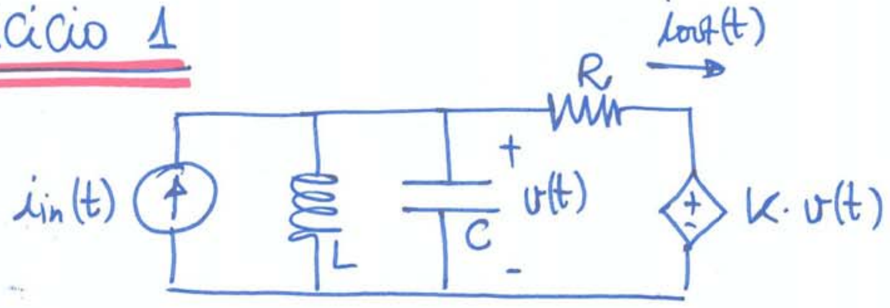
EJERCICIO 1

(a)



$$i_{in}(s) = v(s)\cdot sC + \frac{v(s)}{sL} + \underbrace{\frac{v(s)-Kv(s)}{R}}_{i_{out}(s)}$$

$$i_{in}(s) = v(s)\left(sC + \frac{1}{sL} + \frac{1-K}{R}\right) \Longrightarrow \frac{i_{out}(s)}{i_{in}(s)} = H(s) = \frac{1-K}{R}\cdot\frac{1}{sC+\frac{1}{sL}+\frac{1-K}{R}}$$

$$H(s) = \frac{1-K}{\cancel{R}}\cdot\frac{s\cancel{R}L}{s^2RLC+R+sL(1-K)} = \frac{(1-K)L}{R}\underbrace{\frac{s}{s^2LC+s\frac{L}{R}(1-K)+1}}_{\text{(Filtro paso de banda)}}$$

Particularizando $C=1F$, $L=1H$, $R=1\Omega$:

$$\boxed{H(s) = (1-K)\frac{s}{s^2+s(1-K)+1}}$$

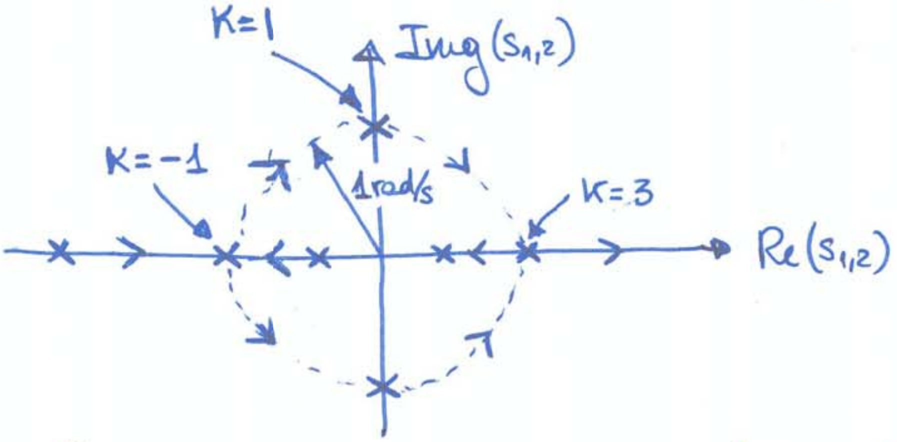
(b) Para que el circuito sea estable, los polos de la función de red deben estar en el semiplano izquierdo (polos con parte real negativa). Esto sería equivalente a decir que las frecuencias naturales están en el semiplano izquierdo ($Re(s_{1,2})<0$) y, por tanto, que la respuesta natural de cualquiera de las variables eléctricas del circuito tenderán a cero a medida que transcurre el tiempo. Es decir, se llegaría a un régimen estacionario en el que la respuesta estaría únicamente determinada por la entrada (componente forzada).

En resumen, basta buscar la posición de los 2 polos e imponer que su parte real sea <0.

