 <b>Universidad de Granada</b>		<b>Fundamentos Físicos y Tecnológicos</b> <b>D.G.I.I.M.</b>	<b>Examen de Teoría</b> <b>20 de Enero de 2020</b>
Apellidos:			Firma:
Nombre:	DNI:	Grupo:	

- Indica en cada hoja tu nombre, el número de página y el número de páginas totales que entregas.
- Lee detenidamente los enunciados antes de contestar.
- No es obligatorio hacer los ejercicios en el orden en el que están planteados.

1. Un cascarón aislante grueso, cilíndrico, con radio interior  $a$  y radio exterior  $b$  tiene una carga distribuida en su volumen, con densidad uniforme de carga volumétrica  $\rho$ .

- Determina justificadamente el campo eléctrico en cualquier punto del espacio.
- Determina justificadamente el potencial eléctrico en cualquier punto del espacio.
- Una partícula de masa  $m$  y carga  $q$  se encuentra a una distancia  $l$  ( $l > b$ ) del cascarón. ¿Qué velocidad debemos imprimir como mínimo a la partícula para que sea capaz de llegar hasta la superficie del cascarón? ¿Depende el planteamiento del problema de los signos de la carga  $q$  y de la densidad de carga  $\rho$ ?

**(1.25 puntos)**

2. En el circuito de la figura **1**:

- Calcula y **dibuja** los equivalentes Thevenin y Norton del circuito visto desde los puntos A y B si  $R=1k\Omega$ ,  $I_1=1mA$ ,  $I_2=2mA$ ,  $V_1=2V$  y  $V_2=4V$ . Para calcular  $V_{th}$  usa el camino sombreado y los nombres de los nudos asignados en la figura. **(1.5 puntos)**
- Calcula la potencia de las fuentes  $I_1$ ,  $I_2$  y  $V_2$  del circuito justificando si son consumidas o suministradas. **(0.75 puntos)**
- Si entre los puntos A y B colocamos una fuente de tensión  $v(t) = 4\sin(10^4 t + \pi/3)V$ , ¿cuál es la potencia instantánea de dicha fuente? ¿Es suministrada o consumida? Justifica tu respuesta. **(0.75 puntos)**

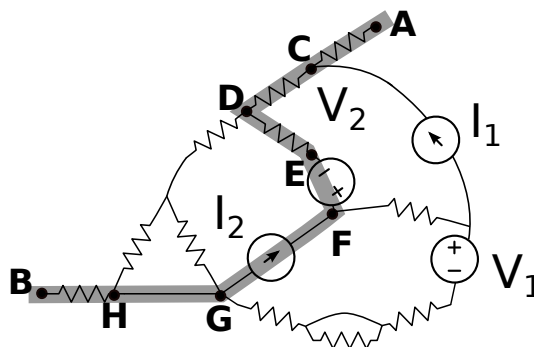


Figura 1: Circuito para el problema 2

- ¿Cómo cambia la anchura de la zona de deplexión (región compuesta por átomos ionizados) al variar la polarización en una unión pn? Justifica tu respuesta **(0.25 puntos)**
- Para el circuito de la figura **2** calcula el punto de polarización ( $V_{GS}$ ,  $V_{DS}$ ,  $I_D$ ) y la potencia consumida por el transistor y por el diodo. Datos:  $V_{\gamma}=1.2V$ ,  $V_1=10V$ ,  $V_2=7.4V_x$ ,  $V_3=3V$ ,  $V_T=2V$ ,  $R=1k\Omega$ ,  $L=1mH$ ,  $k=2 \cdot 10^{-3} \frac{A}{V^2}$ . **(1.75 puntos)**
- En el circuito de la figura **3**  $R=1\Omega$ ,  $R_1=1k\Omega$ ,  $C=1nF$ ,  $L_1=10mH$  y  $L=1mH$ .
  - Calcula la función de transferencia, su módulo y su argumento. **(1 punto)**
  - Pinta y explica el significado del diagrama de Bode en módulo y en argumento de la función de transferencia. ¿Existe alguna frecuencia para la que la salida sea cien veces más pequeña que la entrada? ¿Existe alguna frecuencia para la que no haya desfase entre entrada y salida? **(0.75 puntos)**

