Cada respuesta incorrecta de tipo verdadero/falso resta 1/8 puntos.

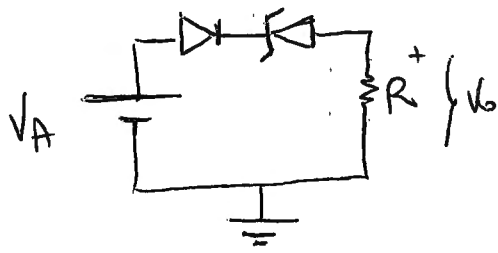
En caso de equivocarse al marcar alguna contestación, para anularla deberá escribirse junto a ella un "NO", "Falso" o "Verdadero" (según corresponda).

- |   |   |
|---|---|
| <p>1. A la temperatura de cero absoluto, un semiconductor intrínseco tiene</p> <p>a. pocos electrones libres</p> <p>b. muchos huecos</p> <p>c. muchos electrones libres</p> <p><b>d. ni huecos ni electrones libres</b></p>   | <p>6. ¿En qué tipo de semiconductor los portadores minoritarios son huecos?</p> <p>a. intrínseco</p> <p><b>b. extrínseco tipo n</b></p> <p>c. extrínseco tipo p</p> <p>d. ninguno de los anteriores</p>                           |
| <p>2. A temperatura ambiente, un semiconductor intrínseco tiene</p> <p><b>a. unos pocos electrones libres y huecos</b></p> <p>b. muchos huecos</p> <p>c. muchos electrones libres</p> <p>d. ningún hueco</p>  | <p>7. Los átomos de impurezas aceptadoras tipo P como el boro, ¿cuántos electrones tienen en la banda de valencia?</p> <p>a. 1</p> <p><b>b. 3</b></p> <p>c. 4</p> <p>d. 5</p>   |
| <p>3. Cuando se aplica una tensión eléctrica a un semiconductor, los huecos fluyen</p> <p>a. alejándose del potencial negativo</p> <p>b. hacia el potencial positivo</p> <p>c. en sentido opuesto al campo eléctrico</p> <p><b>d. Ninguna de las anteriores</b></p> | <p>8. La barrera de energía de la unión de un diodo PN disminuirá cuando el diodo</p> <p><b>a. esté polarizado en directa</b></p> <p>b. esté en equilibrio térmico</p> <p>c. esté polarizado en inversa</p> <p>d. no conduzca</p> |
| <p>4. El flujo de los electrones libres hacia la derecha indica que los huecos se mueven hacia</p> <p><b>a. la izquierda</b></p> <p>b. la derecha</p> <p>c. cualquier lado</p> <p>d. ninguna de las anteriores</p>  | <p>9. La ionización de una unión PN crea una región a ambos lados de la barrera llamada</p> <p>a. zona zener</p> <p><b>b. zona de deplexión</b></p> <p>c. zona de operaciones</p> <p>d. zona intrínseca</p>                       |
| <p>5. A temperatura ambiente, un cristal de silicio fuertemente dopado se comporta de manera similar a</p> <p>a. una batería descargándose</p> <p><b>b. un mal conductor</b></p> <p>c. un buen aislante</p> <p>d. un material intrínseco</p>                        | <p>10. ¿Qué rectificador utiliza 4 diodos?</p> <p>a. recortador simétrico</p> <p>b. rectificador de media onda</p> <p><b>c. rectificador de onda completa</b></p> <p>d. rectificador de onda pluscuamperfecta</p>                 |

Marque en las siguientes afirmaciones verdadero  V o falso  F:

- |   |   |
|---|---|
| F | 11. Cuando un diodo convencional se encuentra en polarización inversa, la corriente que lo atraviesa es elevada.          |
| F | 12. La corriente inversa de saturación es la intensidad que recorre el diodo cuando se encuentra en polarización directa. |
| F | 13. La potencia máxima de un zener limita la corriente en polarización directa.   |
| V | 14. Si en un diodo zener se produce efecto túnel, está polarizado en inversa.   |
| V | 15. Un diodo LED emite luz cuando se encuentra en polarización directa.   |
| V | 16. Los diodos LED y fotodetectores permiten transmitir información en forma de luz.                                      |