Polos de $H(s)$: $\quad s^2+s(1-K)+1=0$

$$s_{1,2}=\frac{-(1-K)\pm\sqrt{(1-K)^2-4}}{2}$$

$$1-2K+K^2-4=0$$
$$K^2-2K-3=0$$
$$K\begin{cases}3\\-1\end{cases}$$



$-\infty<K<-1 \Longrightarrow s_{1,2}$ (" polos) reales en SI y distintas $\longrightarrow$ Respuesta natural sobreamortiguada estable

$K=-1 \Longrightarrow s_{1,2}$ reales en SI e iguales $\longrightarrow$ Resp. natural críticamente amortiguada estable

$-1<K<1 \Longrightarrow s_{1,2}$ complejas conjugadas en SI $\longrightarrow$ Resp. natural subamortiguada estable

$K=1 \Longrightarrow s_{1,2}$ imaginarias puras $\longrightarrow$ Resp. natural sin pérdidas (no se anula para $t\to\infty$)

$1<K<3 \Longrightarrow s_{1,2}$ complejas conjugadas en SD $\longrightarrow$ Resp. natural subamortiguada inestable (no se anula para $t\to\infty$)

$K=3 \longrightarrow s_{1,2}$ reales en SD e iguales $\longrightarrow$ Resp. natural críticamente amortiguada inestable

$3<K\infty \longrightarrow s_{1,2}$ reales en SD y distintas $\longrightarrow$ Resp. natural sobreamortiguada inestable

Luego, para que el circuito sea estable, debe cumplirse $K<1$.

(c) $H(s) = (1-k)\dfrac{s}{s^2+s(1-k)+1}$

Si $k=-10 \longrightarrow H(s) = \dfrac{11\, s}{s^2+11s+1}$ $\left.\right\}$
- Constante $= 11 = 20.83\,dB$
- 1 cero en DC
- 2 polos reales en SI

Coherente con lo visto en el apartado (b). $\Longleftarrow$ $s^2+11s+1=0$, $s_{1,2}\begin{cases}-0.092\\-10.91\end{cases}$ | $\omega_{p1}=0.092$ rad/s, $\omega_{p2}=10.91$ rad/s

$\boxed{\text{DIAGRAMA DE BODE ASINTÓTICO DE HOJA ADJUNTA}}$

Tanto a partir de la expresión de $H(s)$, como a partir del diagrama de Bode, se puede concluir que el filtrado es paso de banda.

(d) Si $k=-10$ el circuito es estable, luego:

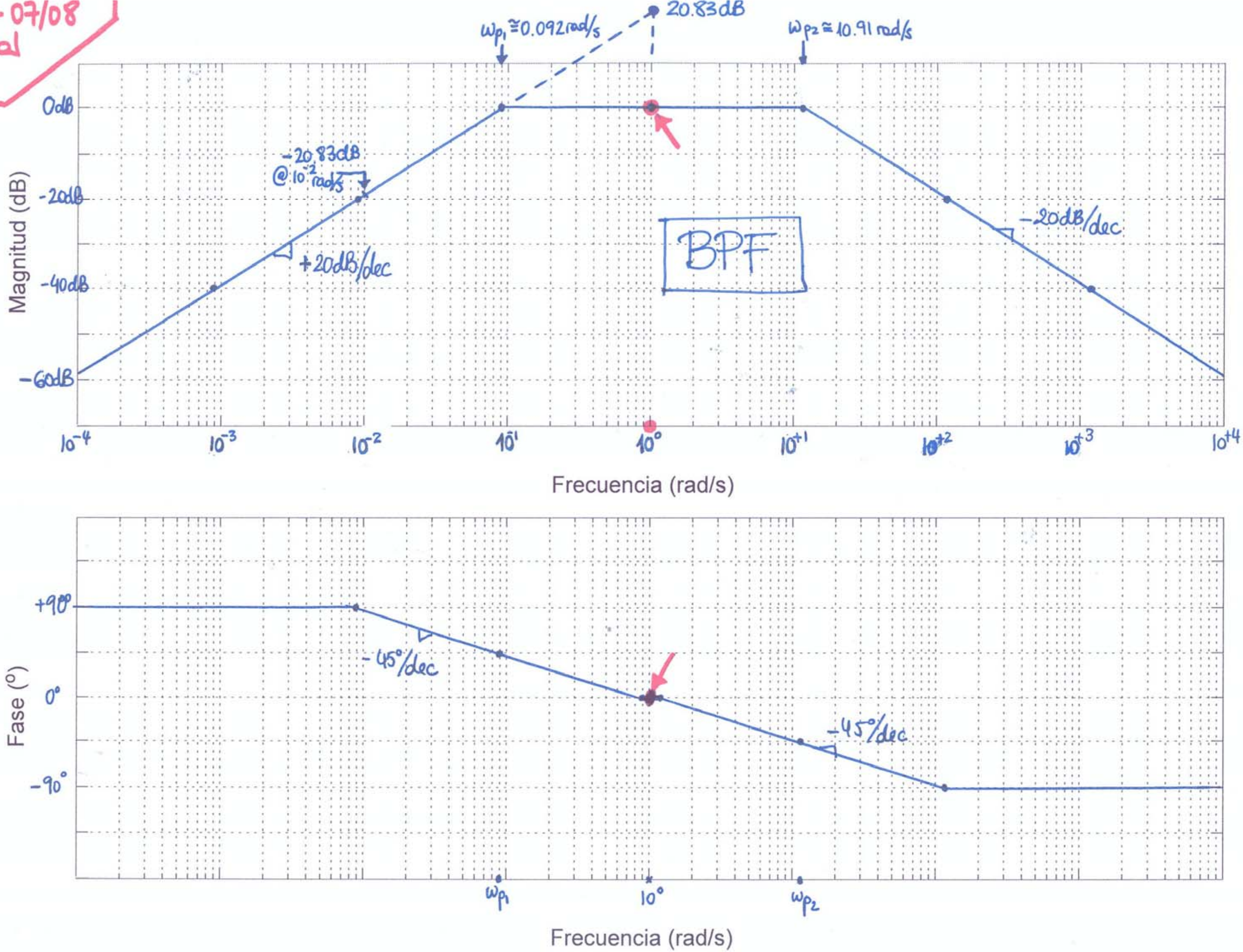
$$i_{in}(t) = A_{in}\cos(\omega_{in}t) \Longrightarrow i_{out}(t) = A_{in}\left|H(j\omega)\right|_{\omega=\omega_{in}} \cdot \cos\left(\omega_{in}t + \phi_{H(j\omega)}\big|_{\omega=\omega_{in}}\right)$$

