

1^{er} Parcial de Electrónica 2
25/09/2017

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.

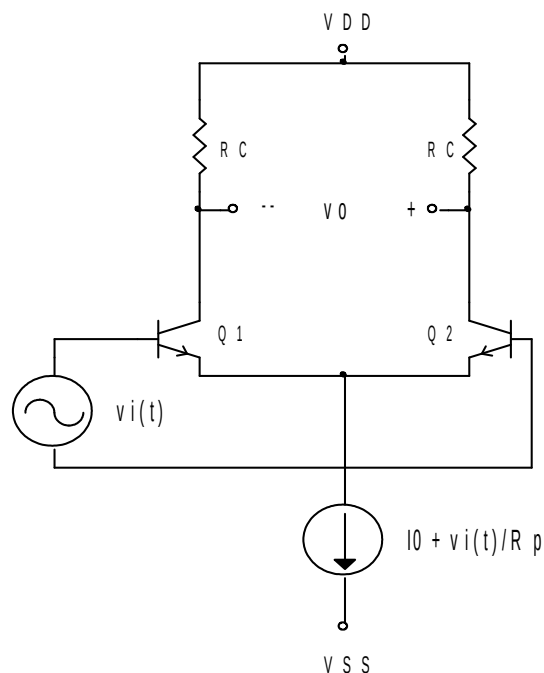
Problema 1 (17 ptos):

En el par diferencial de la figura, acoplamientos parásitos entre la entrada de señal v_i y el circuito de generación de la corriente I_0 hacen que esta fuente de corriente tenga superpuesta una componente alterna que varía como la señal de entrada v_i .

La señal de entrada v_i es de la forma: $A \cdot \cos(\omega_i t)$, con $A \ll V_T$ y la señal de alterna que aparece superpuesta a la corriente I_0 es $(A/R_p) \cos(\omega_i t)$, siendo R_p tal que $(A/R_p) = (I_0/10)$.

Si se observa el espectro de la señal a la salida v_o , indicar:

- a) Las componentes de frecuencia (incluyendo dc) que aparecen a la salida v_o , fundamentar la respuesta.
- b) El valor de cada una de estas componentes.

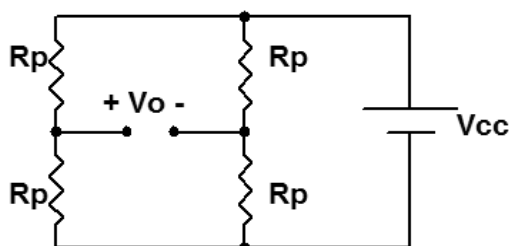


Problema 2 (17 ptos):

Ejercicio 4 del práctico de Ruido

Se tiene un sensor en puente resistivo como se muestra en la figura, en el que la magnitud a medir hará variar en una pequeña proporción las distintas resistencias del puente.

- 1) Si las resistencias R_p valen $100 \text{ k}\Omega$, ¿Cuál es la tensión de ruido eficaz a la salida V_o sobre un ancho de banda de 100 kHz (considerado dado por un filtro ideal)?
- 2) Si el filtrado se implementa conectando un condensador C a la salida V_o , tal que la caída de 3dB ocurra a 100 kHz ¿Cuánto vale la tensión de ruido eficaz a la salida?



Problema 3 (33 pts):

En el oscilador de las figuras 1 y 2 suponer que:

- Los amplificadores operacionales son ideales. Se indica en cada caso las tensiones de alimentación que cada uno de ellos recibe.
- El diodo es ideal.
- A la frecuencia de oscilación $f_o = \omega_o/(2\pi)$ la impedancia de R1 y R2 es mucho mayor respectivamente que la de C1 y C2. Esto es: $R1 \gg 1/(\omega_o \cdot C1)$ y $R2 \gg 1/(\omega_o \cdot C2)$.
- C_V es un condensador variable (varicap) cuyo valor varía con la tensión V_R que se indica en la figura según la siguiente ecuación, donde C_0 y V_0 son parámetros del varicap.

$$C_V = \frac{C_0}{\sqrt{1 + \frac{V_R}{V_0}}}$$

- A los efectos de determinar la tensión V_R del varicap se considerará despreciable la variación de tensión que pueda haber en la entrada inversora del operacional debido a la señal de oscilación.

a) Determinar, en función del valor de C_V y los restantes componentes del circuito la frecuencia de oscilación, la condición de arranque y la condición de oscilación del oscilador mostrado en la Fig. 1.