## EXERCICIO 1:



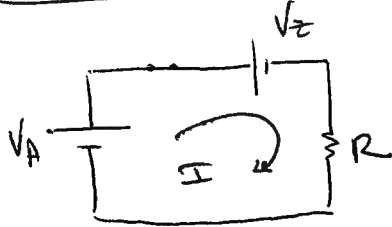
$$V_A = 10V \quad R = 500\Omega$$

$$\text{DIODO: } V_{\gamma_D} = 0.7V, r_{d_D} = 15\Omega$$

$$\text{ZENNER: } V_{\gamma_Z} = 0.8V, |V_Z| = 7.5V, r_{d_Z} = 20\Omega, r_Z = 10\Omega$$

$$V_A > V_{\gamma_D} + V_Z = 8.2V \rightarrow D_1 \equiv ON \quad Z_2 \equiv RUP$$

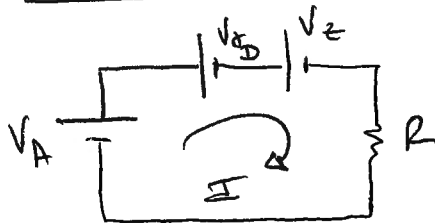
1ª APROX:



$$I = \frac{V_A - V_Z}{R}$$

$$V_o = IR = V_A - V_Z = 2.5V //$$

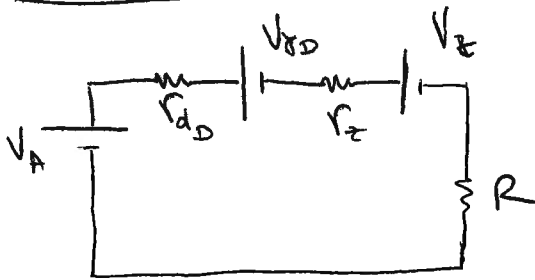
2ª APROX:



$$I = \frac{V_A - V_Z - V_{\gamma_D}}{R}$$

$$V_o = IR = V_A - V_Z - V_{\gamma_D} = 1.8V //$$

3ª APROX:



$$I = \frac{V_A - V_{\gamma_D} - V_Z}{R + r_{d_D} + r_Z}$$

$$V_o = IR = \left( \frac{V_A - V_{\gamma_D} - V_Z}{R + r_{d_D} + r_Z} \right) R = 1.71V //$$

SOLUCION:

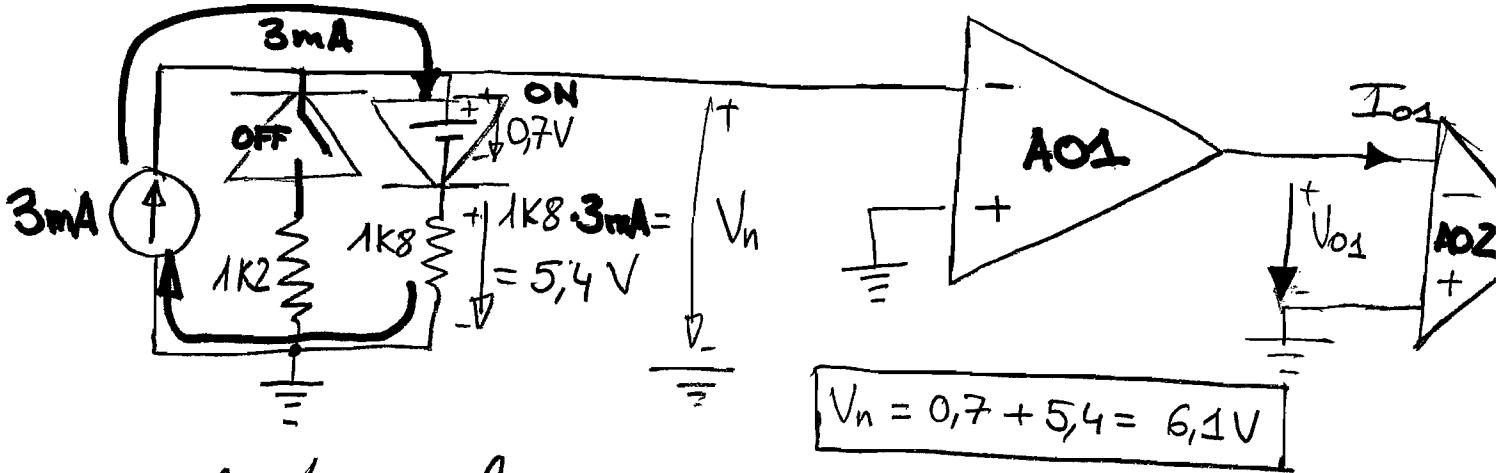
$$\underline{1ª AP} : V_o = 2.5V$$

$$\underline{2ª AP} : V_o = 1.8V$$

$$\underline{3ª AP} : V_o = 1.71V$$

# Ejercicio 2

Calcular la tensión e intensidad de salida de los AO.  $I_{0,max} = 25 \text{ mA}$ ,  
 $V_{CC} = +12 \text{ V}$ ,  $V_{EE} = -12 \text{ V}$

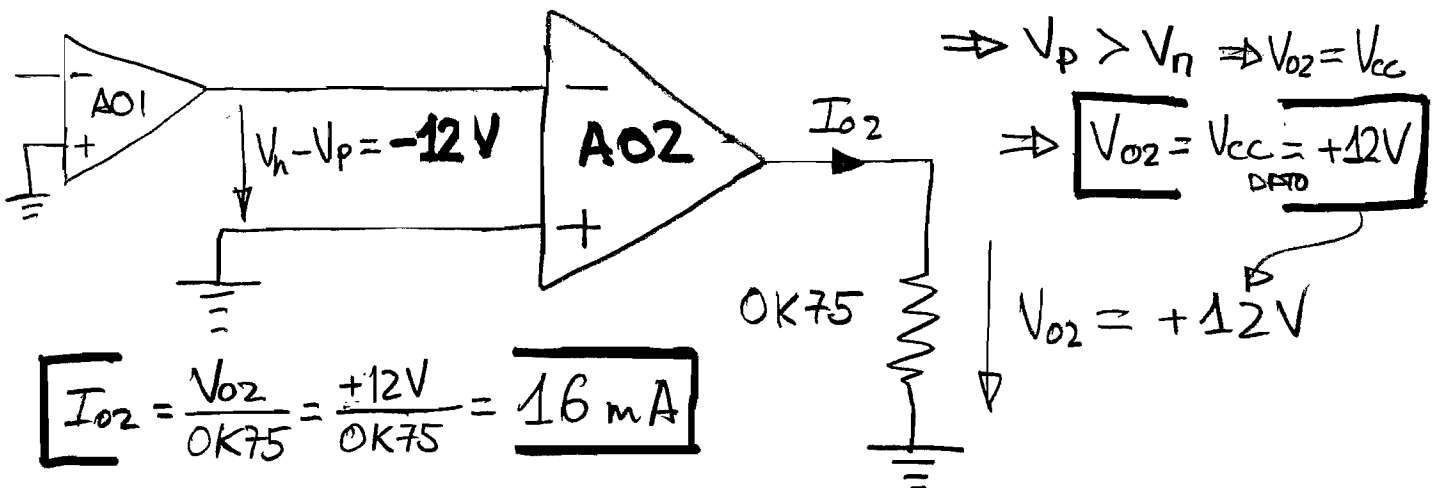


• Por los terminales (+) y (-) no se absorbe ni cede corriente  $\Rightarrow I_{01} = 0$  AO1

• los AO no tienen realimentación  $\Rightarrow$  funcionan como comparadores

AO1 { \* Tensión terminal inversor (-):  $V_n = 6,1 \text{ V}$   
 \* Tensión terminal no inversor (+):  $V_p = 0 \text{ V}$  (unido a tierra)  
 $V_n > V_p$  en AO1  $\Rightarrow V_{01} = V_{EE} = -12 \text{ V}$  DATO