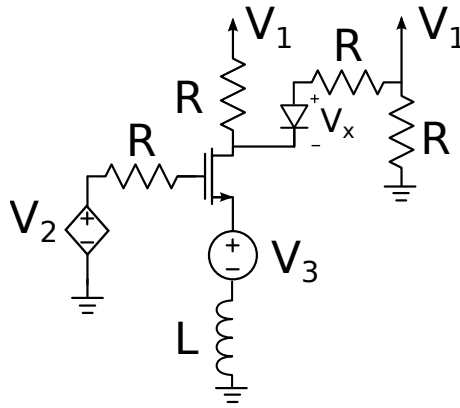


Figura 2: Circuito para el problema 4

- c) ¿Cuáles serían las potencias media e instantánea en la bobina  $L_1$  y en la resistencia  $R_1$  si la entrada fuera  $v_i(t) = 4 \sin(10^5 t + \frac{\pi}{4}) V$ ? **(0.75 puntos)**
- d) ¿Podría existir algún problema de funcionamiento en el circuito de la figura 3? Justifica tu respuesta y, en caso de ser afirmativa, propón una solución. **(0.25 puntos)**

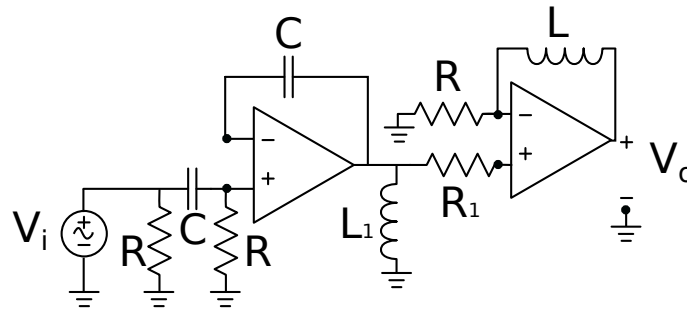
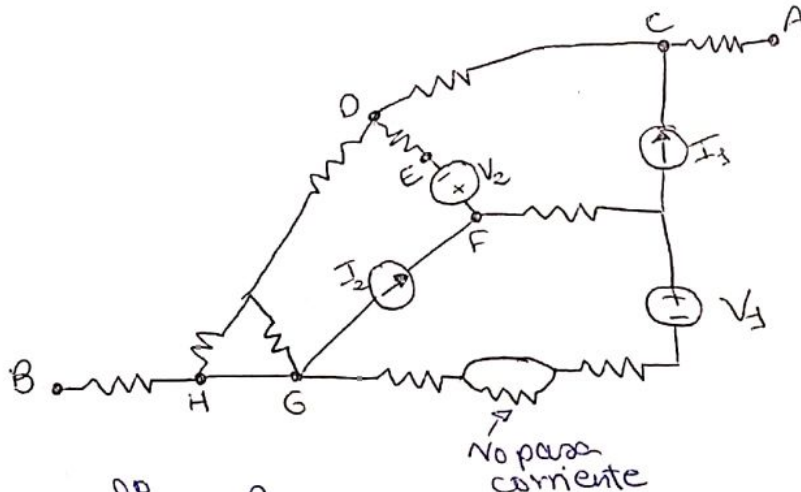


Figura 3: Circuito para el problema 5

6. Explica detalladamente cómo funciona un inversor CMOS, pinta la característica de transferencia y comenta el estado de cada transistor en cada región. ¿Cuáles con sus ventajas e inconvenientes en comparación con las otras tecnologías con otras cargas? Pinta el circuito que realiza la función lógica AB de la forma más detallada posible usando esta tecnología. **(1 punto)**

# EXAMEN OGIIM 2020

1.



Datos

$$R = 1k\Omega$$

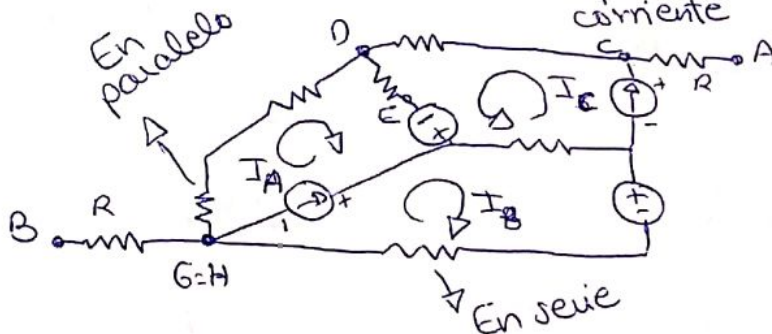
$$I_3 = 1\mu A$$

$$I_2 = 2\mu A$$

$$V_1 = 2V$$

$$V_2 = 4V$$

$V_{th}$  usando el camino subrayado!



