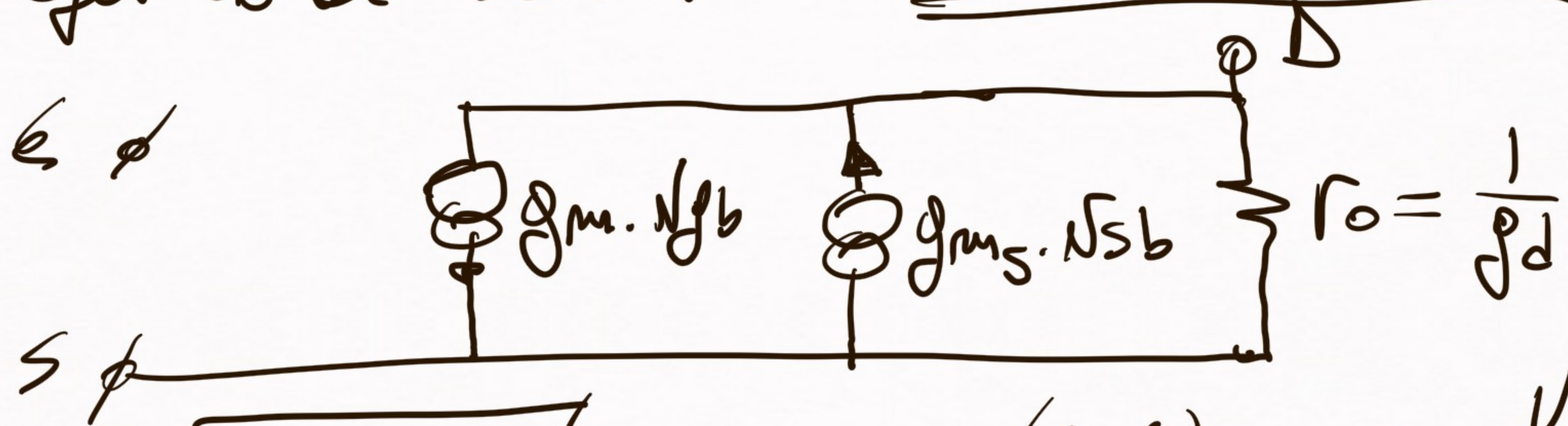


Análisis de pef. señal

24/5/2021

- 1) Análisis DC (fuente AC a 0, C: circ. abierto, L: corto circuito)
- 2) Usando los valores de convenientes / tensiones hallados en 1) (análisis DC) calculamos los parámetros del modelo de pef. señal