Se considera ahora la acción del circuito de control de amplitud conectado al oscilador como se muestra en la Fig. 2.

b) Indicar qué condición se debe imponer al diseñar los valores de R_F y C_F para que a la salida de UC se tenga una tensión continua proporcional a la amplitud de la oscilación, e indicar cuánto vale dicha tensión en función de la amplitud de pico en V_o : V_{op} .

c) ¿Cuál será la amplitud de la oscilación V_{op} si se cumple que $C_0 = 3 \cdot (2 \cdot C_2 - C_1)$ y $V_0 = V_{CC}/32$?

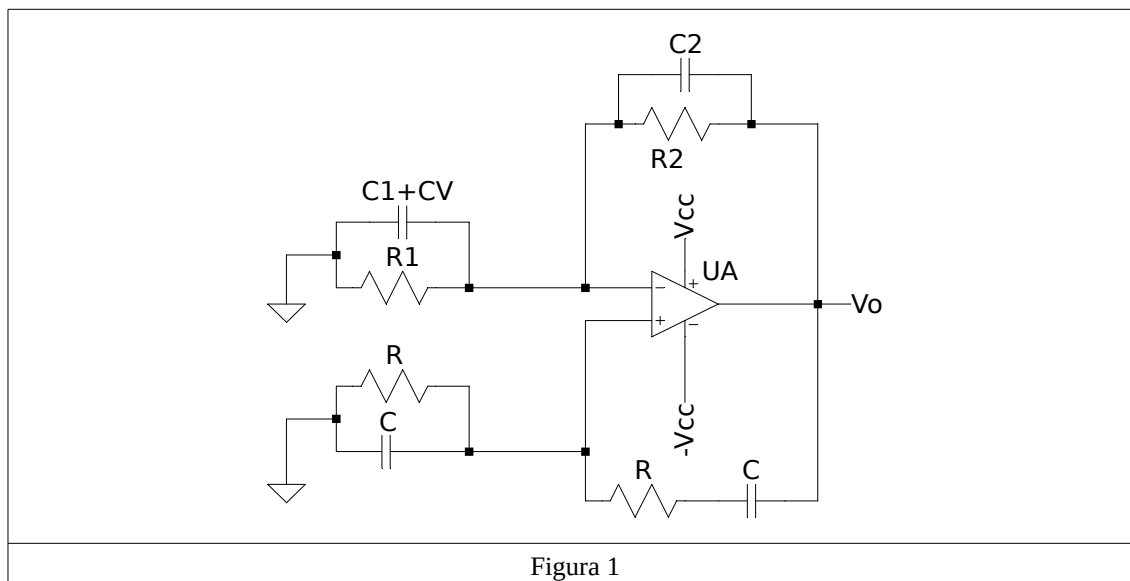


Figura 1

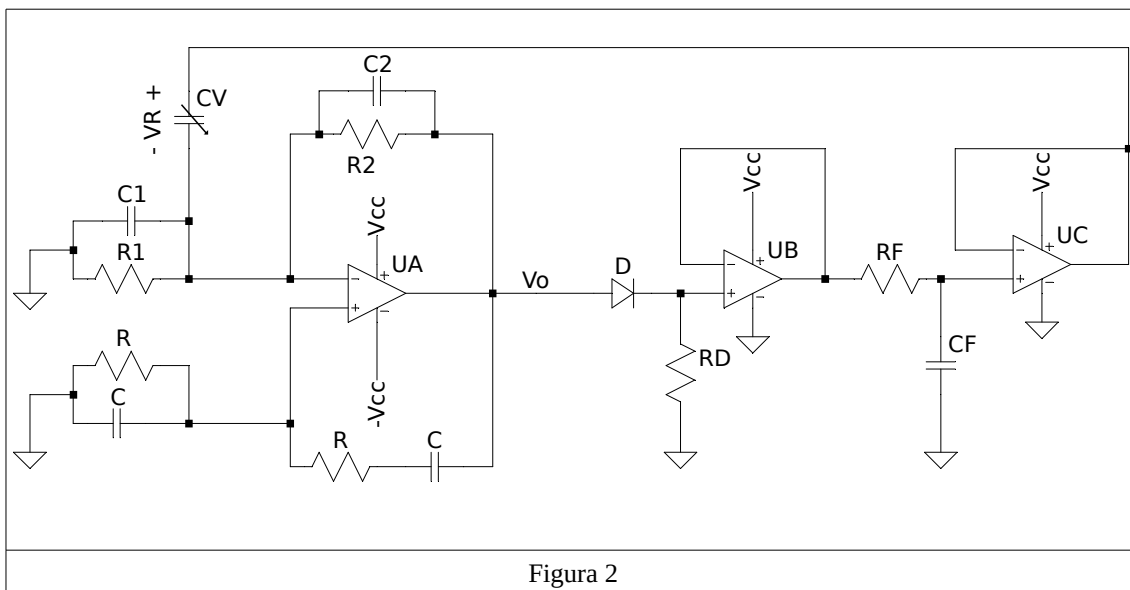


Figura 2

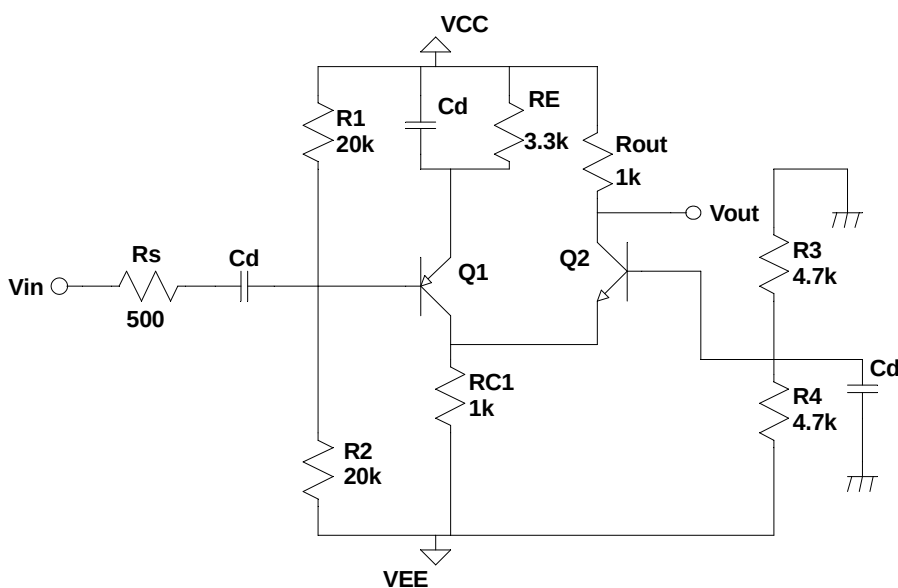
Problema 4 (33 pts):

Para el circuito de la Figura calcule:

- a) La corriente de polarización de todos los transistores.
- b) Ganancia a frecuencias medias V_{out}/V_{in} .
- c) Frecuencia de corte superior.

Datos:

$Q1, Q2 : C_{\mu}=3pF, C_{JE}=20pF, f_{T@10mA}=300MHz, \beta=200, V_{BEQ1} = V_{BEQ2} = 0.7V,$
 $VCC = -VEE = 15V, V_A=\infty,$ los capacitores C_d se podrán considerar infinitos.