$$I_3 = 1\mu A = 0.001A$$

Ley de mallas

$$V_2 - E_{I_2} = 3I_A R + I_C R$$

$$-V_1 + E_{I_2} = 2I_B R + I_C R$$

$$V_2 + E_{I_1} = 3I_C R + I_A R + I_B R$$

$$I_2 = I_B - I_A$$

$$\begin{cases} 2 - e = 3000a + 1 \\ -2 + e = 2000b + 1 \\ 4 + d = 3 + 1000a + 1000b \\ 0.002 = b - a \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2 - e = 3000a + 1 \\ -2 + e = 2000(0.002 + a) + 1 \end{cases}$$

$$0 = 3000a + 1 + 1 + 4 + 2000a$$

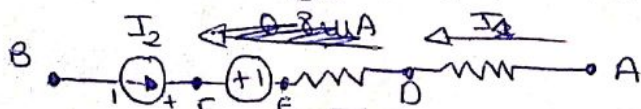
$$-6 = 5000a \Rightarrow a = I_A = -0.0012A = -1.2\mu A$$

$$b = I_B = 0.0008A = 0.8\mu A$$

$$2 - e = 3000(-0.0012) + 1 \Rightarrow e = 4.6V = E_{I_2}$$

$$4 + d = 3 + 1000(-0.0012) + 1000(0.0008) \Rightarrow d = E_{I_1} = -1.4V$$

Ya tenemos el circuito resuelto.

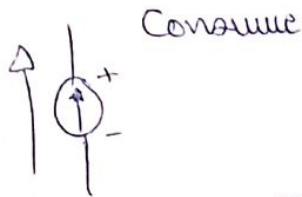
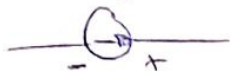


$$V_B - V_A = -E_{I_2} + V_2 - I_1 R - I_2 R = -4.6V + 4V - 0.2\mu A \cdot 1k\Omega - 0.2\mu A \cdot 1k\Omega = -3.4V$$

$$V_{th} = 3.4V$$

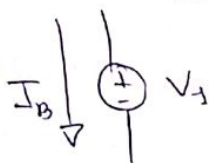
## b) Potencia fuentes

$I_2$  Suministra  $P_{I_2} = E_{I_2} \cdot I_2 = 4.6 \cdot 2 = 9.2 \mu W$



Consumme

$P_{I_3} = E_{I_3} \cdot I_3 = 1.4 \mu W$



Consumme

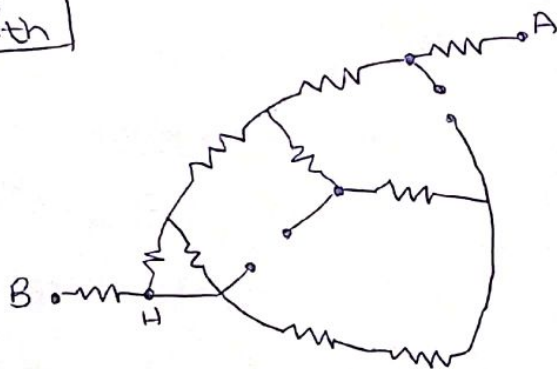
$P_{V_3} = V_3 \cdot I_B = 1.6 \mu W$



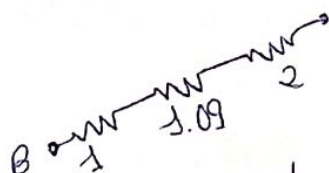
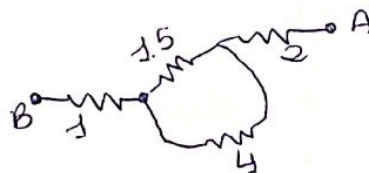
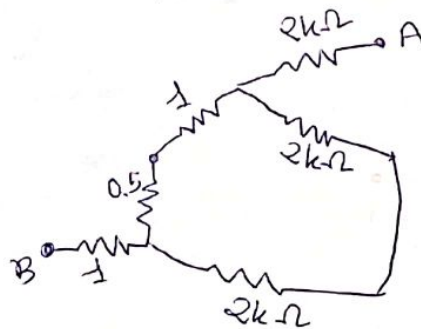
Consumme

$P_{V_2} = V_2 \cdot 0.2 = 0.4 \mu W$

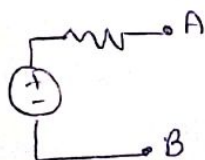
\*  $R_{th}$



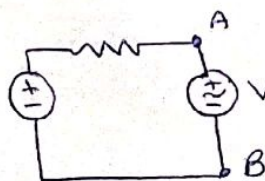
$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} \Rightarrow R_e = \frac{R^2}{2R}$$



