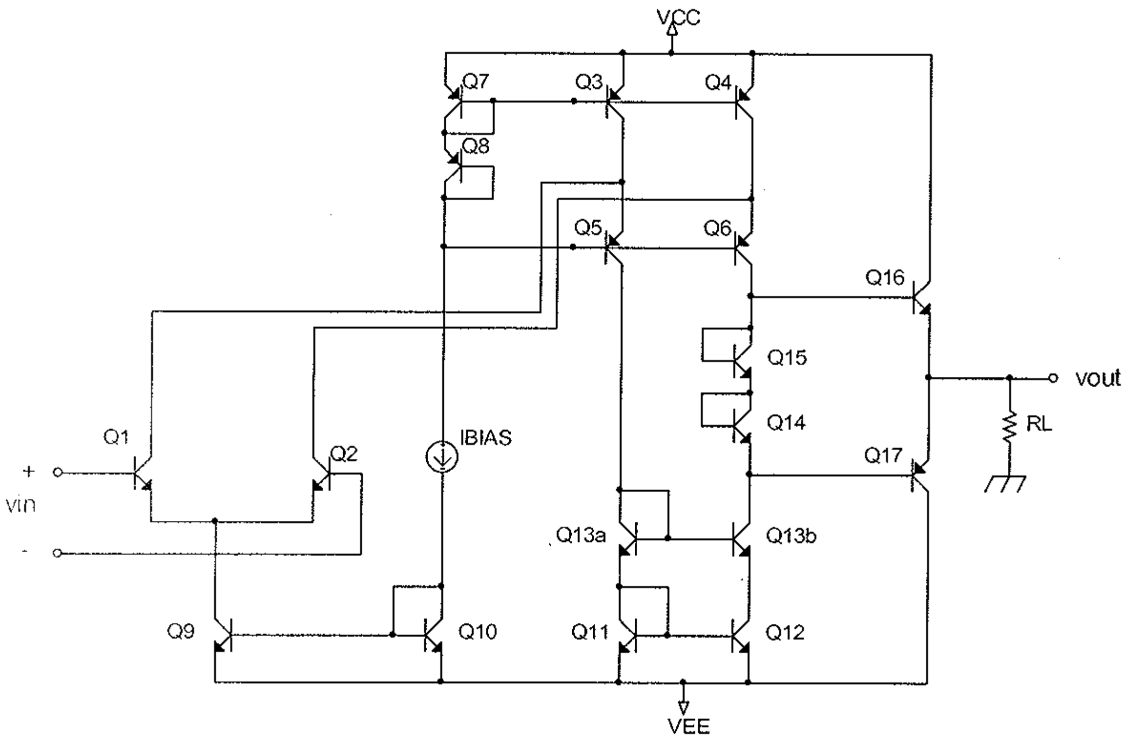
Examen de Electrónica 2
16/02/2009

Resolver cada problema en hojas separadas.
Duración de la prueba: 3 horas 30 minutos.
La prueba es sin material.
Los puntajes de los problemas se indican sobre un total de 100 puntos.

Problema 1 (40 ptos):

El circuito de la figura es un amplificador operacional donde todos los transistores son idénticos, excepto Q16 y Q17 que tienen un área de emisor K veces mayor a la del resto de los transistores. Considere VBE = 0.6 V, VCEsat=0.3V, β = 100 y tensión de Early infinita.

a) Determine el factor K para que la corriente de reposo por Q16 y Q17 sea igual a 2xIBIAS.
b) Determine la expresión de ganancia del circuito.
c) ¿Cuál es el menor valor de IBIAS necesario si se quiere poder entregar una potencia de 2 W a una carga de 8 Ω? ¿Cuál es el mínimo valor de VCC admisible en ese caso?
d) Para el valor de VCC de la parte c), determine la máxima potencia que deben disipar los transistores Q16 y Q17 cuando se entregan entre 0 y 2 W a la carga.
e) Se cuenta con disipadores con resistencia térmica al ambiente de 4 °C/W y resistencia térmica de contacto al encapsulado de 0.5 °C/W. Los transistores tienen una resistencia térmica encapsulado-ambiente de 25 °C/W y juntura-encapsulado de 1°C/W. Si se quiere trabajar en un ambiente a 80°C y la temperatura de juntura de los transistores no debe superar los 120 °C, ¿es necesario utilizar los disipadores? Justifique.