$[i_{in}(t) = 5\cos(t)]$ con $H(s) = \dfrac{i_{out}(s)}{i_{in}(s)}$

A partir del diagrama de Bode:

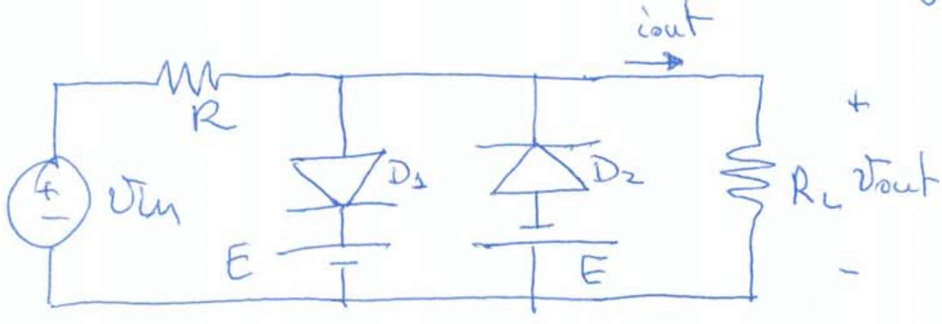
$$\left.\begin{array}{l}\left|H(j\omega)\right|_{1rad/s} = 0dB = 1\\ \phi_{H(j\omega)}\big|_{1rad/s} = 0^\circ\end{array}\right\} \Longrightarrow \boxed{i_{out}(t) = 5\cos(t)}$$

EBAS - 07/08
2° Parcial
Ej. 1



(2)

a) Para que el bloque A funcione como li-
mitador de tensión entre $-E$ y E, la estructura e



Efectivamente, si $v_{out} \in [-E, E]$, D_1 y D_2 están en OFF
y el circuito equivalente sería

$$v_{out} = \frac{R_L}{R+R_L} v_{in} \quad ; i_{out} = \frac{v_{out}}{R_L} = \frac{v_{in}}{R+R_L}$$

El rango de valores de v_{in} para que esto ocurra sería:

$$-E < v_{out} < E \Rightarrow -E < \frac{R_L}{R+R_L} v_{in} < E \Rightarrow \frac{-E(R+R_L)}{R_L} < v_{in} < \frac{E(R+R}{R_L}$$