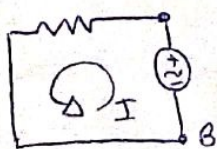
$R_{th} = 4.09 k\Omega$



c)



$v(t) = 4 \sin(10^4 t + \frac{\pi}{3}) V$



$I_R = R$   
 $V = 4e^{j60^\circ}$

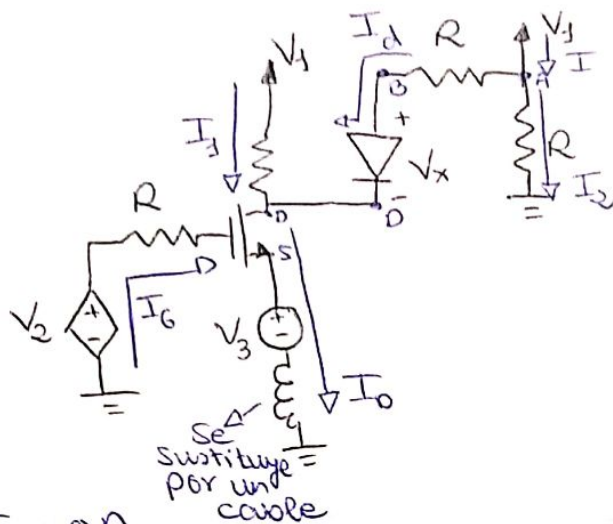
$I = \frac{V}{R} = 4 \sin(10^4 t + \frac{\pi}{3}) \mu A$



$V_{th} = 4.6e^{j0}$   
 $I = 1.12e^{j0} \mu A$



2.



$$I_G = 0A$$

$$V_S = V_3 = 3V$$

$$V_0 = V_1 - I_D R$$

$$V_{DS} = V_0 - V_S = 7 - I_D R$$

.) Ley de nudos (O):

$$I_D + I_A = I_0$$

Datos

$$V_g = 1.2V$$

$$V_d = 10V$$

$$V_2 = 7.4V_x$$

$$V_3 = 3V$$

$$V_T = 2V$$

$$R = 1k\Omega$$

$$L = 1mH$$

$$k = 2 \cdot 10^{-3} \frac{A}{V^2}$$

$\dot{C} I_0$ ?

$\dot{C} V_{GS}$ ?

$\dot{C} V_{DS}$ ?

$\dot{C} V_d$ ?

$\dot{C} I_d$ ?

1°) Supongo OTODO Y MOSFET OFF

$$I_D = 0A \Rightarrow V_0 = V_1 = 10V$$

~~$$I_G = 0A \Rightarrow V_2 = 7.4V_x$$~~

$$I_0 = 0A \Rightarrow V_S = 3V$$

$$V_G = 7.4V_x$$

$$V_{GS} = 7.4V_x - 3$$

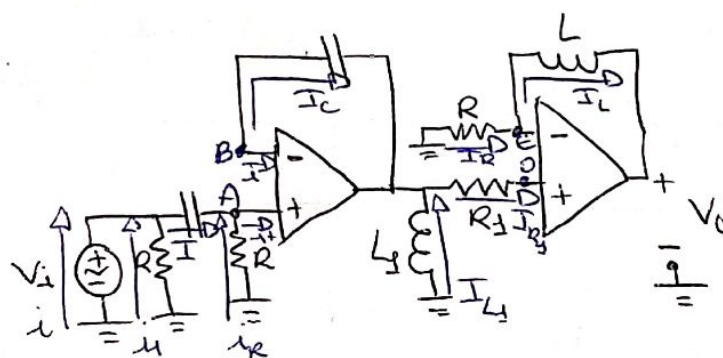
$$\text{Como } I_D = 0 \Rightarrow V_D = 10V$$

$$V_x = 10 - 10 = 0V < V_g \checkmark$$

$$V_{GS} = -3V \Rightarrow V_{GS} < V_T \checkmark$$

$$\boxed{I_D = 0A \quad V_{DS} = 7V \quad I_D = 0A \\ V_{GS} = -3V \quad V_d = V_x = 0V}$$

3.