2) Modelo peq. señal (y bajo frecuencia) referido al sustrato, en saturación

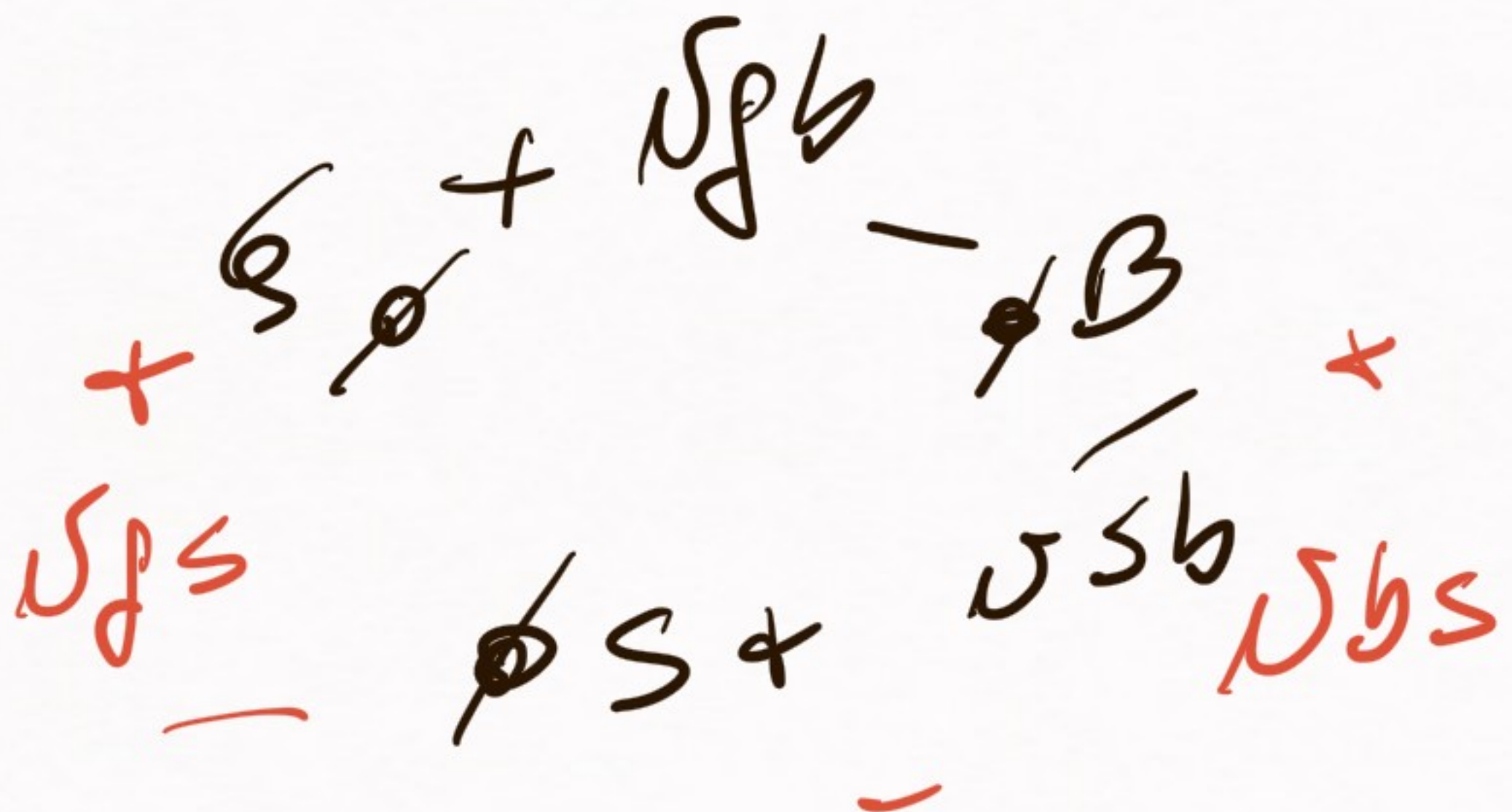


$$f_{uc} = \sqrt{\frac{2\beta I_D}{(1+\lambda)}} , \quad f_{us} = (1+\lambda)g_m, \quad r_o = \frac{V_A}{I_D}$$

3) Análisis AC

\rightarrow fuentes DC a 0
 \rightarrow sustituir el o los transistores por el modelo de peq. señal.

Modelo de pequeño señal
referido a la source



$$n_{sb} = -n_{bs}$$

$$g_{mb} = g_{ms} - n_{bs}$$

$$n_{db} = n_{ds} - n_{bs}$$



$$g_{mb} = (g_{ms} - g_{me}) = (1 + \delta)g_{me} - g_{me} = \delta \cdot g_{m1}$$

Ex:

Datos:

$V_{DD} = 9V$

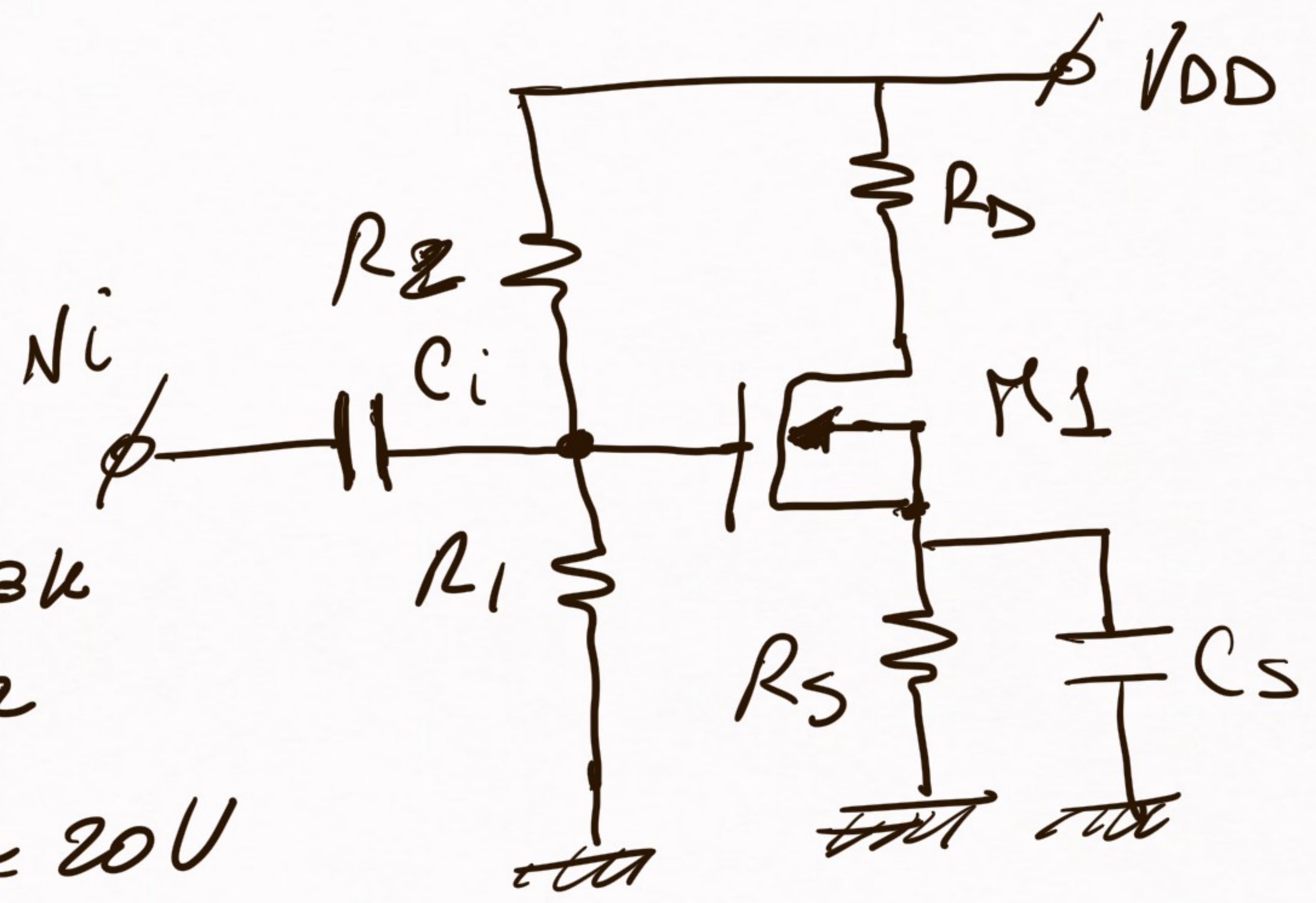
$R_1 = 10k, R_2 = 33k$

$R_5 = 2.2k, R_D = 6.8k$

M1: $\beta = 2mA/V^2$

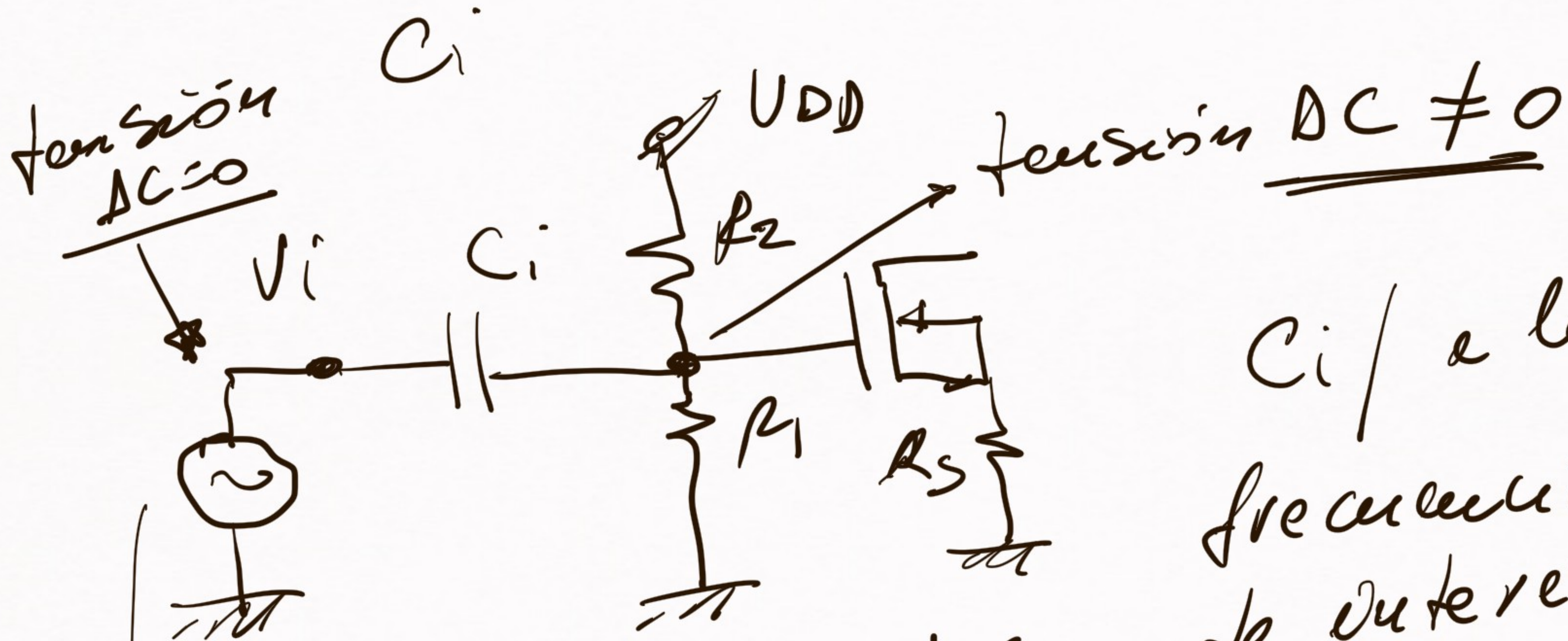
$f = 0.5, V_A = 20V$

$V_{T0} = 1V$



$C_i, C_s \approx \infty$ inicialmente \rightarrow cortocircuito
a la frecuencia de interés.