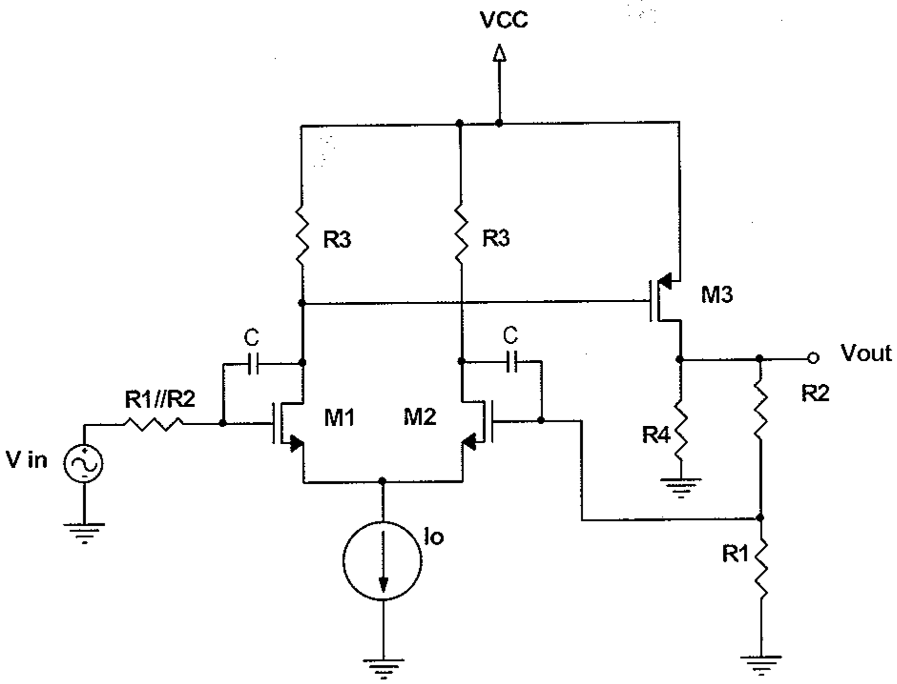


Problema 2 (40 ptos):

Se desea expresar el circuito de la figura como un sistema realimentado.

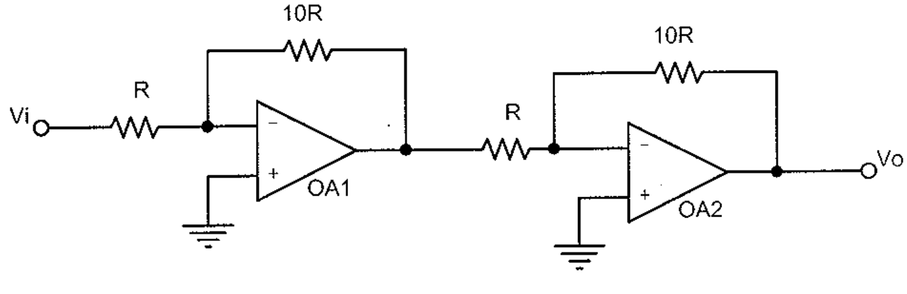
a) Identifique los bloques A y β.
b) Determine la ganancia del bloque A y del circuito realimentado.
c) Determine la frecuencia del polo dominante de alta frecuencia del bloque A.
d) Considerando que los otros polos están a frecuencias muy superiores a la hallada en c), es decir el bloque A se podrá suponer de primer orden, hallar la frecuencia de corte superior del bloque realimentado.

Datos: M1, M2, M3 idénticos con Cgs=Cgd=1pF, gm1=gm2=gm3=10mA/V, Voltaje de Early VA = ∞. R1=R2=50KΩ, R3=10 KΩ, R4=100Ω, C=9pF.