Problema 1

$$N_o = \text{Re. } f_{m.} v_i = \text{Re} \left(\frac{I_o + v_i / R_p}{2V_T} \right) \cdot v_i$$

$$\Rightarrow N_o = \frac{\text{Re}}{2V_T} \left[I_o \cdot A \cos \omega t + \frac{I_o A}{I_o} \cos^2 \omega t \right]$$

$$\cos^2 \omega t = \frac{1 + \cos 2\omega t}{2}$$

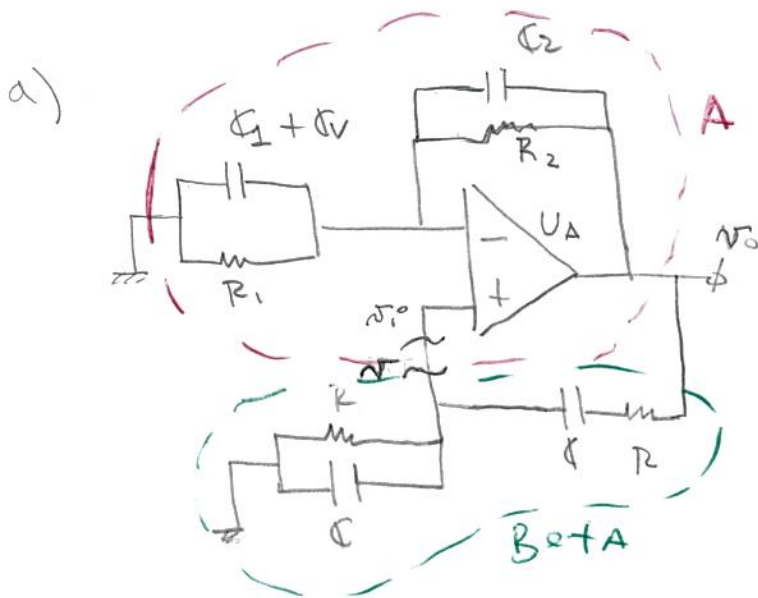
$$\Rightarrow N_o = \frac{\text{Re} A I_o}{2V_T} \left[\cos \omega t + \frac{1}{20} + \frac{\cos 2\omega t}{20} \right]$$

\Rightarrow Debido a que el pa diferencial actúa como un multiplicador a la salida además de la frecuencia de la señal de entrada se tiene la frecuencia doble y una componente de corriente, con los amplitudes que se muestran en la expresión anterior.

Fuente: J. J. J.

Problema 3 :

G.A



→ Abro LAZO en v^+ de U_A [H: $R_2 \gg \frac{1}{C_2 \omega_0}$, $R_1 \gg \frac{1}{C_1 \omega_0}$]

\Rightarrow A:

$$v_o = \underbrace{\left[1 + \frac{C_1 + C_2}{C_2} \right]}_A v_i$$

Beta:

$$v = \frac{R \parallel 1/Cs}{R \parallel 1/Cs + R + 1/Cs} \cdot v_o = \frac{v_o}{RC} \cdot \frac{s}{s^2 + \frac{3}{RC}s + \frac{1}{(RC)^2}}$$

$$\Rightarrow A_{ol} = \frac{v}{v_i} = \frac{A}{RC} \cdot \frac{s}{s^2 + \frac{3}{RC}s + \frac{1}{(RC)^2}}$$

$$A_{ol} \Big|_{s=j\omega} = \frac{A}{RC} \cdot \frac{1}{(j\omega)^2 + \frac{3}{RC} - j \cdot \frac{1}{\omega(RC)^2}}$$

* Frec. oscilación:

$$\text{Im}(A_{ol}(j\omega)) \equiv 0 \Leftrightarrow \omega_0 - \frac{1}{\omega_0(RC)^2} = 0 \Rightarrow \omega_0 = 1/RC$$

* Cond. Oscilação:

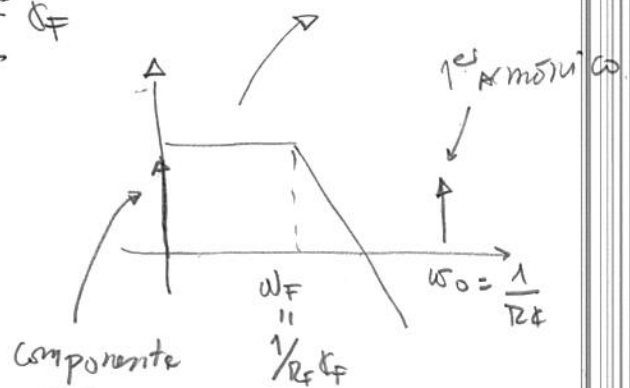
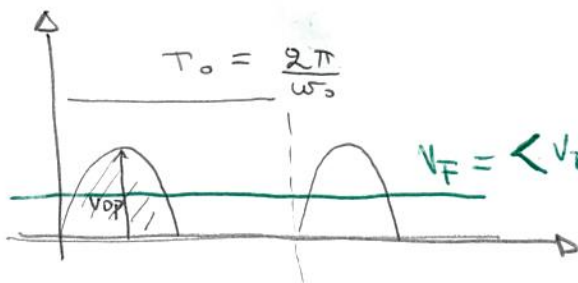
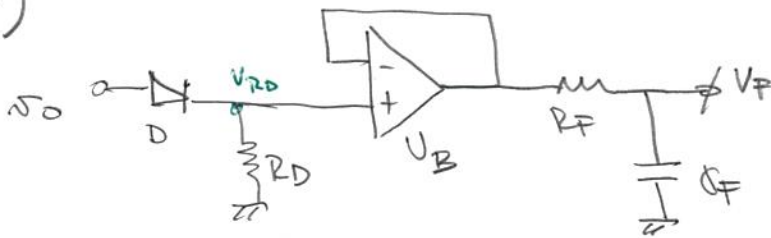
$$\operatorname{Re}(A_{ol}(j\omega)) = 1 \Leftrightarrow \frac{1 + \frac{C_1 + C_V}{C_2}}{R_F \times \frac{3}{R_C}} \equiv 1$$

$$\Leftrightarrow \boxed{\frac{C_1 + C_V}{C_2} = 2}$$

* Cond. Amplitude:

$$\operatorname{Re}(A_{ol}(j\omega)) > 1 \Leftrightarrow \boxed{\frac{C_1 + C_V}{C_2} > 2}$$

b)



$$\begin{aligned} \langle v_{RD} \rangle &= \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} v_{RD}(t) dt = \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0/2} V_{OP} \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right) dt = \\ &= \frac{-V_{OP}}{T_0 \omega_0} \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right) \Big|_0^{T_0/2} = \frac{V_{OP}}{2\pi} \left[\underbrace{-\cos(\pi)}_1 - \underbrace{(-\cos(0))}_{-1} \right] = \frac{V_{OP}}{\pi} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \boxed{V_F = \frac{V_{OP}}{\pi}} \Leftrightarrow \frac{1}{R_F C_F} \ll \frac{1}{R_C} \Leftrightarrow \boxed{R_F C_F \gg R_C}$$

4)