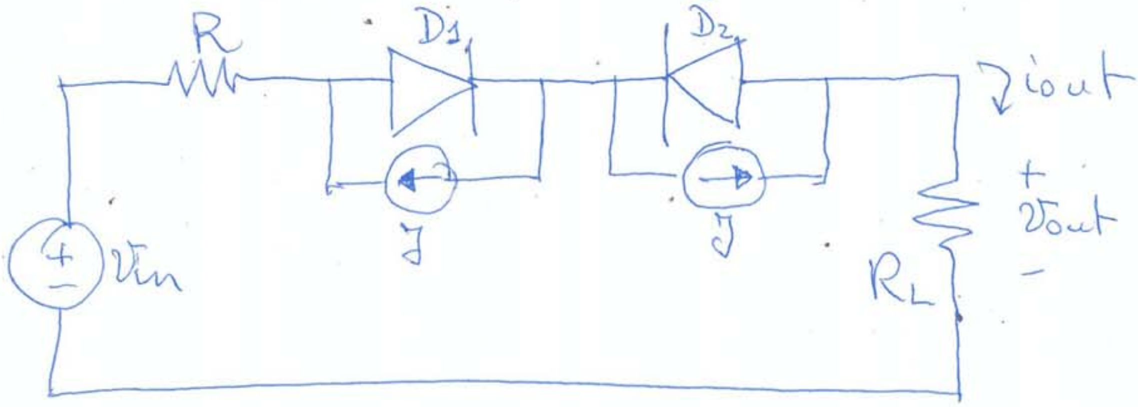
Si ocurre $v_{in} > \frac{E(R+R_L)}{R_L} \Rightarrow D_1$ se pone en ON y $v_{out}=E$

si ocurre $v_{in} < \frac{-E(R+R_L)}{R_L} \Rightarrow D_2$ se pone en ON y $v_{out}=-E$

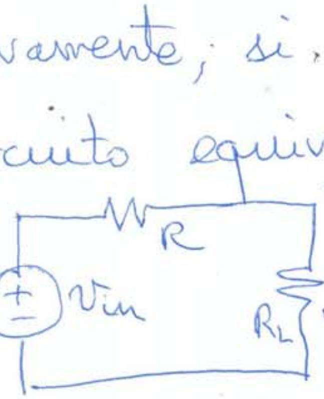
$$\text{luego: } v_{out} = \begin{cases} -E & \text{si } v_{in} < -\frac{E(R+R_L)}{R_L} \quad (a) \\ \frac{R_L}{R+R_L} v_{in} & \text{si } -E < v_{in} < E \quad (b) \\ E & \text{si } v_{in} > E\frac{(R+R_L)}{R_L} \quad (c) \end{cases}$$

$$\text{e } \quad i_{out} = \frac{v_{out}}{R_L} = \begin{cases} -E/R_L & (a) \\ \frac{v_{in}}{R+R_L} & (b) \\ \ldots & \end{cases}$$

b) Para que el bloque A funcione como limitador de intensidad entre $-J$ y J debe ser:



Efectivamente, si $i_{out} \in [-J, J]$, D_1 y D_2 están en ON y el circuito equivalente sería (como en el apdo a).



$$v_{out} = \frac{R_L}{R+R_L} v_{in} \quad ; \quad i_{out} = \frac{v_{out}}{R_L} = \frac{v_{in}}{R+R_L}$$

El rango de valores de v_{in} para que esto ocurra sería:

$$-J \leq i_{out} \leq J \Rightarrow -J \leq \frac{v_{in}}{R+R_L} \leq J \Rightarrow -J(R+R_L) \leq v_{in} \leq J(R+R_L)$$

Si ocurre $v_{in} > J(R+R_L) \Rightarrow i_{out} > J \Rightarrow D_2$ se pone en OFF
y por tanto $i_{out} = J$ y $v_{out} = J \cdot R_L$

si ocurre $v_{in} < -J(R+R_L) \Rightarrow i_{out} < -J \Rightarrow D_1$ se pone en OFF
y por tanto $i_{out} = -J$ y $v_{out} = -JR_L$