Datos

$$R = 1\Omega$$

$$R_1 = 1k\Omega$$

$$C = 1nF$$

$$L_1 = 10mH$$

$$L = 1mH$$

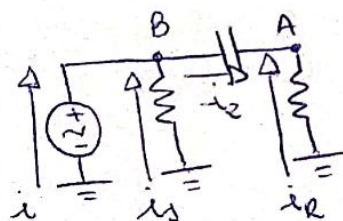
.) Ley de nudos (B):

$$i + i_1 = i_2 \quad i_1 = \frac{-V_B}{Z_R} = \frac{-V_i}{Z_R} \quad i_2 = \frac{V_i - V_A}{Z_C}$$

.) Ley de nudos (A):

$$i_2 + i_R = 0 \Rightarrow i_2 = -i_R \quad i_R = \frac{-V_A}{Z_R}$$

$$\frac{V_i - V_A}{Z_C} = \frac{V_A}{Z_R} \Rightarrow V_A = \frac{V_i Z_C}{\left(\frac{1}{Z_C} + \frac{1}{Z_R}\right)} = \boxed{V_i \frac{Z_R}{Z_C + Z_R}}$$



•) Modelo lineal ideal:  $I^+ = I^- = 0A$   $I_2^+ = I_2^- = 0A$   
 $\downarrow$   $\downarrow$   
 $I_C = 0A$   $I_{R3} = 0A$

•) Realim. negat.:

$$V_A = V_B = V_E = V_F$$

$$\text{Como } I_C = 0A \Rightarrow V_A = V_E = V_F$$

$$I_L = \frac{V_E - V_0}{Z_L} = \frac{V_A - V_0}{Z_L} \quad I_R = \frac{-V_E}{Z_R} = \frac{-V_A}{Z_R}$$

$$I_R = I_L \Rightarrow -\frac{V_A}{Z_R} = \frac{V_A - V_0}{Z_L} \Rightarrow \frac{V_0}{Z_L} = \frac{V_A}{Z_R} + \frac{V_A}{Z_L} \Rightarrow$$

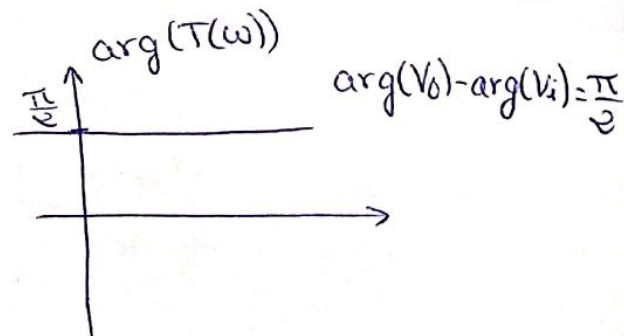
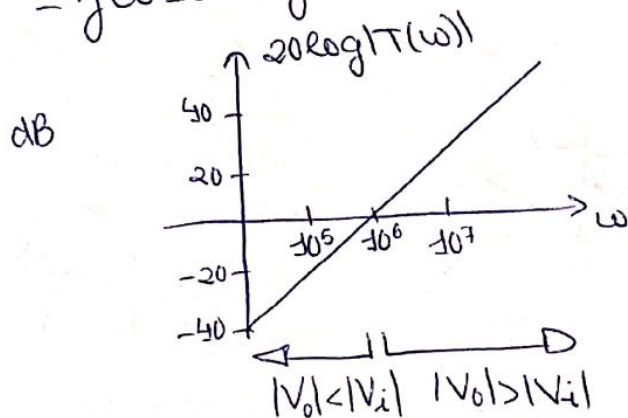
$$\Rightarrow V_0 = V_A \frac{Z_L}{Z_R} + V_A \Rightarrow V_0 = \frac{V_i Z_L}{Z_R + Z_L} \cdot \frac{Z_L}{Z_R} + \frac{V_i Z_L}{Z_R + Z_L} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_0 = V_i \left( \frac{Z_L}{Z_R + Z_L} + \frac{Z_L}{Z_R + Z_L} \right) = V_i \left( \frac{2Z_L}{Z_R + Z_L} \right)$$

$$V_0 = V_i \left( \frac{Z_L + Z_R}{Z_R + Z_L} \right)$$

$$T(\omega) = \frac{Z_R + Z_L}{Z_R + Z_C} = \frac{R + j\omega L}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{R + j\omega L}{\frac{Rj\omega C + 1}{j\omega C}} = j\omega CR(1 + j\omega \frac{L}{R}) \cdot \frac{1}{1 + j\omega CR}$$

$$= j\omega 10^{-6} = j\omega / 10^6$$



Si, en -40dB la  $V_0$  es 100 veces más pequeña que  $V_i$ . No hay ninguna  $\omega$  para la que estén desfasadas  $V_0$  y  $V_i$ .