Pregunta (20 ptos):

Para el circuito de la figura determinar el voltaje de ruido total rms equivalente a la entrada Vi. Para ello se deberá considerar que las resistencias son ideales (no aportan ruido) y los amplificadores operacionales, tienen un ruido equivalente de entrada con densidad espectral de potencia constante igual a $S_{A01} = S_{A02} = S_A$ V^2/Hz y se supondrá que realimentados como en la figura tienen un ancho de banda equivalente de ruido de B Hz.



EXAMEN ELECTRÓNICA 2 FEB/2009

Problema (1)

$$\left(\begin{array}{l} I_{C7} = I_{C3} = I_{C4} = I_{BIAS} \\ I_{C1} = I_{C2} = I_{BIAS}/2 \end{array} \right) \Rightarrow I_{C6} = I_{BIAS}/2, \quad I_{C6} \cong I_{15} \ (\beta \gg 1)$$

(a) • $I_{C15} = I_{C14} = I_{BIAS}/2 \Rightarrow V_{BE15} = V_{BE14}$

• $I_{C16} = I_{C17} \Rightarrow V_{BE16} = V_{BE17}$ $\Rightarrow$

• $V_{BE16} + V_{BE17} = V_{BE15} + V_{BE14}$

$\Rightarrow V_{BE16} = V_{BE17} = V_{BE15} = V_{BE14}$

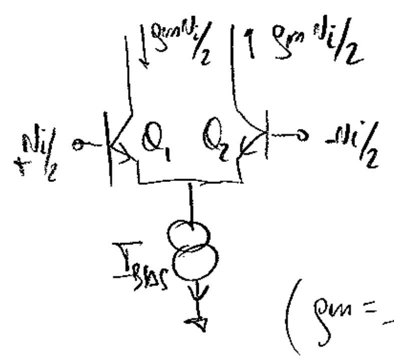
$$\Rightarrow V_T L\left(\frac{I_{C16}}{I_{S16}}\right) = V_T L\left(\frac{I_{C15}}{I_{S15}}\right) \quad \Rightarrow I_{C16} = K I_{C15} = K\frac{I_{BIAS}}{2}$$

$$K = \frac{I_{S16}}{I_{S15}} \qquad \left(I_{C16} = 2 I_{BIAS} \right)$$

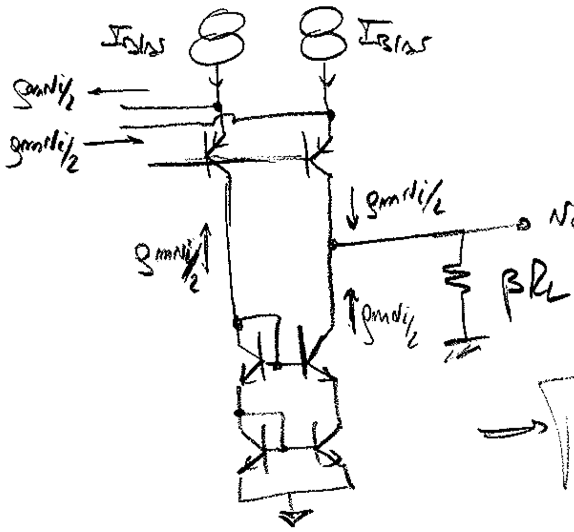
$$\Rightarrow \boxed{K = 4}$$

$$\left(I_{C15} = I_{C6} - I_{C16}/\beta = \frac{I_{BIAS}}{2} - \frac{2 I_{BIAS}}{\beta} \underset{\beta = 100}{\Rightarrow} I_{C15} \simeq I_{BIAS}/2 \right)$$

(b)



$$\left(g_m = \frac{I_{BIAS}}{2 V_T} \right)$$



$v_o = g_m v_i \beta R_L$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{v_o}{v_i} = g_m \beta R_L}$$

(c) $P_L = \frac{1}{2} I_{op}^2 R_L = 2W$

$\Rightarrow I_{op} = \sqrt{\frac{2P_L}{R_L}} = 707 mA$ $\rightarrow$ $\boxed{I_{BIAS_{MIN}} = 7{,}07 mA}$