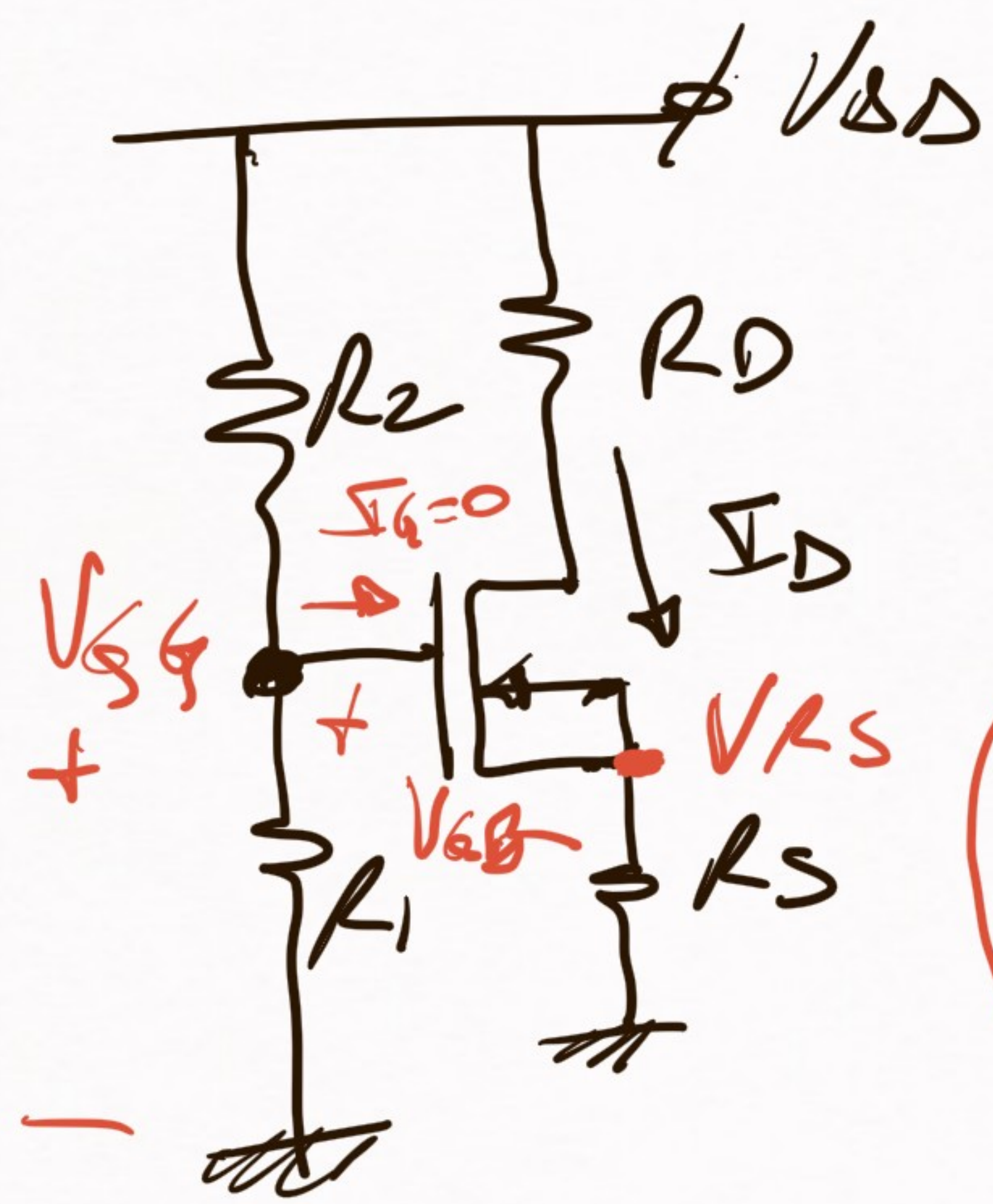
Necesidad de C. de desacople



fuerza de señal
con valor $DC = 0$
(p.ej. $v_i = A \cdot \sin \omega t$)

C_i a los
frecuencias
de interés
se puede
considerar
un cortocircuito

1) Análisis DC: fuentes AC a 0 y CS circ. abierto.



⊕ \$I_D\$ saturado

$$I_D = \frac{\beta}{2(1+\beta)} \left(V_{GS} - V_{to} - \underbrace{(1+\beta)V_{SB}}_0 \right)^2$$