c) Potencia media e instantánea en  $L_1$  y  $R_1$  si  $v_i(t) = 4\sin(10^5 t + \frac{\pi}{4})V$ ?  
 Media de  $L_1$  y  $R_1 = 0$

$$p_L(t) \quad V_B = V_i \frac{Z_R}{Z_R + Z_C} = 4e^{j\frac{\pi}{4}} \cdot \frac{1e^{j0}}{1e^{j0} + \frac{1}{j10^5 \cdot 10^{-6}}} = 0.398e^{j2.2565}$$

$$V_{L1} = V_B = 0.000398e^{j0.6857} A$$

$$I_{L1} = \frac{V_B}{Z_{L1}} = \frac{0.000398e^{j0.6857}}{3.98 \cdot 10^{-4}} = 0.1e^{j0.6857} A$$

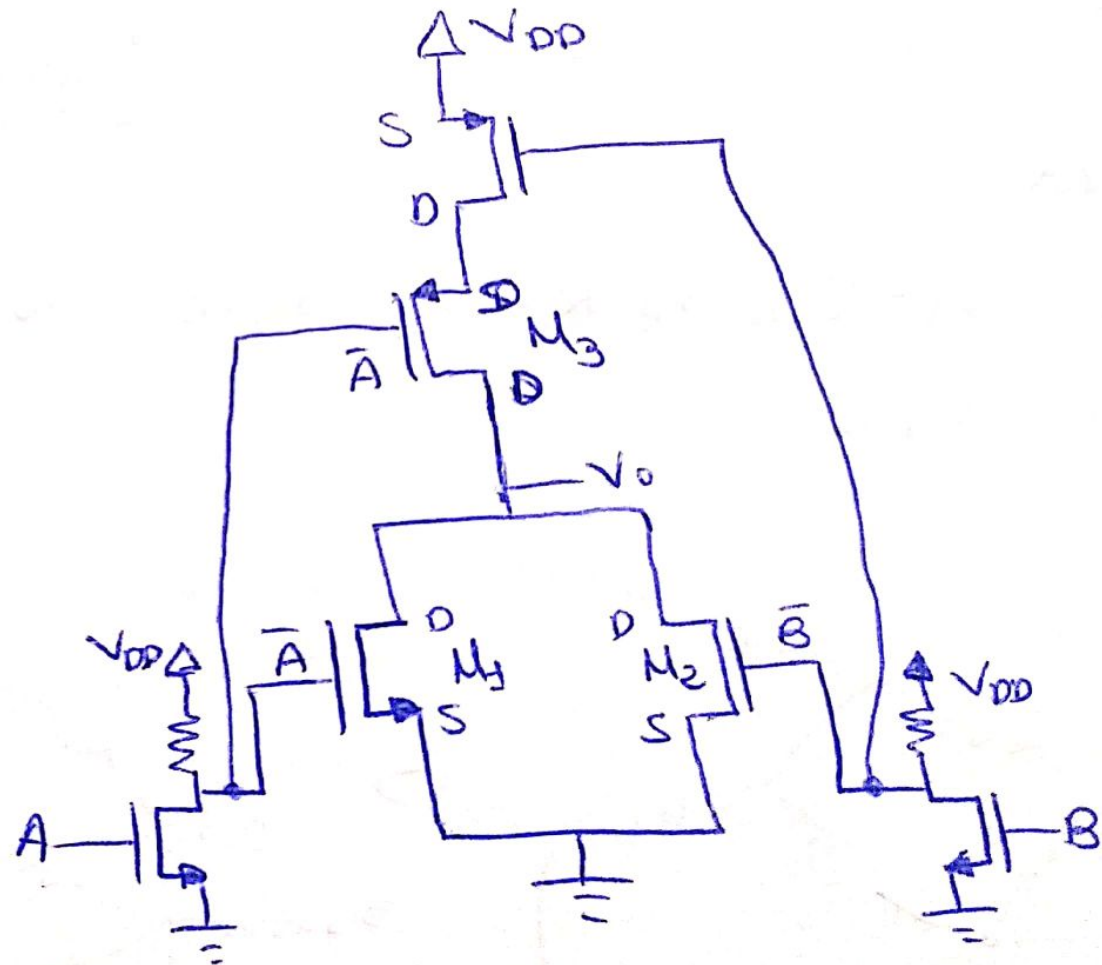
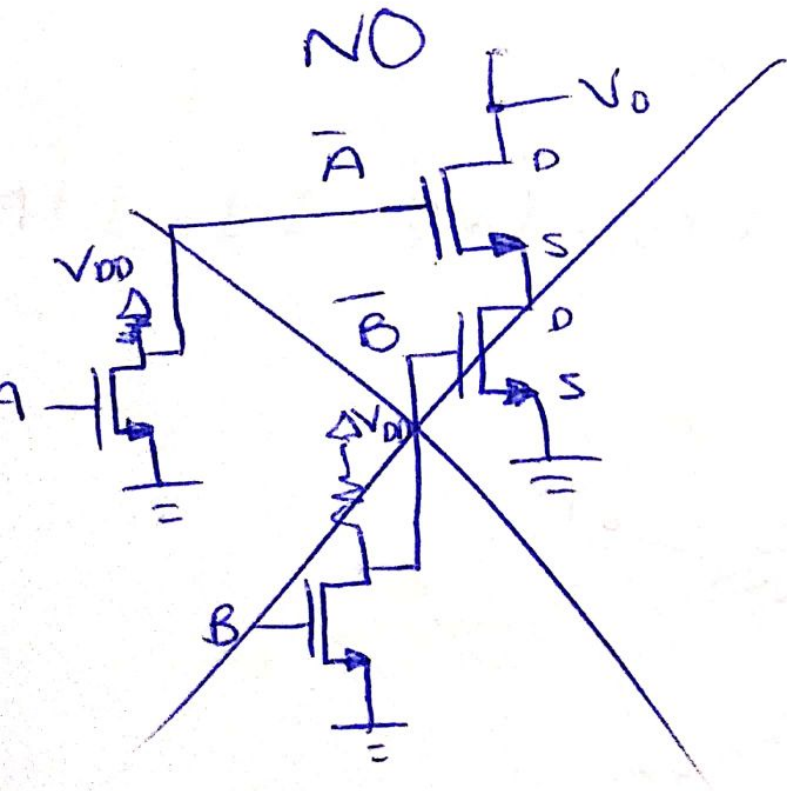
$$p_L(t) = (0.398 \sin(10^5 t + 2.2565)) \cdot (3.98 \cdot 10^{-4} \sin(10^5 t + 0.6857))$$

