

EXAMEN DE ELECTRONICA 1
18/12/17

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 (37 puntos)

El circuito de la figura tiene como objetivo dar en su salida OUT una secuencia de pulsos a partir de la cuál se pueda obtener el valor de la corriente y la carga consumida por el circuito "circuito a medir" desde la fuente Vcc a través de su corriente de alimentación I.

El bloque FF es un flip-flop alimentado entre Vcc y tierra, con entradas de reset R y set S activas por nivel alto y tiempo de propagación t_p ($t_p = t_{pHL} = t_{pLH}$) desde las entradas R y S hasta las salidas Q y \bar{Q} . En otros aspectos se considerará ideal. U1, U2 y U3 se supondrán ideales, excepto donde se indique lo contrario.

Datos de los componentes: Q1: $\beta \gg 1$, VEB, los componentes del circuito y la corriente I son tales que Q1 opera en zona activa. M1: $\delta = 0$, $\mu_{Cox}(W/L)$ y V_t tales que: $V_t \ll V_{cc}$ y que se puede suponer que M1 opera como una llave ideal ($R_{on} \cong 0$) controlada por tensión.

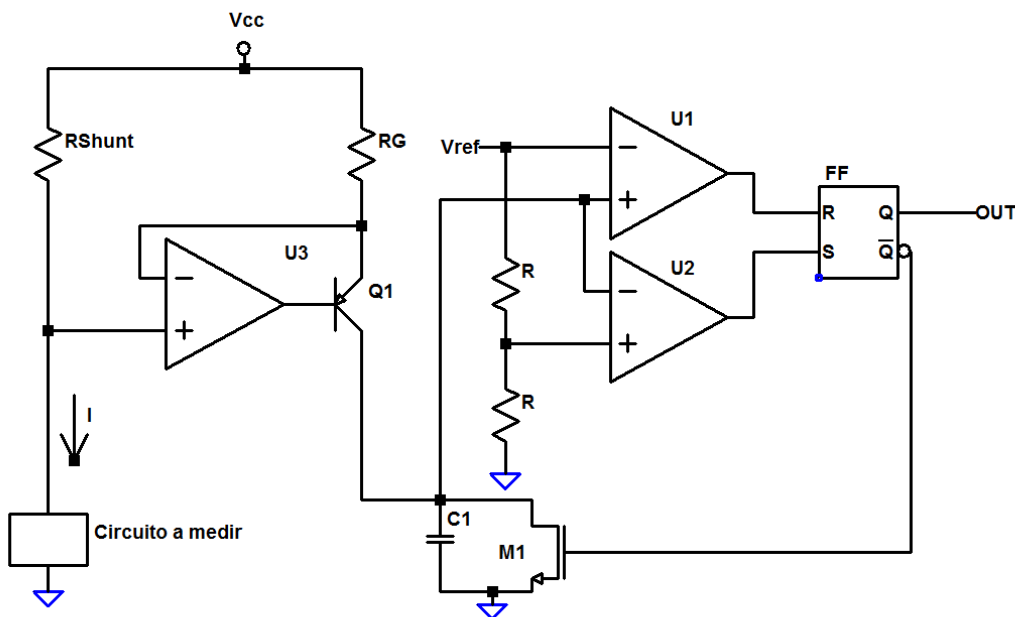
a) i) Para una cierta corriente I consumida, graficar las formas de onda en: VC1 (tensión de colector de Q1 y del condensador C1), R, S, Q y OUT. ii) Determinar la frecuencia de la señal en OUT en función de la corriente I.

En lo que resta del problema se supondrá que t_p es despreciable respecto al período de la señal en OUT.

iii) Calcular la carga consumida desde Vcc por el "circuito a medir" por cada pulso (período completo) de la señal en OUT.

b) Si U3 tiene: tensión de offset V_{off} , corriente de polarización entrante I_{bias} y corriente de offset I_{offset} , determinar en el peor caso la relación entre la frecuencia en OUT e I.

c) Si la corriente I a medir varía entre I_{min} e I_{max} , ¿que rango de entrada en modo común y que excursión de salida (output swing) debe tener U3? Despreciar a efectos de esta parte las tensiones de offset y corrientes de polarización.