$I_{op_{MAX}} = \beta I_{BIAS}$

$V_{op} = I_{op} \cdot R_L = 5{,}65 V$

$V_{CC_{MIN}} = V_{op} + V_{BE_{16}} + V_{CE_{SAT6}} - \cancel{V_{BE_6}} + \cancel{V_{BE_8}} + V_{BE_7}$

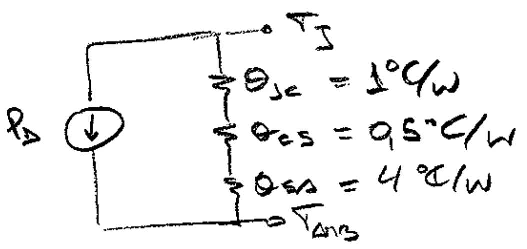
$\boxed{V_{CC_{MIN}} = 7{,}16 V}$

(d) $P_D = \frac{2 V_{CC} V_{op}}{\pi R_L} - \frac{1}{2}\frac{V_{op}^2}{R_L}$ (Potencia disipada por Q_{16} y Q_{17})

$V_{op}\Big|_{MAX P_D} = \frac{2 V_{CC}}{\pi} = 4{,}56 V$

$\Rightarrow \boxed{P_{D_{Q16_{MAX}}} = P_{D_{Q17_{MAX}}} = 0{,}65 W}$

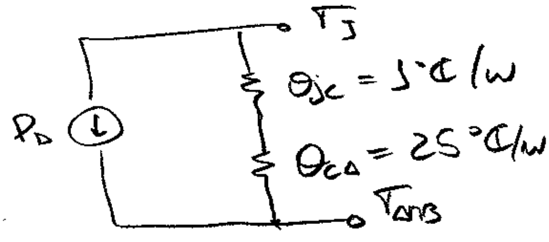
(e) Eq. eléctrico



CON DISIPADOR

$T_J = T_{AMB} + P_D(\theta_{JC} + \theta_{CS} + \theta_{SA})$

$T_J = 83{,}6°C$



SIN DISIPADOR

$T_J = T_{AMB} + P_D(\theta_{JC} + \theta_{CA})$

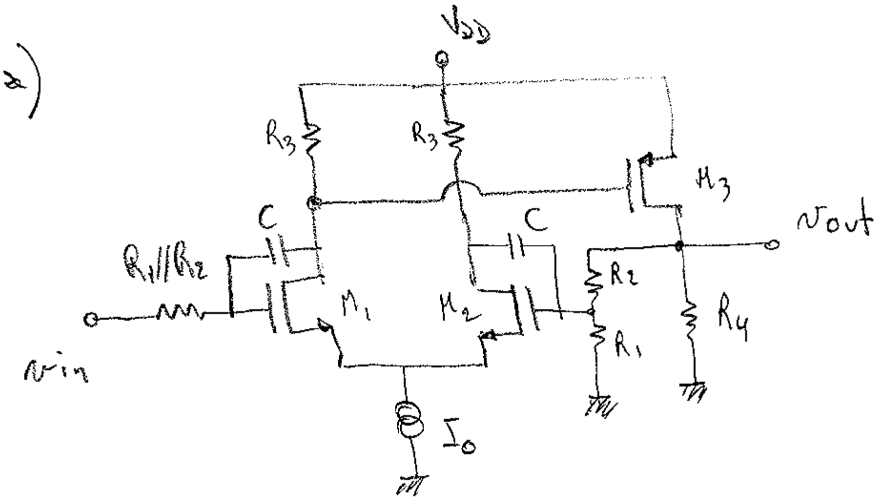
$T_J = 96{,}6°C$

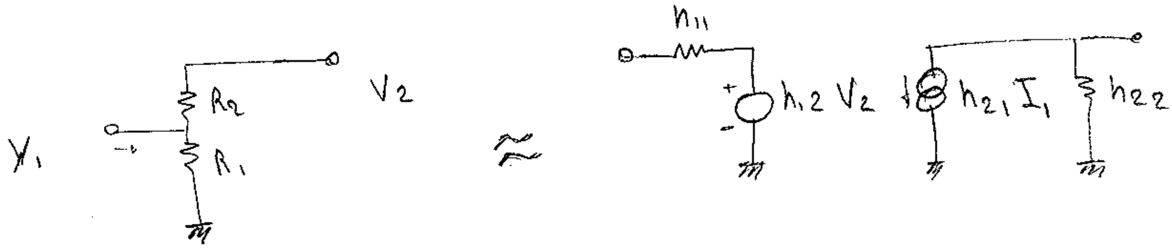
No es necesario utilizar los disipadores