$$V_{GS} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot V_{DD}$$

$$V_{GB} = V_{GG} - V_{RS}$$

$$V_{RS} = I_D \cdot R_S$$

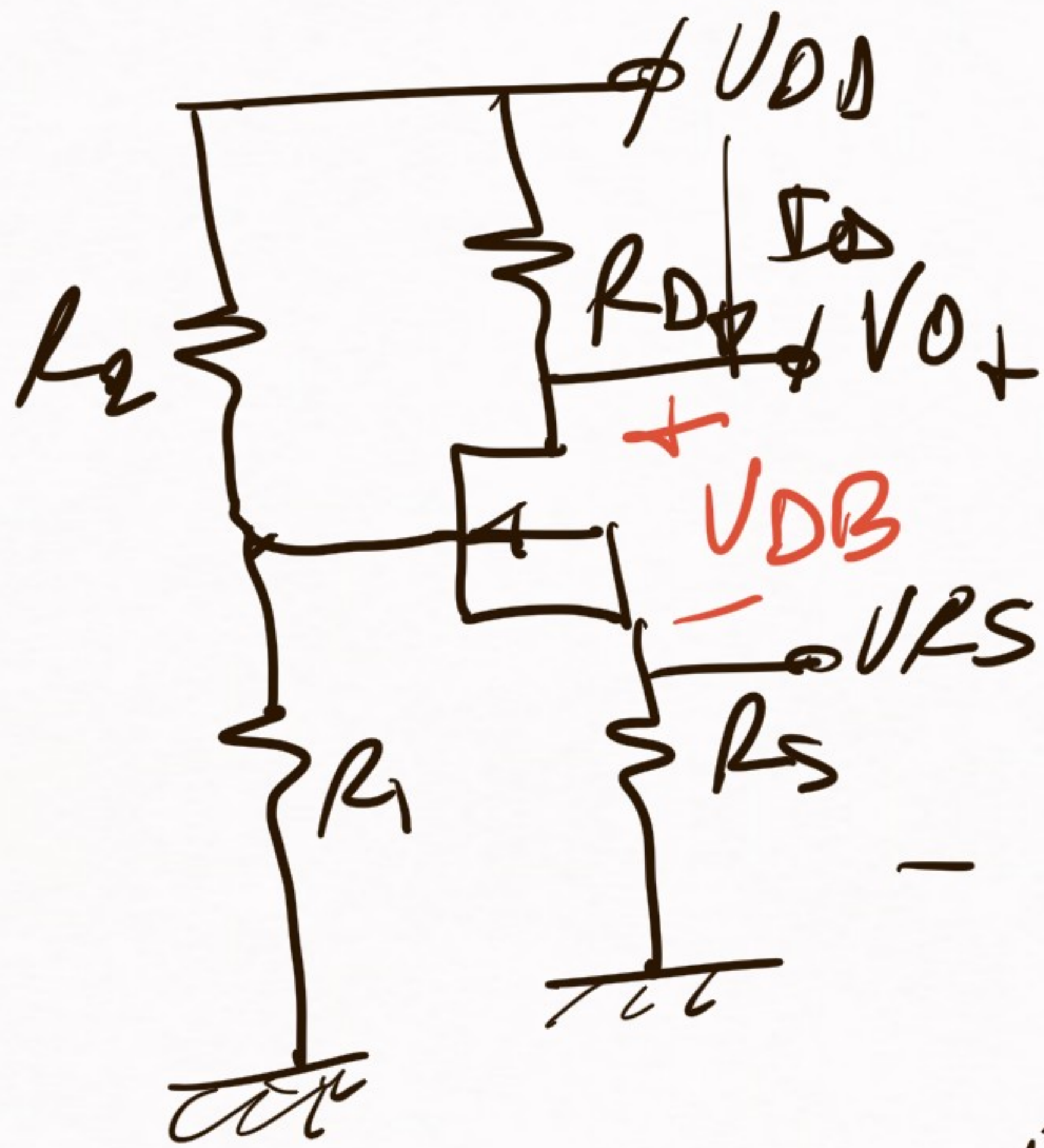
$$\Rightarrow \left[V_{GB} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{DD} - R_S \cdot I_D \right] \Rightarrow \text{ec. de } I_{D0} \text{ fnc de } V_{GB}$$