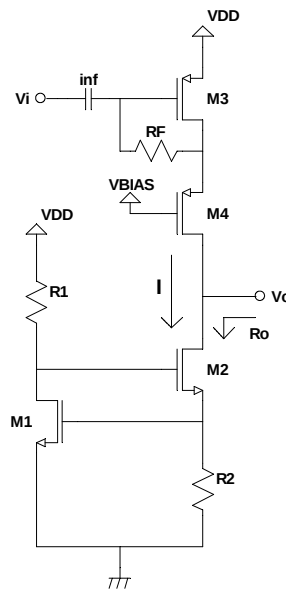
PROBLEMA 2 (37 puntos)

En el circuito de la figura se pide:

- a) Determine el valor de R2 para que la corriente $I = 1\text{mA}$
- b) Determine la resistencia vista R_o indicada en la figura.
- c) Determine la ganancia v_o/v_i .

Datos: $V_{DD}=5\text{V}$, $\beta=5\text{mA/V}^2$, $V_{tn}=|V_{tp}|=1\text{V}$, $\delta_n = \delta_p=0$, $V_{An} = V_{Ap}=20\text{V}$, $R_1=4.7\text{k}\Omega$, $R_F=10\text{M}\Omega$

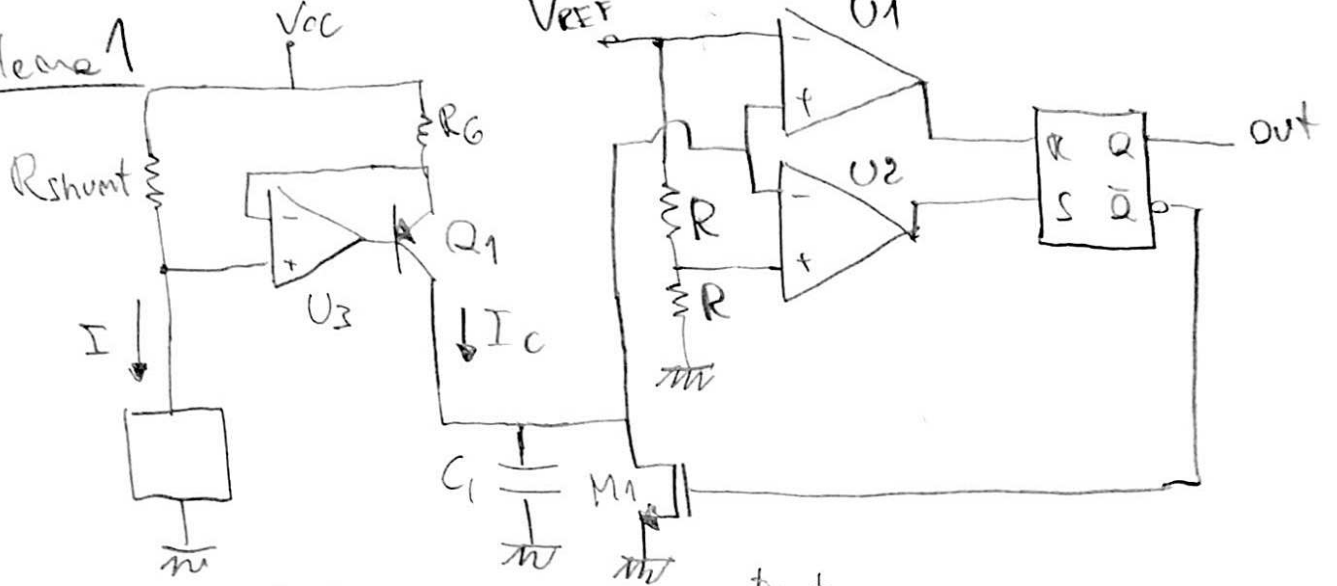
Asuma que las tensiones aplicadas son tales que todos los transistores trabajan en saturación. Para la parte c) el efecto de R_F se puede despreciar. Todos los transistores tienen su sustrato y su source cortocircuitados.