Examen Electrónica 2 16/02/09

Problema :

a)





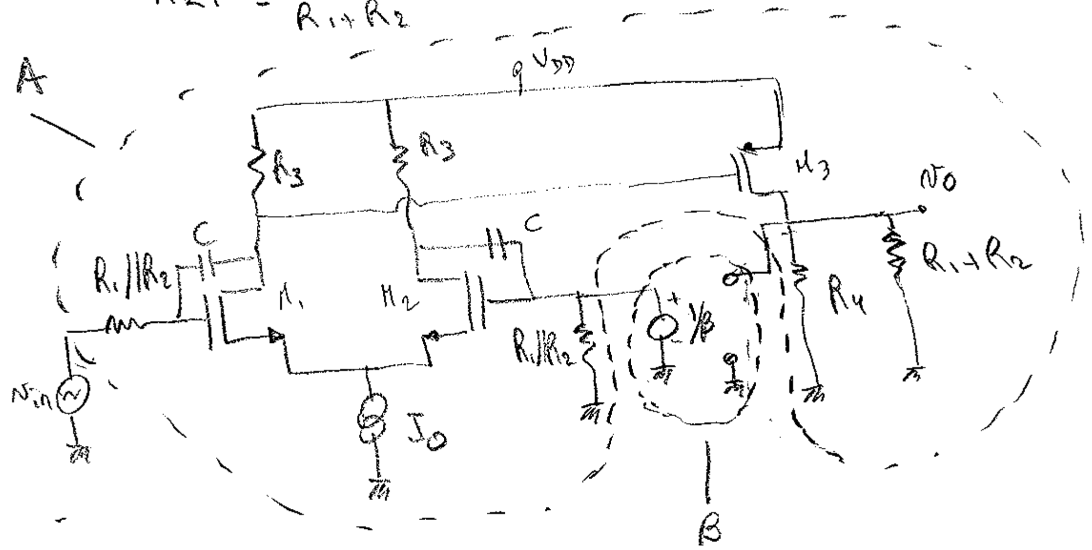
$$\beta = h_{12} = \frac{V_1}{V_2}\bigg|_{I_1=0} = \frac{R_1}{R_1+R_2}$$

$$h_{11} = \frac{V_1}{I_1}\bigg|_{V_2=0} = R_2//R_1$$

$$h_{22} = \frac{I_2}{V_2}\bigg|_{I_1=0} = \frac{1}{R_1+R_2}$$

$$h_{21} = \frac{I_2}{I_1}\bigg|_{V_2=0} \qquad V_1 = I_1 \cdot R_1//R_2 \Rightarrow I_2 = \frac{I_1\, R_1//R_2}{R_2} = \frac{I_1 \cdot R_1 \cdot R_2}{R_2(R_1+R_2)}$$

$$h_{21} = \frac{R_1}{R_1+R_2}$$

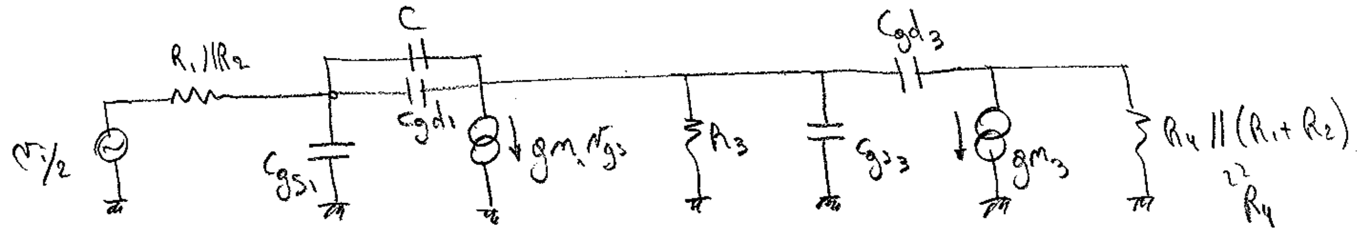


b).