AO2 = amplificador de la derecha con  $V_n - V_p = -12 \text{ V}$

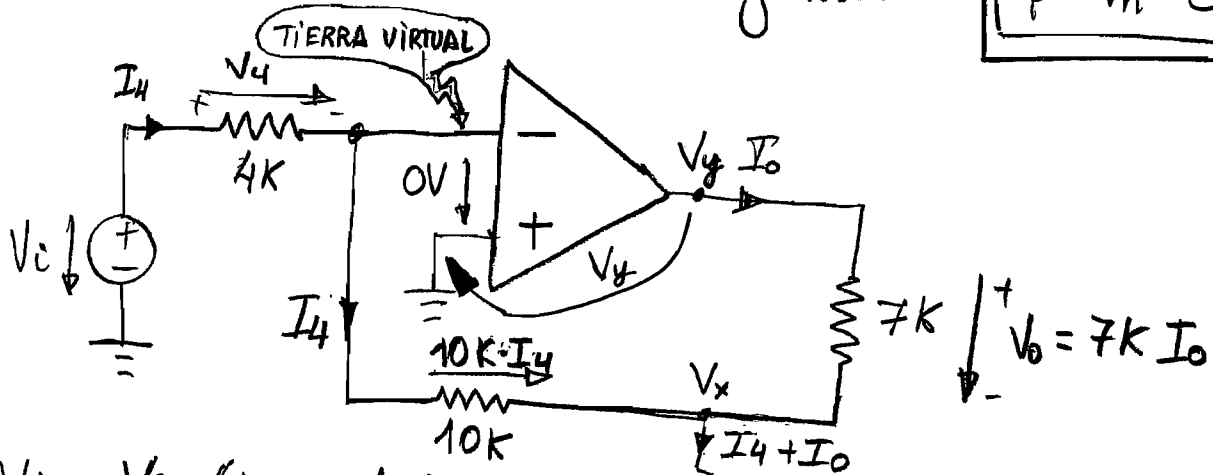


$I_{02} < I_{0,max} (=25 \text{ mA}) \Rightarrow$  El AO no limita por  $I_{g,max}$



# Ejercicio 4

Calcule la relación entre la tensión de entrada  $V_i$  y de salida  $V_o$ ,  
Realimentación negativa  $\Rightarrow$   $V_p = V_n = 0$



$$V_4 = V_i \quad (\text{tierra virtual en el terminal -})$$

$$I_4 = \frac{V_4}{4k} = \frac{V_i}{4k} = -\frac{V_x}{10k} \quad \text{tierra virtual}$$

$$2k(I_4 + I_o) = V_x$$

$$\Rightarrow V_x = -\frac{10k}{4k} V_i = -2,5 V_i$$

$$\text{LKT: } 10k I_4 + 2k(I_4 + I_o) = 0 \quad (\text{tierra virtual en -})$$

$$\Rightarrow 12k I_4 + 2k I_o = 0$$

$$I_o = -6 I_4 = -\frac{6}{4k} V_i$$

$$V_o = 7k I_o = -\frac{7k}{4k} \cdot 6 V_i = -10,5 V_i$$

límites debido a  $V_{EE} < V_y < V_{CC}$

$$V_y = V_o + V_x = -10,5 V_i - 2,5 V_i = -13 V_i$$

$$\text{Si } V_y = V_{EE} \stackrel{\text{DATO}}{=} -12V \Rightarrow V_i = \frac{-12}{-13} = 0,923V$$

$$\text{Si } V_y = V_{CC} \stackrel{\text{DATO}}{=} +12V \Rightarrow V_i = \frac{+12}{-13} = -0,923V$$