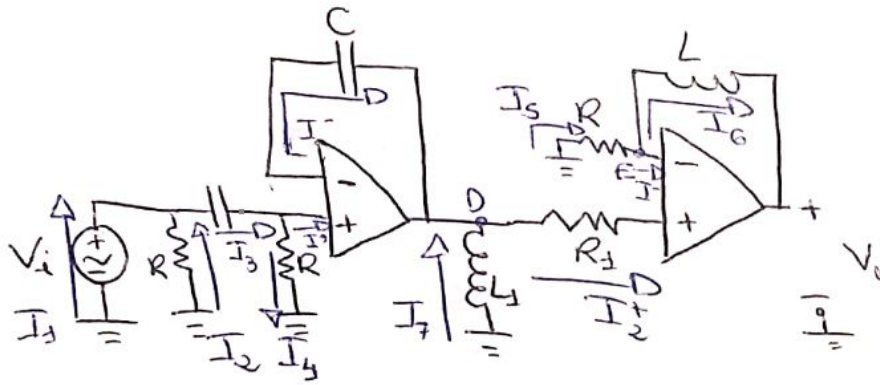


#### 4. Función lógica AB con inversor CMOS

$$f(A, B) = AB$$

$$\overline{f(A, B)} = \overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$$





Datos

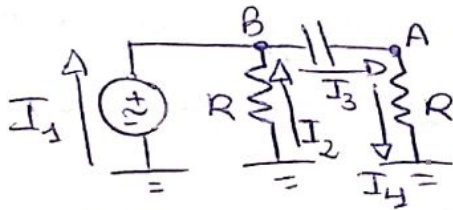
$$R = 1\Omega$$

$$R_1 = 1k\Omega$$

$$C = 1nF$$

$$L_1 = 10mH$$

$$L = 1mH$$



•) Modelo lineal ideal:  $I^+ = I^- = 0A$

•) Realim. negat.:  $V^+ = V^- = V_A$

•) Ley de nudos (B):

$$I_1 + I_2 = I_3$$

•) Ley de nudos (A):

$$I_3 = I_4 + I^{0A}$$

$$\frac{V_i}{Z_c} \left( \frac{Z_c Z_R}{Z_c + Z_R} \right) = V_A \Rightarrow V_A = \frac{Z_R}{Z_c + Z_R} V_i$$

$$\frac{V_i - V_A}{Z_c} = \frac{V_A}{Z_R} \Rightarrow \frac{V_i}{Z_c} = \left( \frac{1}{Z_c} + \frac{1}{Z_R} \right) V_A$$

Como  $V^- = V^+ = V_A$  y  $I^- = 0A \Rightarrow V_0 = V_A = \frac{Z_R}{Z_c + Z_R} V_i$