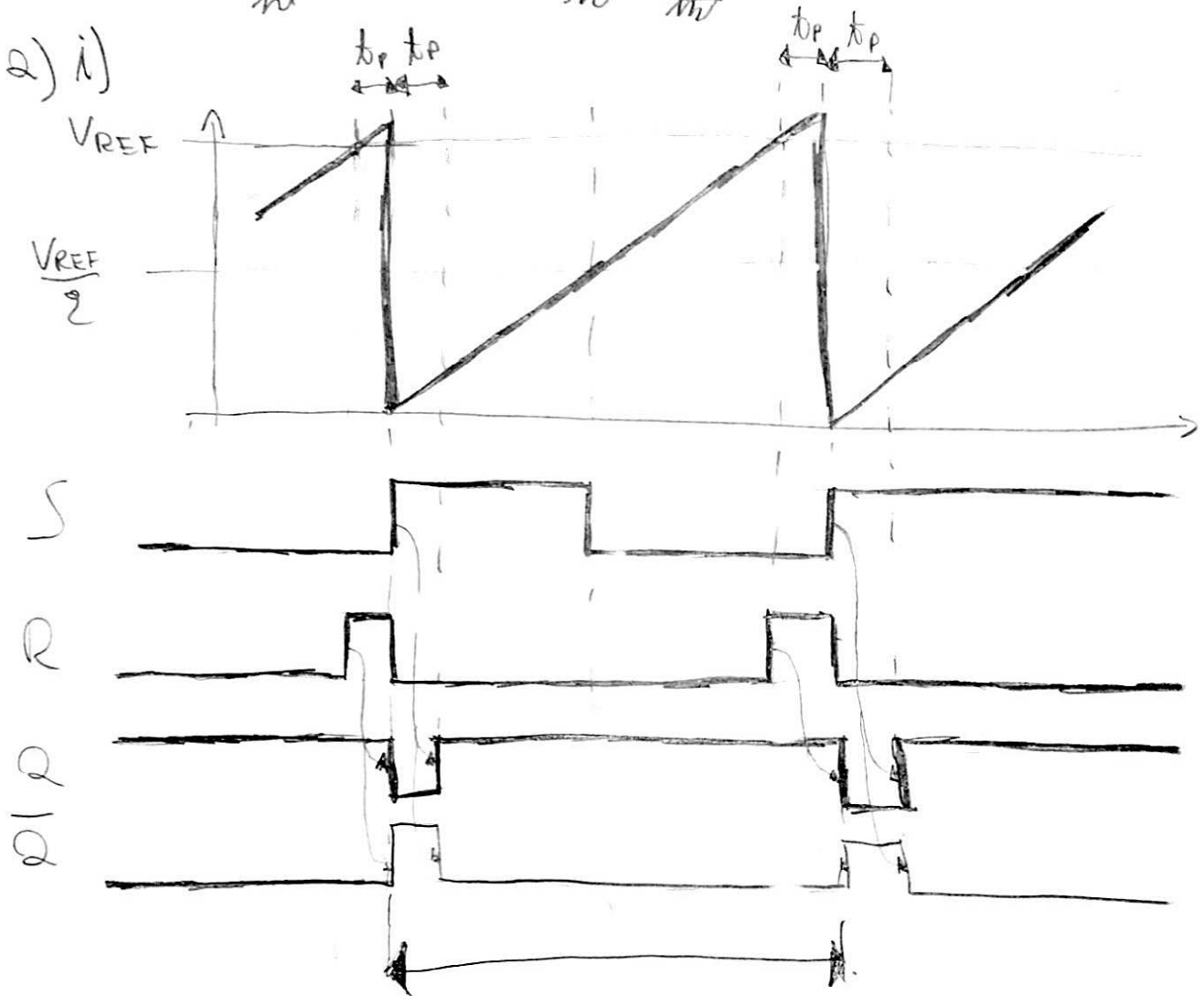
PREGUNTA (26 puntos)

- a) Indicar gráficamente en la característica estática de transferencia de tensión entrada–salida de un inversor lógico ($V_o = f(V_i)$) los valores de VOL, VOH, VIH, VIL, margen de ruido en nivel alto (NMH) y margen de ruido en nivel bajo (NML). Explicar claramente cómo se definen los puntos VIH y VIL y porqué.
- b) Calcular VIH y NMH para un inversor CMOS con tensión de alimentación VDD y con los siguientes datos para los transistores n y p: $\beta_n = \beta_p$, $V_{tn} = |V_{tp}|$, $\delta_n = \delta_p = 0$. Se despreciará el efecto Early.
- c) Determinar los valores de VIH y NMH determinados en b) para el caso de una tecnología con tensión de umbral $V_{tn} = |V_{tp}| = 0.7\text{V}$ y tensión de alimentación $V_{DD} = 3.3\text{V}$.