$$K_v = \frac{K_o}{\sqrt{1 + \frac{V_R}{V_o}}}$$

$$\begin{cases} K_o = 3(2C_2 - C_1) \\ V_o = \frac{V_{CC}}{32} \end{cases}$$

oscilación \Rightarrow $K_v = 2C_2 - C_1$

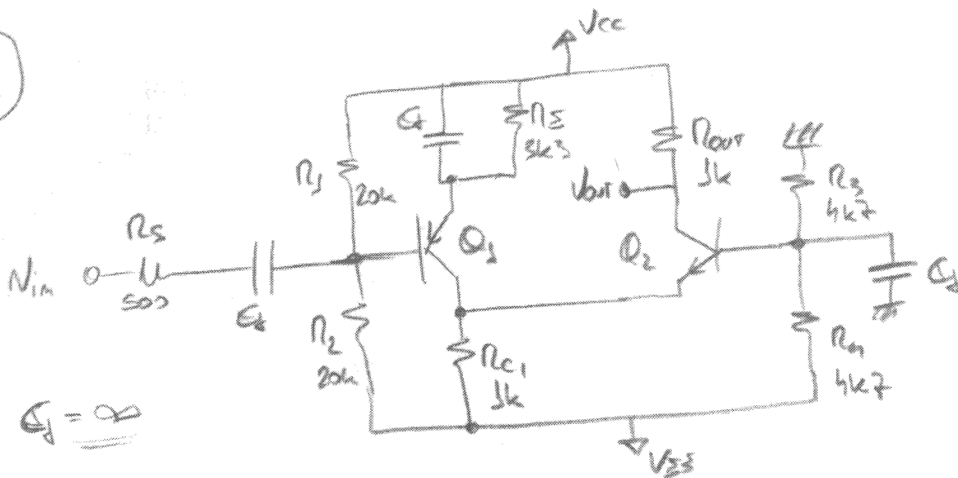
$$\Rightarrow \frac{2C_2 - C_1}{\sqrt{1 + \frac{32 V_F}{V_{CC}}}} = \frac{3(2C_2 - C_1)}{32}$$

Seguido $V_R = V_F$

$$\Rightarrow 32 = \frac{32 V_F}{V_{CC}}$$

$$\Rightarrow V_F = \frac{V_{CC}}{4} \Rightarrow \boxed{V_{op} = \frac{\pi}{4} V_{CC}}$$

1



$V_{CC} = -V_{EE} = 15V$

(a) EN DC Potos los caps. circ. abierto

$I_{C1} \cong I_{E1} = \frac{V_{CC} - V_{BE1} - V_{EE1}}{R_{E1}} \Rightarrow I_{E1} \cong 4,33 \text{ mA}$

$\cong I_{R1} \gg I_{B1} : V_{CC} - V_{EE1} = (V_{CC} - V_{EE}) \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} = 15V$

$\hookrightarrow I_{E1} = 23,6 \mu A$

$I_{R1} = 750 \mu A \gg I_{E1} \checkmark$

$I_{C2} = \frac{V_{E2} - V_{EE} - I_{C1}}{R_{E2}}$

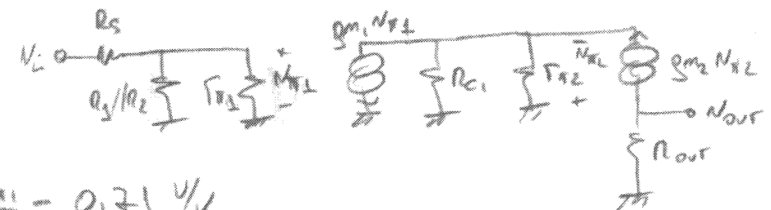
$\cong I_{R2} \gg I_{B2} : V_{E2} - V_{EE} = (-V_{EE}) \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} - V_{EE2} = 6,8V$

$\Rightarrow \frac{V_{E2} - V_{EE}}{R_{E2}} = 6,8 \text{ mA} \Rightarrow I_{C2} = 2,47 \text{ mA}$

$\hookrightarrow I_{E2} = 32,3 \mu A$

$I_{R2} = 1,6 \text{ mA} \gg I_{E2} \checkmark$

(b) señal, rec. medras:



$N_{v1} = \frac{r_{be2} // R_{B2} // R_{B1}}{R_{S2} + r_{be2} // R_{B2} // R_{B1}} N_{in} \rightarrow \frac{N_{v1}}{N_i} = 0,71 \text{ V/V}$