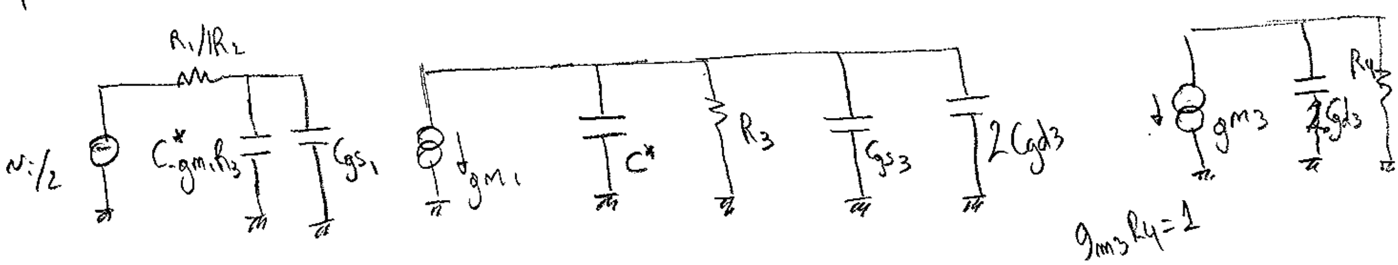
$$A = g_{m1} \cdot \frac{R_3}{2} \cdot g_{m3} \cdot R_4 \,//\, (R_1 + R_2) = 50$$

$$G = \frac{A}{1 + A\beta} \cong \frac{1}{\beta} = 2$$

c)



Aplicando Miller



$g_{m3} R_4 = 1$

$$C^* = C_{gd1} + C$$

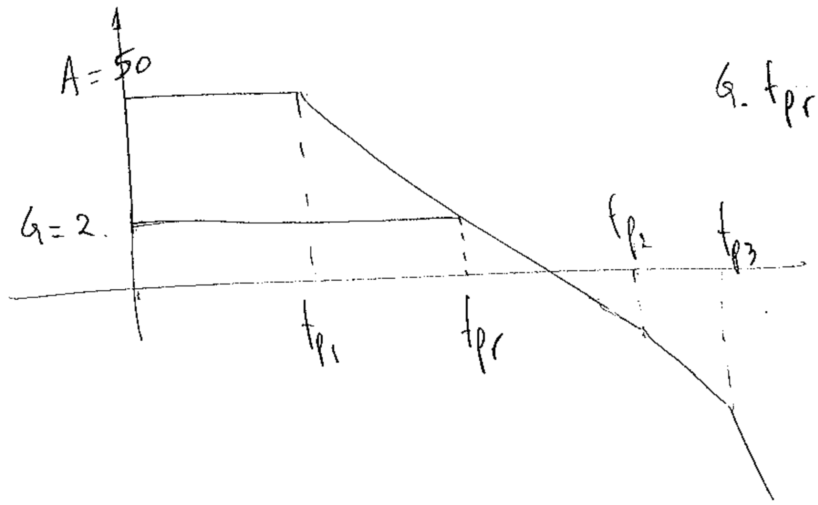
$$f_{p1} = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{R_1//R_2 \left(C_{gs1} + \underset{100}{g_{m1}R_3} \left(C_{gd1} + C\right)\right)} = 6{,}36\ \text{KHz}$$

Polo dominante

$$f_{p2} = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{R_3 \left(C_{gd1} + C + C_{gs3} + C_{gd3}(\underset{1}{g_{m3}R_4} + 1)\right)} = 1{,}22\ \text{MHz}.$$

$$f_{p3} = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{R_4 \cdot 2C_{gd3}} = 796\ \text{MHz}$$