Problem 1



2) i)



2) ii)

$$T = \frac{C_1 V_{REF}}{I_c} + t_p$$

$$R_{shunt} I = R_G I_c$$

$$\Rightarrow I_c = \frac{R_{shunt} I}{R_G}$$

$$\Rightarrow T = \frac{C_1 R_G V_{REF}}{R_{shunt} I} + t_p$$

2) iii) $\Delta p \ll T$
 $T \approx \frac{C_1 R_G V_{REF}}{I \cdot R_{shunt}} \Rightarrow \Delta Q = I T = \frac{C_1 R_G V_{REF}}{R_{shunt}}$

$$\Delta Q = \frac{C_1 R_G V_{REF}}{R_{shunt}}$$

b)

$$\rho \approx \frac{R_{shunt} I}{C_1 R_G V_{REF}}$$

Las no idealidades de U_3 afectan el factor de copia entre I_e e I_c

$$\Rightarrow R_{shunt} (I + I_{b3}^+) + V_{off3} = R_G (I_c + I_{B3}^-)$$

$$I_c = \frac{R_{shunt} I}{R_G} + \frac{R_{shunt} I_{b3}^+}{R_G} + \frac{V_{off}}{R_G} - I_{B3}^-$$

$$\rho = \frac{I_c}{C_1 V_{REF}} = \frac{R_{shunt} I}{R_G C_1 V_{REF}} + \frac{R_{shunt} I_{b3}^+}{R_G C_1 V_{REF}} + \frac{V_{off}}{R_G C_1 V_{REF}} - \frac{I_{B3}^-}{C_1 V_{REF}}$$

$$\rho = \frac{R_{shunt}}{R_G C_1 V_{REF}} \left[I + I_{bias} + \frac{I_{off}}{2} + \frac{V_{off}}{R_{shunt}} - \frac{R_G [I_{bias} - \frac{I_{off}}{2}]}{R_{shunt}} \right]$$

$$\rho = \frac{R_{shunt}}{R_G C_1 V_{REF}} \left[I + I_{bias} \left(1 - \frac{R_G}{R_{shunt}} \right) + \frac{I_{off}}{2} \left(1 + \frac{R_G}{R_{shunt}} \right) + \frac{V_{off}}{R_{shunt}} \right]$$

c) $ICMR_{MIN} = V_{CC} - R_{shunt} \cdot I_{MAX}$

$$ICMR_{MAX} = V_{CC} - R_{shunt} \cdot I_{MIN}$$

$$OSW_{MIN} = V_{CC} - R_{shunt} \cdot I_{MAX} - V_{EB}$$

$$OSW_{MAX} = V_{CC} - R_{shunt} \cdot I_{MIN} - V_{EB}$$

Ejercicio 2 Examen Electronica 1 diciembre de 2017

a) $V_{GS1} = R_2 I_{D2}$ (1) $\leftarrow I_{D2} = 1\text{mA}$

$V_{GS2} = V_{DS1} - V_{GS1}$ (2)

$V_{DS1} = V_{DD} - R_1 I_{D1}$ (3)

$\Rightarrow V_{GS2} = V_{DD} - V_{GS1} - R_1 I_{D1}$
 $\Rightarrow I_{D1} = \frac{\beta}{2} (V_{GS1} - V_t)^2$
 $I_{D2} = \frac{\beta}{2} (V_{GS2} - V_t)^2$ (4)

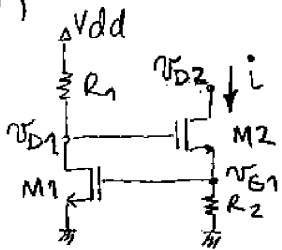
$\Rightarrow V_{GS2} = V_{DD} - V_{GS1} - R_1 \frac{\beta}{2} (V_{GS1} - V_t)^2$ (5)