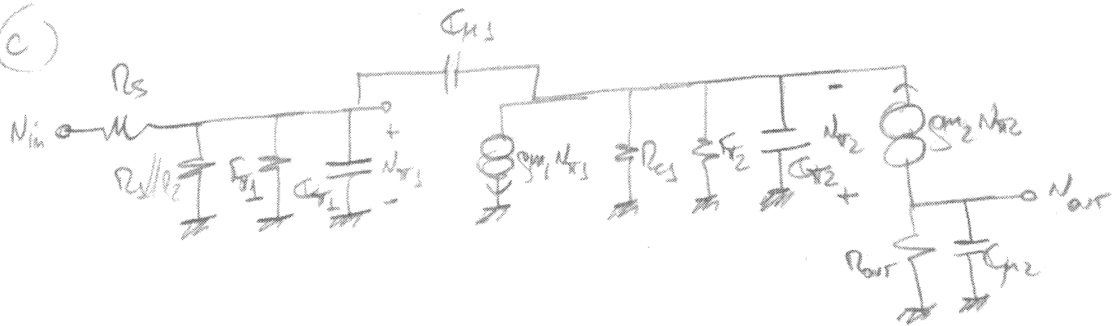
$g_{m1} N_{v1} = N_{v2} \left(g_{m2} + \frac{1}{R_{C1} // r_{be2}} \right)$
 $\Rightarrow N_{v2} = \frac{g_{m1} (R_{B2} // r_{be2})}{1 + g_{m2} (R_{C1} // r_{be2})} N_{v1} \Rightarrow \frac{N_{v2}}{N_{v1}} = 1,75$

$g_{m1} = 167 \text{ mA/V}$
 $r_{be1} = 1,20 \text{ k}\Omega$
 $g_{m2} = 95,3 \text{ mA/V}$
 $r_{be2} = 2,1 \text{ k}\Omega$

$N_{out} = -g_{m2} R_{out} N_{v2} \rightarrow \frac{N_{out}}{N_{v2}} = -95 \text{ V}$

$\Rightarrow \frac{N_{out}}{N_{in}} = -119 \text{ V/V}$

1 (c)

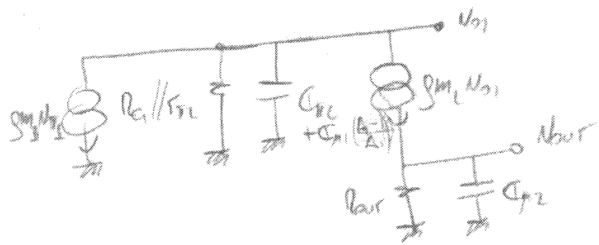
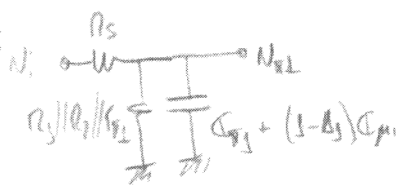


$$f_{@D_{mid}} = \frac{g_m |_{D_{mid}}}{2\pi (C_T + C_M)} = 300 \text{ kHz}$$

$$\Rightarrow C_T + C_M = \frac{g_m |_{D_{mid}}}{2\pi \cdot 300 \text{ kHz}} = 204,8 \text{ pF} \Rightarrow C_T |_{D_{mid}} = C_{je} + k |_{D_{mid}} = 205,3 \text{ pF}$$

$$\Rightarrow k = 13,2 \text{ pF/mA} \Rightarrow \begin{cases} C_{c1} = 98,8 \text{ pF} \\ C_{c2} = 64,9 \text{ pF} \end{cases}$$

Aplica Miller:



$$A_1 = -\frac{N_{r2}}{N_{r1}} = -1,73 \text{ V/V}$$

$$f_{p1} = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{(R_s || R_{e1} || R_{s1}) (C_{c1} + (1 - A_1)C_{c1})} = 3,21 \text{ MHz}$$

$$f_{p2} = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{g_m (R_{e1} || R_{s2}) + 1}{(R_{e1} || R_{s2}) (C_{c2} + \frac{A_1 - 1}{A_1} C_{c1})} = 218 \text{ MHz}$$

$$f_{p3} = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{R_{out} C_{p2}} = 53,1 \text{ MHz}$$