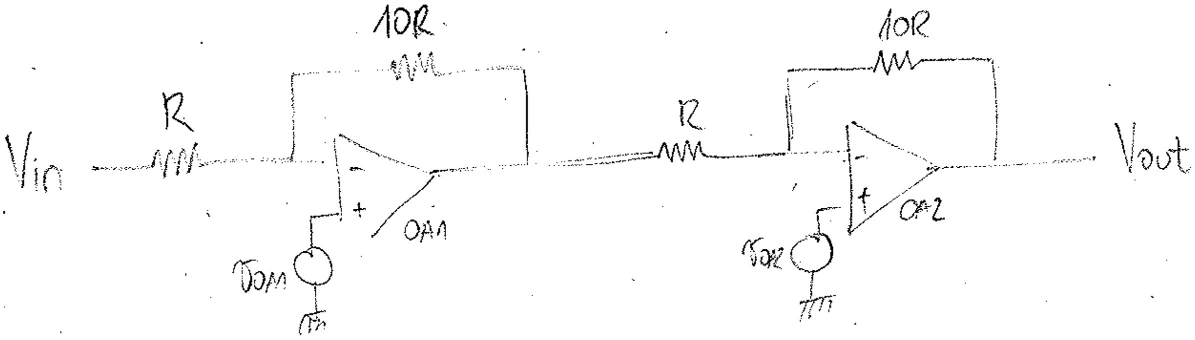
d)



$$G \cdot f_{pr} = A \cdot f_{p1} \Rightarrow f_{pr} = \frac{A}{G} f_{p1} = 159\ \text{kHz}$$

Examen Electrónica 2
Febrero 2009

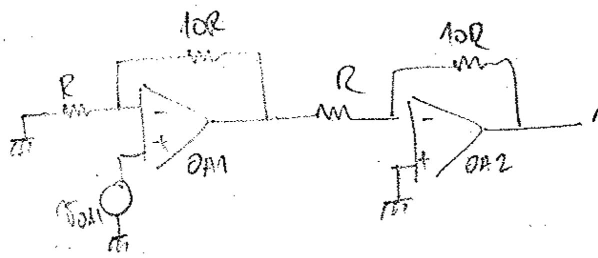
Pregunta:



Fuentes de ruido: v_{OA1} y v_{OA2} / $v_{OA1} = v_{OA2} = \sqrt{S_A \cdot B}$

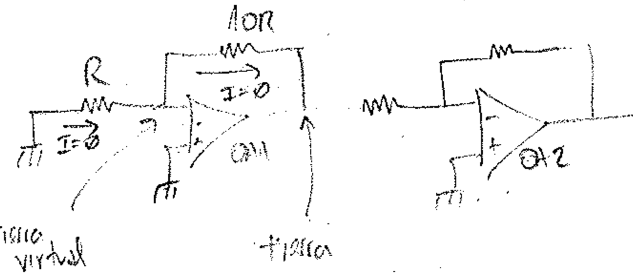
Aplico superposición para obtener el voltaje a la salida debido al ruido: $v_{ON,total}$

OA1)



$$v_{out}^{OA1} = -\frac{10R}{R}\left(1+\frac{10R}{R}\right) \cdot v_{OA1} = -110\, v_{OA1}$$

OA2)



$$v_{out}^{OA2} = -\left(1+\frac{10R}{R}\right) v_{OA2} = -11\, v_{OA2}$$

el término correspondiente a la 2da. etapa es despreciable

$$\left(v_{ON,total}^{rms}\right)^2 = \left(v_{out}^{OA1}\right)^2 + \left(v_{out}^{OA2}\right)^2 = 110^2 S_A \cdot B + 11^2 S_A \cdot B \cong 110^2 S_A B \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_{ON,total}^{rms} = 110 \cdot \sqrt{S_A \cdot B}$$

$$G = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{10R}{R} \cdot -\frac{10R}{R} = 100 \Rightarrow G = 100$$

$$\Rightarrow \boxed{v_{IN,eq}^{rms} = 1{,}1\sqrt{S_A \cdot B}}$$