Por otro lado $I_{D2} = 1\text{mA} \Rightarrow 1\text{mA} = \frac{5\text{mA/V}^2}{2} (V_{GS2} - 1\text{V})^2 \Rightarrow V_{GS2} = 1,63\text{V} > V_t$ (4)

$\Rightarrow 1,63\text{V} = 5\text{V} - V_{GS1} - 4,7\text{k}\Omega \cdot \frac{5\text{mA/V}^2}{2} (V_{GS1} - 1\text{V})^2 \Rightarrow V_{GS1} = 1,4\text{V} > V_t$ (5)

De (1): $R_2 = \frac{V_{GS1}}{I_{D2}} = \frac{1,4\text{V}}{1\text{mA}} \Rightarrow \boxed{R_2 = 1,4\text{k}\Omega}$

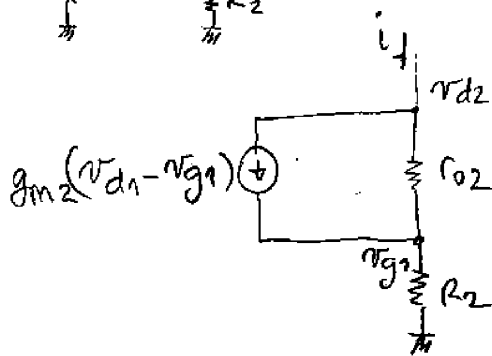
b)



Pequeña señal: M1 da ganancia $\frac{v_{d1}}{v_{g1}} = -g_{m1} (R_1 \parallel r_{o1})$ (6)

$g_{m1} = \beta (V_{GS1} - V_t) = 2,0\text{mS}$

$g_{m2} = \beta (V_{GS2} - V_t) = 3,15\text{mS}$



$r_{o1} = \frac{V_A}{I_{D1}} = 47,7\text{k}\Omega$ y $r_{o2} = \frac{V_A}{I_{D2}} = 20\text{k}\Omega$

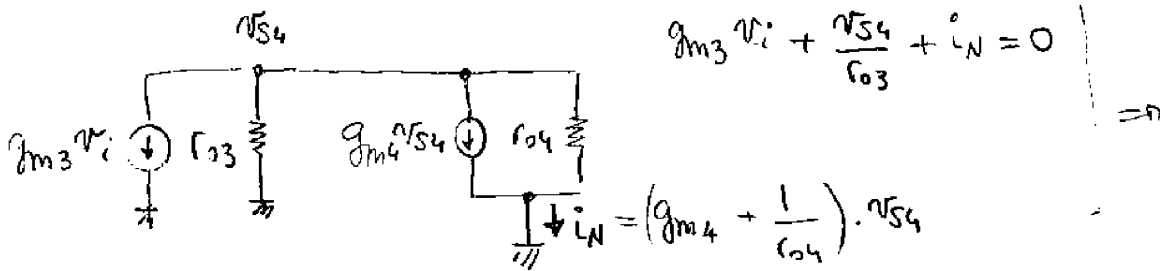
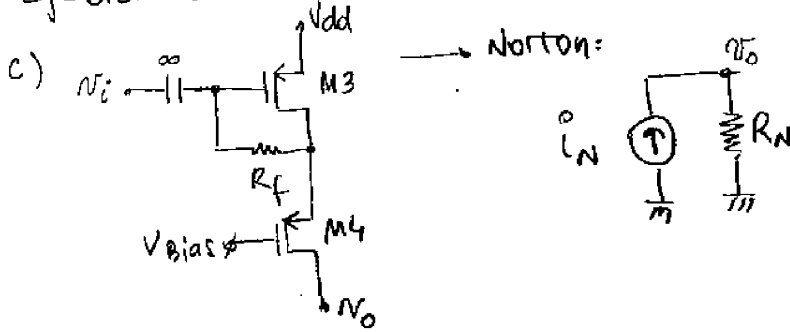
$R_1 \parallel r_{o1} \approx R_1 = 4,7\text{k}\Omega \rightarrow \frac{v_{d1}}{v_{g1}} = -10,5\text{V/V}$