Como  $I_2^+ = 0A \Rightarrow V_2^+ = V_0 = V_2^- = V_E$

•) Ley de nudos (E):

$$I_5 = I_6 \Rightarrow -\frac{V_E}{Z_R} = \frac{V_E - V_0}{Z_L} \Rightarrow \frac{V_0}{Z_L} = \left( \frac{1}{Z_R} + \frac{1}{Z_L} \right) V_E$$

$$\Rightarrow \frac{V_0}{Z_L} = \left( \frac{Z_R + Z_L}{Z_R Z_L} \right) \left( \frac{Z_R}{Z_c + Z_R} \right) V_i \Rightarrow \frac{V_0}{V_i} = \frac{Z_R + Z_L}{Z_c + Z_R} = \frac{R + j\omega L}{\frac{1}{j\omega C} + R} = \frac{R + j\omega L}{1 + Rj\omega C} = \left( \frac{R + j\omega L}{1 + Rj\omega C} \right) j\omega C = \frac{1 + j\omega \frac{L}{R}}{1 + j\omega \frac{1}{RC}} \cdot j\omega \frac{1}{R}$$



$$\boxed{j \frac{\omega}{10^6}}$$

Argumento =  $\frac{\pi}{2}$  Módulo =  $\frac{\omega}{10^6}$

$$20 \log |T(\omega)| = 20 \log \omega - 20 \log 10^6$$

$$\boxed{1 + j \frac{\omega}{10^3}}$$

Módulo =  $\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{10^3}\right)^2}$

Argumento =  $\arctg\left(\frac{\omega}{10^3}\right)$

Si  $\omega \ll 10^3$ :  $20 \log |T(\omega)| = 0 \text{ dB}$

$\arg(T(\omega)) = 0 \text{ rad}$

Si  $\omega = 10^3$ :  $20 \log |T(\omega)| = 3 \text{ dB}$

$\arg(T(\omega)) = \frac{\pi}{4}$

Si  $\omega \gg 10^3$ :  $20 \log |T(\omega)| = 20 \log \omega - 20 \log 10^3$   $\arg(T(\omega)) = \frac{\pi}{2}$

$$\boxed{\frac{1}{1 + j \frac{\omega}{10^6}}}$$

Módulo =  $\frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{10^6}\right)^2}}$

Argumento =  $-\arctg\left(\frac{\omega}{10^6}\right)$

Si  $\omega \ll 10^6$ :  $20 \log |T(\omega)| = 0 \text{ dB}$   $\arg(T(\omega)) = 0$

Si  $\omega = 10^6$ :  $20 \log |T(\omega)| = -3 \text{ dB}$   $\arg(T(\omega)) = -\frac{\pi}{4}$

Si  $\omega \gg 10^6$ :  $20 \log |T(\omega)| = -20 \log \omega + 20 \log 10^6$   $\arg(T(\omega)) = -\frac{\pi}{2}$

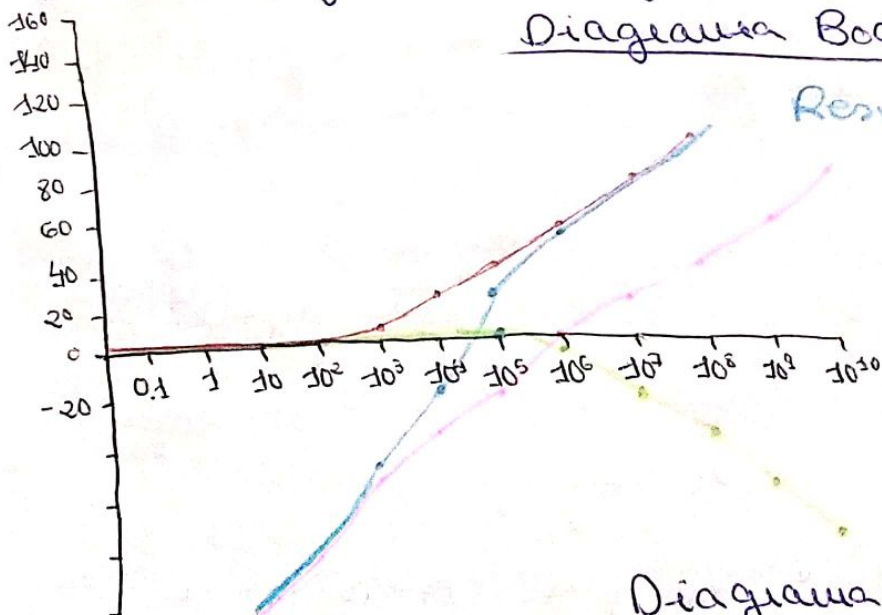


Diagrama Bode - Argumento

Resultante