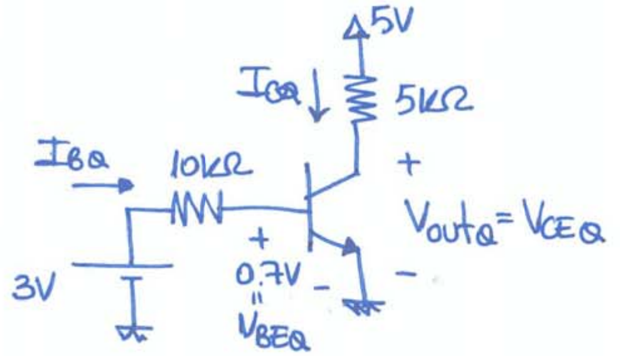
Luego:
$$v_{out} = \begin{cases} -JR_L & \text{si } v_{in} < -J(R+R_L) \quad (x) \\ \frac{R_L}{R+R_L} v_{in} & \text{si } -J(R+R_L) < v_{in} < J(R+R_L) \quad (y) \\ JR_L & \text{si } v_{in} > J(R+R_L) \quad (z) \end{cases} \qquad i_{out} = \begin{cases} -J & \text{si } (x) \\ \frac{v_{in}}{R+R_L} & \text{si } (y) \\ J & \text{si } (z) \end{cases}$$

EJERCICIO 3

(a) Para que el circuito funcione como amplificador:

- Si el transistor es BJT $\Longrightarrow$ debe polarizarse en zona activa directa (ZAD)
- Si el transistor es MOS $\Longrightarrow$ debe polarizarse en saturación

BJT



Asumiendo ZAD:

$V_{BEQ} = 0.7V$

$I_{BQ} = \frac{3-0.7}{10k} = 0.23mA$

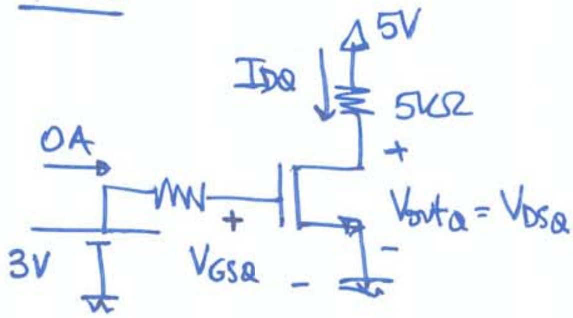
$I_{CQ} = \beta_F I_{BQ} = 23mA$

$V_{CEQ} = 5 - 5K \cdot I_{CQ} = -110V$

$V_{BCQ} = V_{BEQ} - V_{CEQ} = 0.7 + 110 = 110.7V$

No se cumplen las condiciones de funcionamiento en ZAD ($V_{BEQ} > 0$; $V_{BCQ} < 0$), luego no podría funcionar como amplificador.

MOS



$V_{GSQ} = 3V$

Asumiendo saturación:

$I_{DQ} = K_{sat}(V_{GSQ} - V_T)^2 =$

$= 100\mu(3-1)^2 = 0.4mA$

$V_{DSQ} = 5 - 5k \cdot I_{DQ} = 3V$

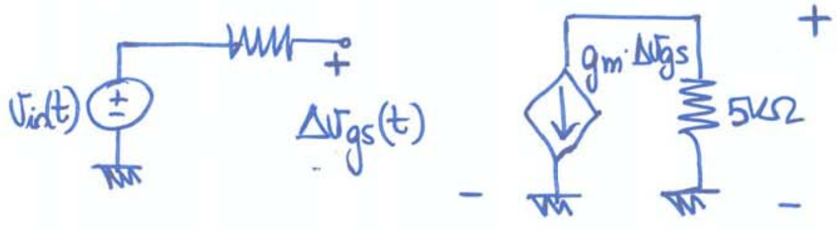
Se cumplen las condiciones de operación en saturación:

$(V_{GSQ} = 3V) > (V_T = 1V)$

$(V_{DSQ} = 3V) > (V_{GSQ} - V_T = 2V)$

Luego, sí se puede construir el amplificador con un MOS.

(b) Ganancia en pequeña señal:



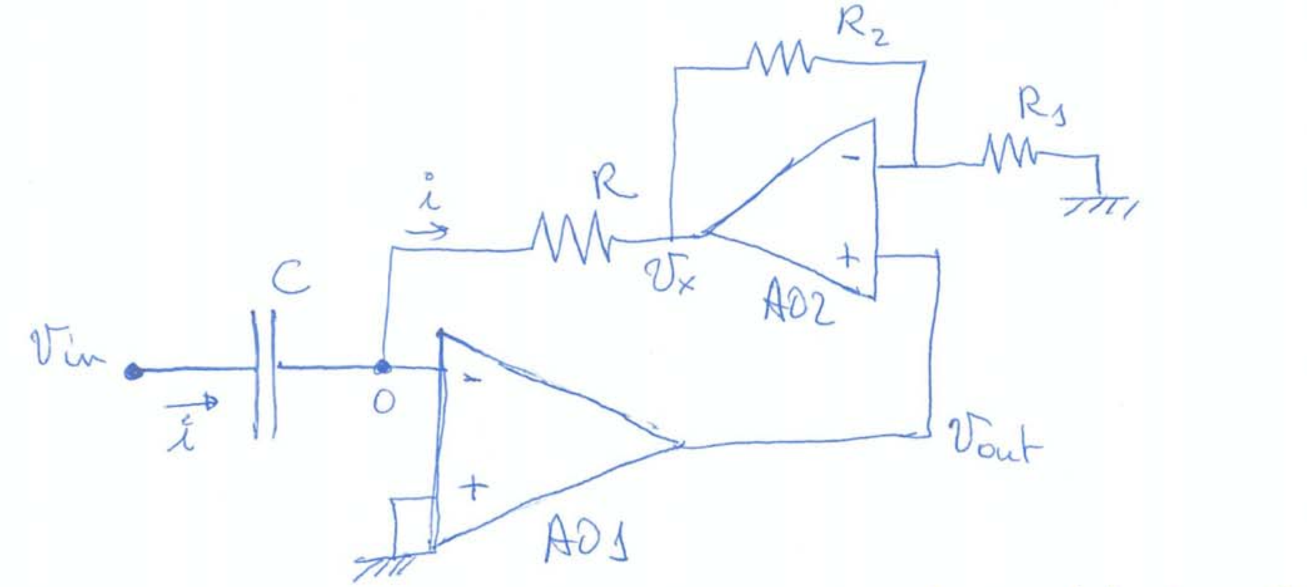
$\Delta v_{gs}(t) = v_{in}(t)$

$\Delta v_{out}(t) = -g_m \cdot 5K \cdot v_{in}(t)$

$g_m = 2K_{sat}(V_{GSQ} - V_T) = 0.4mA/V$

$$\boxed{\Delta v_{out}(t) = \underbrace{-2}_{\text{ganancia}} \cdot v_{in}(t)}$$

4



a) Como el enunciado (y la propia estructura del circuito) asegura realimentación negativa, no hay problemas de inestabilidad y se puede aplicar el principio de tierra virtual.

El AO_2, junto con las resistencias R_1 y R_2 forman un amplificador no inversor:

$$v_x = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_{out} \qquad (1)$$

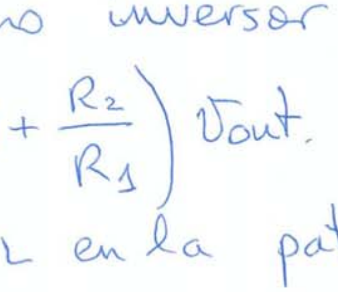
Aplicando KCL en la pata − de AO_1:

$$i = C\frac{dv_{in}}{dt} = \frac{-v_x}{R} \Rightarrow \boxed{v_x = -RC\frac{dv_{in}}{dt}}$$ Operación como diferenciador.

Aplicando (1): $$v_{out} = \frac{R_1}{R_1+R_2} v_x = \boxed{-\frac{RR_1C}{R_1+R_2}\frac{dv_{in}}{dt} = v_{out}}$$

b) A partir de la $v_{in}(t)$ de la figura:

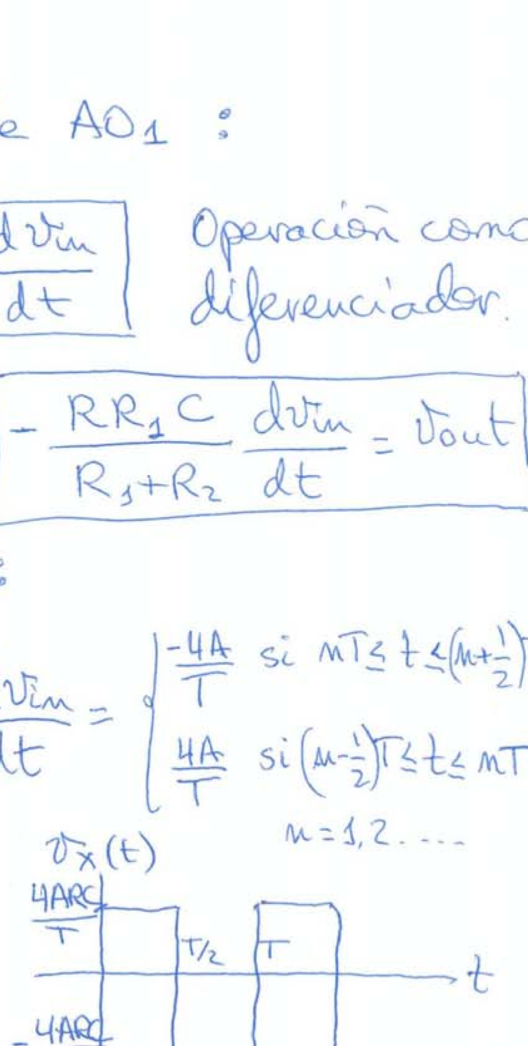
→



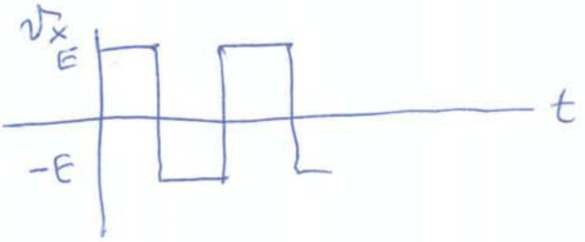
$$\frac{dv_{in}}{dt} = \begin{cases} -\frac{4A}{T} & \text{si } nT \le t \le (n+\frac{1}{2})T \\ \frac{4A}{T} & \text{si } (n-\frac{1}{2})T \le t \le nT \end{cases}$$

$n = 1, 2 \ldots$

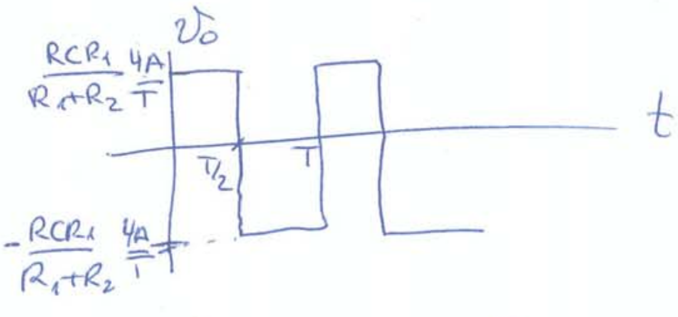
luego $$v_x(t) = \begin{cases} \frac{4ARC}{T} & \text{si } nT \le t \le (n+\frac{1}{2})T \\ -\frac{4ARC}{T} & \text{si } (n-\frac{1}{2})T \le t \le nT \end{cases}$$



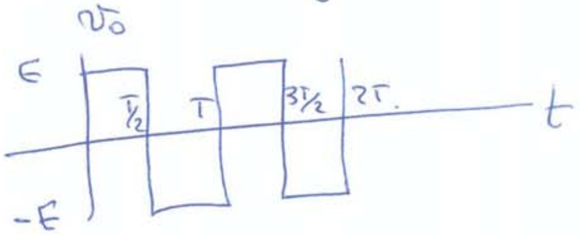
Casos posibles : Si $\frac{4ARC}{T} > E \rightarrow$ AO2 satura y sería



$$v_o = \begin{cases} \frac{RCR_1}{R_1+R_2}\frac{4A}{T} & \text{si } 0 \le t \le T/2 \\ -\frac{RCR_1}{R_1+R_2}\frac{4A}{T} & \text{si } T/2 \le t \le T \end{cases}$$



Si $\frac{RCR_1 4A}{(R_1+R_2)T} > E \rightarrow$ AO1 satura y sería



c) AO2 satura si $\frac{4ARC}{T} > E$

AO1 satura si $\frac{RCR_1 4A}{(R_1+R_2)T} > E \Rightarrow \frac{4ARC}{T}\underbrace{\frac{R_1}{R_1+R_2}}_{<1} > E$

AO2 satura antes que AO1.

También porque $v_x = \underbrace{\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)}_{>1} v_o > v_o$

v_x es la salida de AO2
v_o es la salida de AO1 } al ser $v_x > v_o$, AO2 satura antes.

Para que ambos no saturen se debe dar que $\frac{RCR_1 4A}{(R_1+R_2)T} > E$

Por lo tanto nunca se da que AO1 sature y AO2 esté en zona lineal.

El resto de combinaciones sí es posible.