$g_{m2} (v_{d1} - v_{g1}) + \frac{v_{d2} - v_{g1}}{r_{o2}} = i \Rightarrow R_o = \frac{v_{d2}}{i} = r_{o2} + R_2 \left[1 + g_{m2} r_{o2} (g_{m1} [R_1 \parallel r_{o1}] + 1) \right]$ (6)

$g_{m1} (R_1 \parallel r_{o1}) \gg 1$ y $g_{m2} r_{o2} \cdot g_{m1} (R_1 \parallel r_{o1}) \gg 1 \Rightarrow R_o = r_{o2} + R_2 \cdot g_{m2} r_{o2} g_{m1} R_1$

$\Rightarrow \boxed{R_o = 849\text{k}\Omega}$

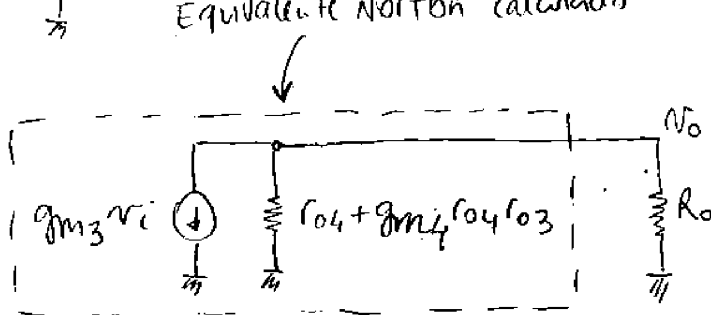
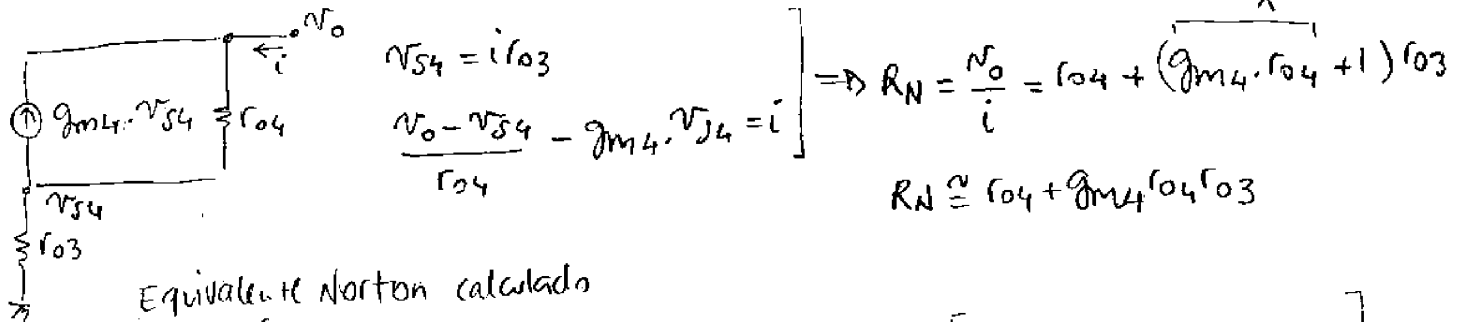
Ejercicio 2 Examen Electrónica I Universidad de Sevilla



$$\Rightarrow i_N = -g_{m3} \cdot v_i \left[\frac{(r_{o3} \parallel r_{o4})(g_{m4} \cdot r_{o4} + 1)}{(r_{o3} \parallel r_{o4})(g_{m4} \cdot r_{o4} + 1) + 1} \right], \text{ donde } r_{o3} = r_{o4} = 20k\Omega$$

$$V_{GS4} = V_{GS2} \Rightarrow g_{m4} = g_{m2} = 3,15 \text{ mS} \Rightarrow g_{m4} r_{o4} = 63 \gg 2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow i_N = -g_{m3} v_i, \text{ con } g_{m3} = g_{m2}$$



$$\frac{v_o}{v_i} = -g_{m3} \left[R_o \parallel (r_{o4} + g_{m4} \cdot r_{o4} \cdot r_{o3}) \right]$$

$$\frac{v_o}{v_i} = -1607 \text{ V/V}$$