$\Rightarrow$  límite de la tensión de entrada  $V_i$  para trabajar en

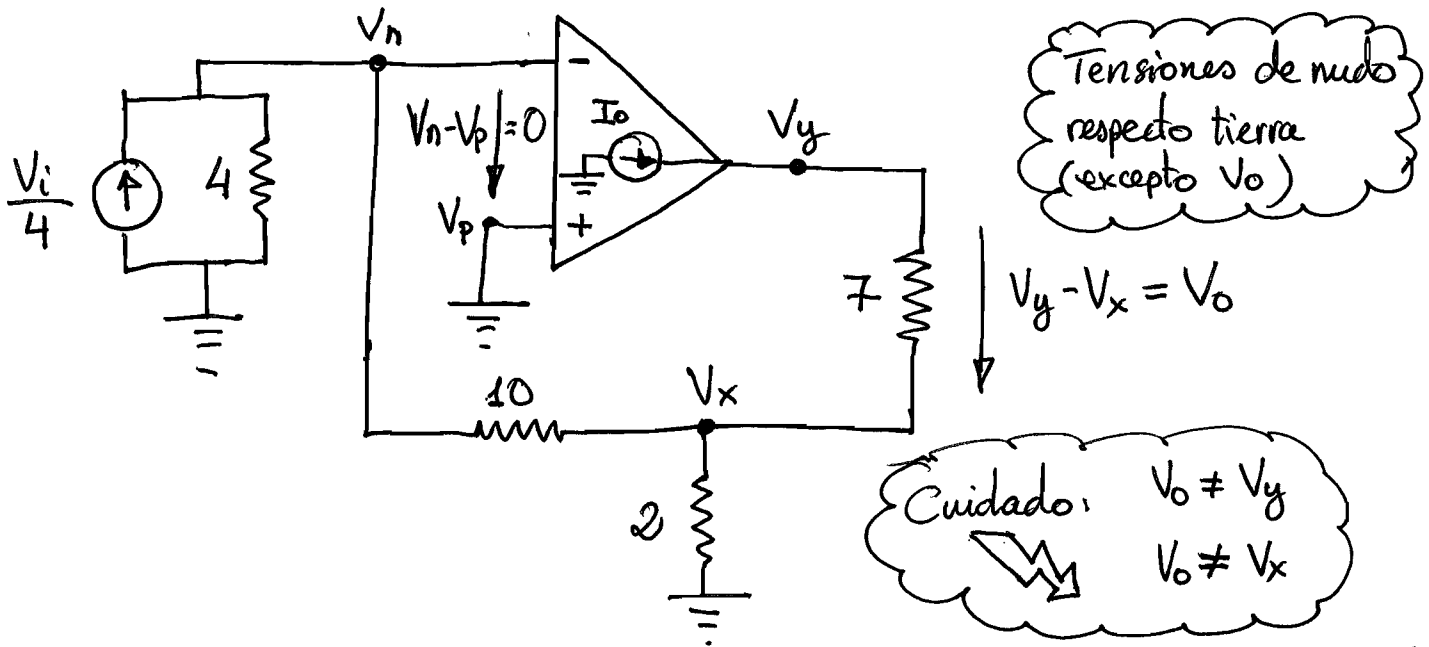
zona LINEAL:

(fuera de estos límites el AO satura)

$$-0,923 < V_i < +0,923V$$



Este problema se puede resolver por nudos por el método matricial. Por comodidad utilizo las unidades  $k\Omega$ ,  $mA$ ,  $V$ .



El circuito tiene 3 nudos (además de tierra, que sirve de referencia)

$$\begin{array}{l}
 \textcircled{1} \\
 \textcircled{2} \\
 \textcircled{3}
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 \frac{1}{4} + \frac{1}{10} & -\frac{1}{10} & 0 \\
 -\frac{1}{10} & \frac{1}{10} + \frac{1}{2} + \frac{1}{7} & -\frac{1}{7} \\
 0 & -\frac{1}{7} & \frac{1}{7}
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 V_n \\
 V_x \\
 V_y
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 +\frac{V_i}{4} \\
 0 \\
 +I_o
 \end{bmatrix}$$

La corriente  $I_o$  que suministra el AO es una incógnita adicional. La ecuación adicional correspondiente a que el AO trabaja con realimentación negativa es  $V_n = V_p = 0$  (tierra virtual). Las ecuaciones correspondientes con  $V_n = 0$  son:

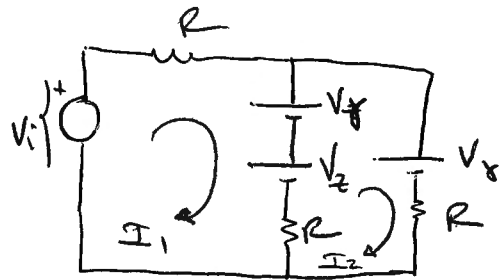
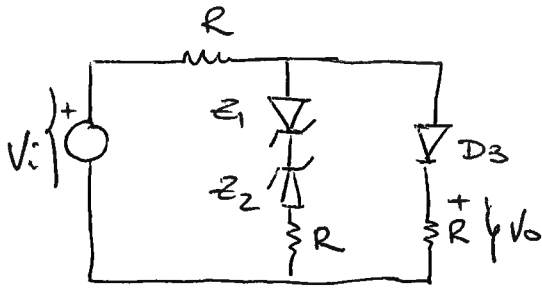
$$\textcircled{1'} \quad -\frac{V_x}{10} = \frac{V_i}{4} \Rightarrow \boxed{V_x = -2,5 V_i}$$

$$\textcircled{2'} \quad \frac{26}{35} V_x - \frac{V_y}{7} = 0 \Rightarrow \boxed{V_y = 5,2 V_x = -13 V_i}$$

$$\textcircled{3'} \quad \boxed{I_o = -\frac{V_x}{7} + \frac{V_y}{7} = \frac{10,5}{7} V_i} \quad \boxed{V_o = V_y - V_x = -10,5 V_i}$$

EXERCICIO 5:

$V_i \gg 0 \rightarrow z_1 = \text{ON} \quad z_2 = \text{RUP} \quad D_3 = \text{ON}$



①  $V_i - 2I_1R + I_2R - V_g - V_z = 0$

②  $V_z + \frac{V_g}{3} - \frac{V_g}{3} - 2I_2R + I_1R = 0$

① + 2②:  $V_i - 2I_1R + I_2R - V_g - V_z + 2V_z - 4I_2R + 2I_1R = 0$

$V_i - 3I_2R - V_g + V_z = 0 \rightarrow I_2 = \frac{V_i - V_g + V_z}{3R} = \frac{V_i + 6'8}{1500}$

$I_1 = \frac{2I_2R - V_z}{R} = \frac{2V_i - 2V_g + 2V_z}{3R} - \frac{3V_z}{3R} = \frac{2V_i - 2V_g - V_z}{3R}$

$I_1 = \frac{2V_i - 8'9}{1500}$

$z_1 = \text{ON} \text{ y } z_2 = \text{RUP} \Leftrightarrow I_1 - I_2 > 0 \rightarrow \frac{2V_i - 2V_g - V_z - V_i + V_g - V_z}{3R} > 0$

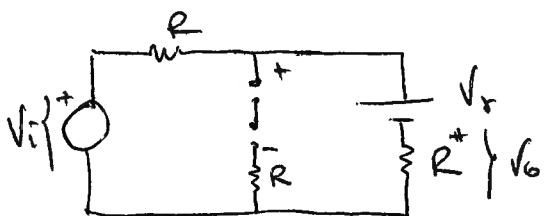
$V_i - V_g - 2V_z > 0 \rightarrow V_i \geq V_g + 2V_z = 15'7V \leftarrow \boxed{+ \text{ RESTRICTIVO}}$

$D_3 = \text{ON} \Leftrightarrow I_2 > 0 \rightarrow \frac{V_i - V_g + V_z}{3R} > 0 \rightarrow V_i \geq V_g - V_z = -6'8V$

$V_0 = I_2R = \frac{V_i - V_g + V_z}{3} = \frac{V_i + 6'8}{3}$

$\text{Si } V_i \geq 15'7V \rightarrow V_0 = \frac{V_i + 6'8}{3} \text{ con } z_1 = \text{ON} \quad z_2 = \text{RUP} \quad D_3 = \text{ON}$

$V_i < 15'7V \rightarrow z_1 = z_2 = \text{OFF} \quad D_3 = \text{ON}$



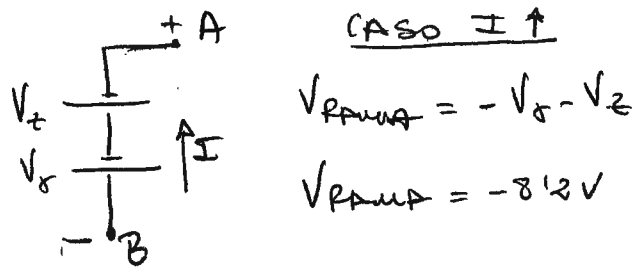
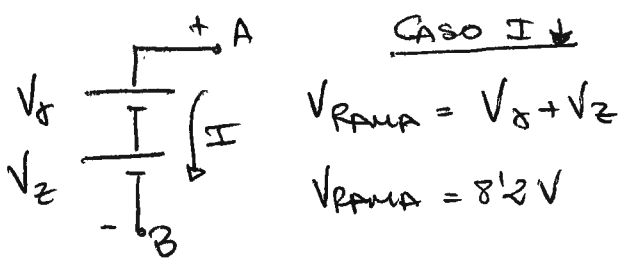
$I = \frac{V_i - V_g}{2R} = \frac{V_i - 0'7}{1000}$

$V_0 = IR = \frac{V_i - 0'7}{2}$

$$D_3 \equiv \text{ON} \iff I > 0 \rightarrow \frac{V_i - V_s}{2R} > 0 \rightarrow V_i \geq 0.7V$$

⊕ RESTRICTIVO

$Z_1 \equiv Z_2 \equiv \text{OFF}$ :



CASO R\_{AMP} \equiv \text{OFF}  $\rightarrow -8.2V < V_{R_{AMP}} < 8.2V$

$$V_{R_{AMP}} = V_i - IR = V_i - \frac{V_i - V_s}{2} = \frac{V_i + V_s}{2} = \frac{V_i + 0.7}{2}$$

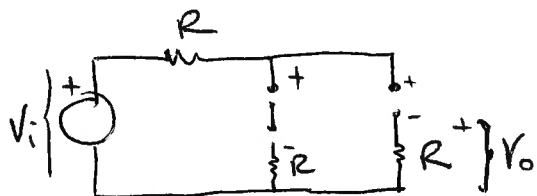
$$Z_1 \equiv Z_2 \equiv \text{OFF} \iff -8.2V < \frac{V_i + 0.7}{2} < 8.2V$$

$$\frac{V_i + 0.7}{2} < 8.2V \rightarrow V_i < 15.7V \quad \boxed{\text{OK}}$$

$$-8.2V < \frac{V_i + 0.7}{2} \rightarrow V_i \geq -17.1V //$$

Si  $0.7V \leq V_i \leq 15.7V \rightarrow V_o = \frac{V_i - 0.7}{2}$  con  $Z_1 \equiv Z_2 \equiv \text{OFF}$   $D_3 \equiv \text{ON}$

$V_i < 0.7V \rightarrow D_3 \equiv Z_1 \equiv Z_2 \equiv \text{OFF}$

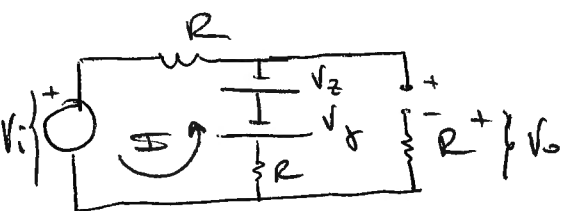


$I = 0$   
 $V_o = IR = 0V$

R\_{AMP} \equiv \text{OFF}:  
 $V_{R_{AMP}} = V_i \geq -8.2V$

Si  $-8.2V \leq V_i < 0.7V \rightarrow V_o = 0$  con  $D_3 \equiv Z_1 \equiv Z_2 \equiv \text{OFF}$

$V_i < -8.2V \rightarrow D_3 \equiv \text{OFF}$   $Z_1 \equiv \text{RUP}$   $Z_2 \equiv \text{ON}$



$V_o = 0V$

Si  $V_i \leq -8.2V \rightarrow V_o = 0V$  con  $D_3 \equiv \text{OFF}$   $Z_1 \equiv \text{RUP}$   $Z_2 \equiv \text{ON}$

SOLUCION:

$$V_o = \begin{cases} \frac{V_i + 6'8}{3} & V_i \geq 15'7V \quad D_3 \equiv ON \quad z_1 \equiv ON \quad z_2 \equiv RVP \\ \frac{V_i - 0'7}{2} & 0'7V \leq V_i \leq 15'7V \quad z_1 \equiv z_2 \equiv OFF \quad D_3 \equiv ON \\ 0 & -8'2V \leq V_i \leq 0'7V \quad D_3 \equiv OFF = z_1 \equiv z_2 \\ 0 & V_i \leq -8'2V \quad D_3 \equiv OFF \quad z_1 \equiv RVP \quad z_2 \equiv ON \end{cases}$$