$$V_{GS} \begin{cases} \rightarrow 1.59V \\ \rightarrow -0.27V \end{cases} \Rightarrow \boxed{I_D = \frac{V_{GS} - V_{GS(th)}}{R_S} = 0.23mA}$$

para estar en saturación: $V_S < V_P$ ($V_S > V_P$) ✓

$$\Leftrightarrow \underbrace{V_{SB}}_0 < \frac{V_{GS} - V_{th}}{(1 + \mu)} \Leftrightarrow \underline{V_{GS} > V_{th}} \quad \checkmark$$

Verifico \textcircled{P} de saturación: $V_S \neq V_P$ ✓
 $\partial V_{GS} > V_P$



$$V_{DB} \stackrel{?}{\rightarrow} V_P = \frac{V_{GS} - V_{to}}{(1 + \mu)}$$

$$V_{DB} = V_O - V_{RS} =$$

$$= (V_{DD} - R_D \cdot I_D) - R_S \cdot I_D$$

$$= 7.43V - 0.51V = 6.92V \stackrel{?}{\rightarrow} \frac{V_{GS} - V_{to}}{1 + \mu}$$

$$= \frac{1.59 - 1V}{1 + 0.5}$$



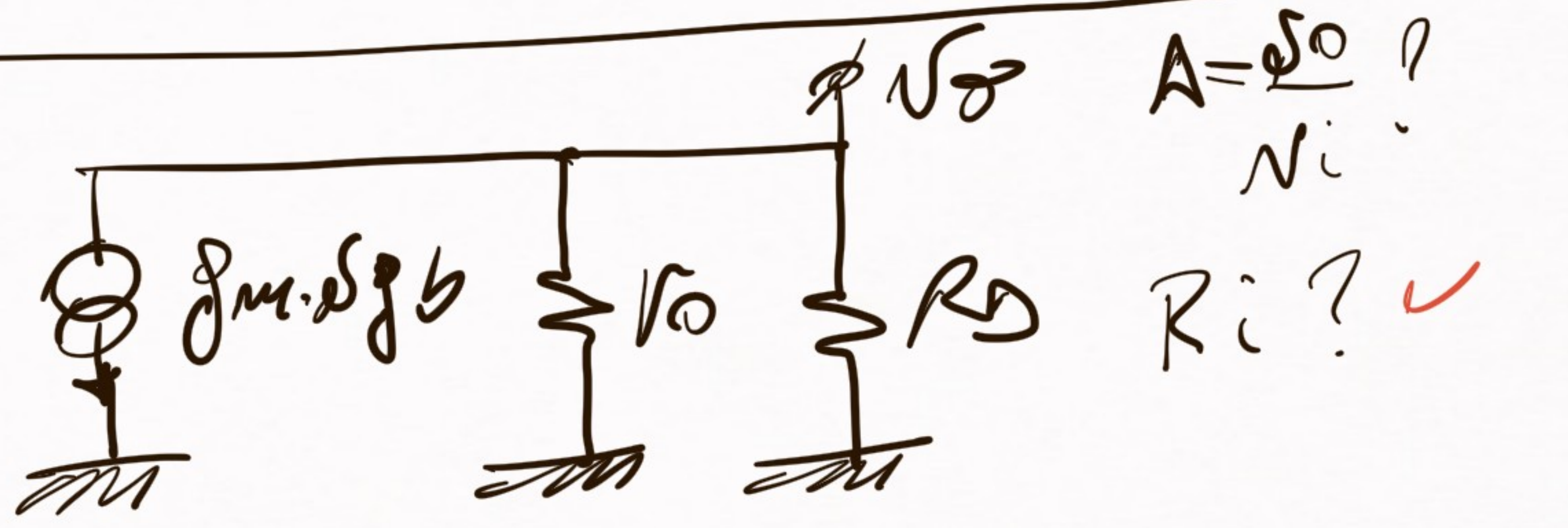
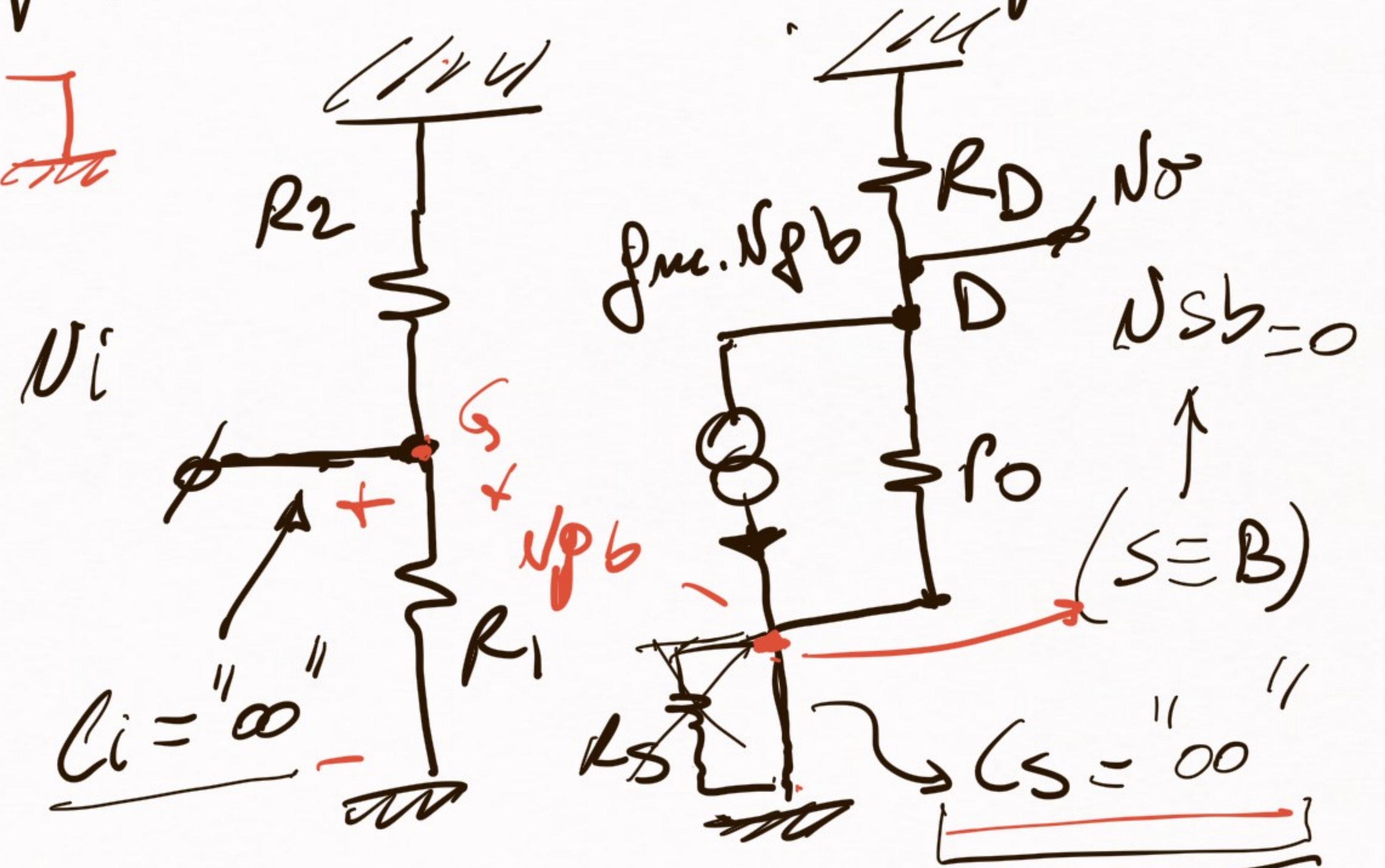
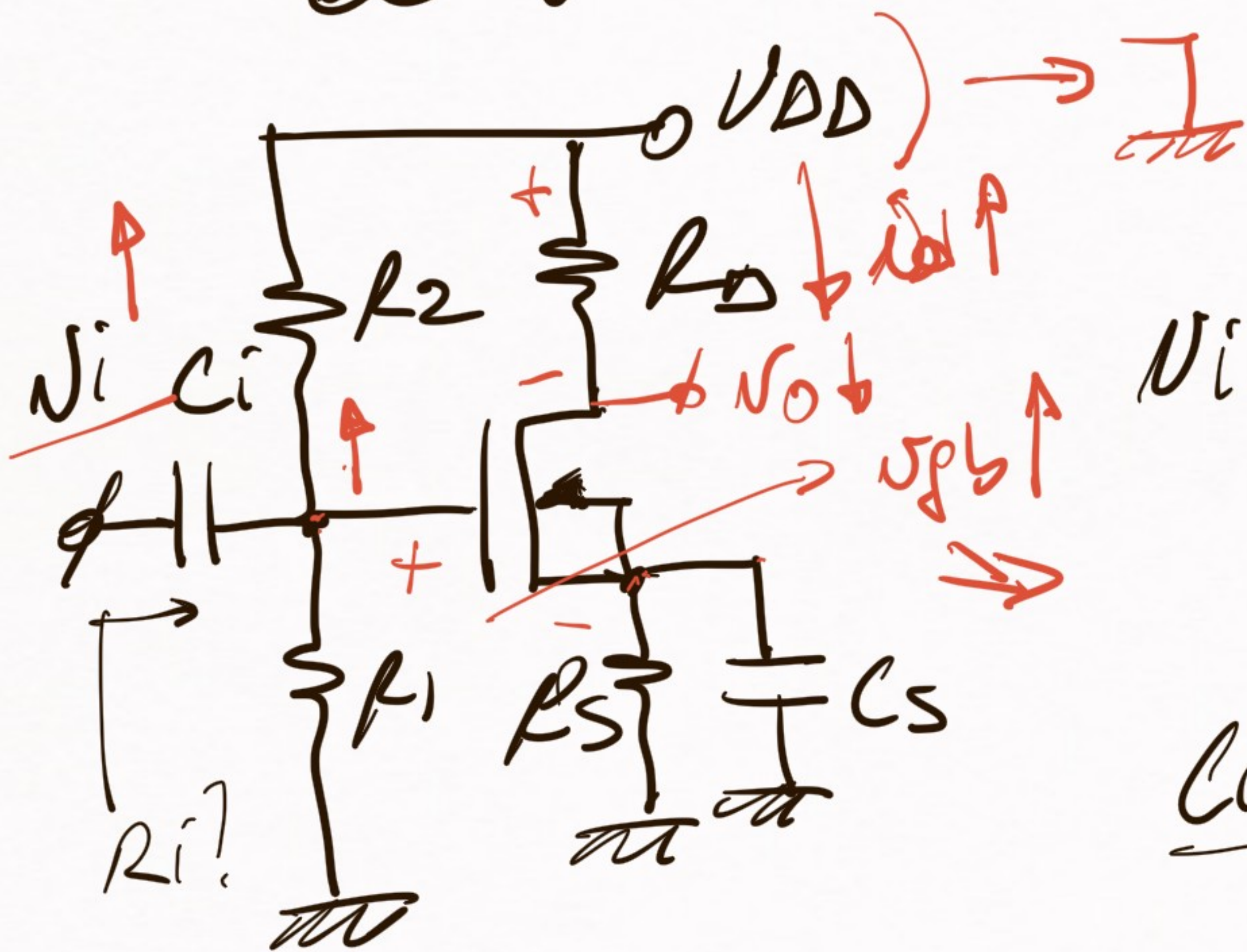
2) Cálculo parámetros del modelo de eq. señal.

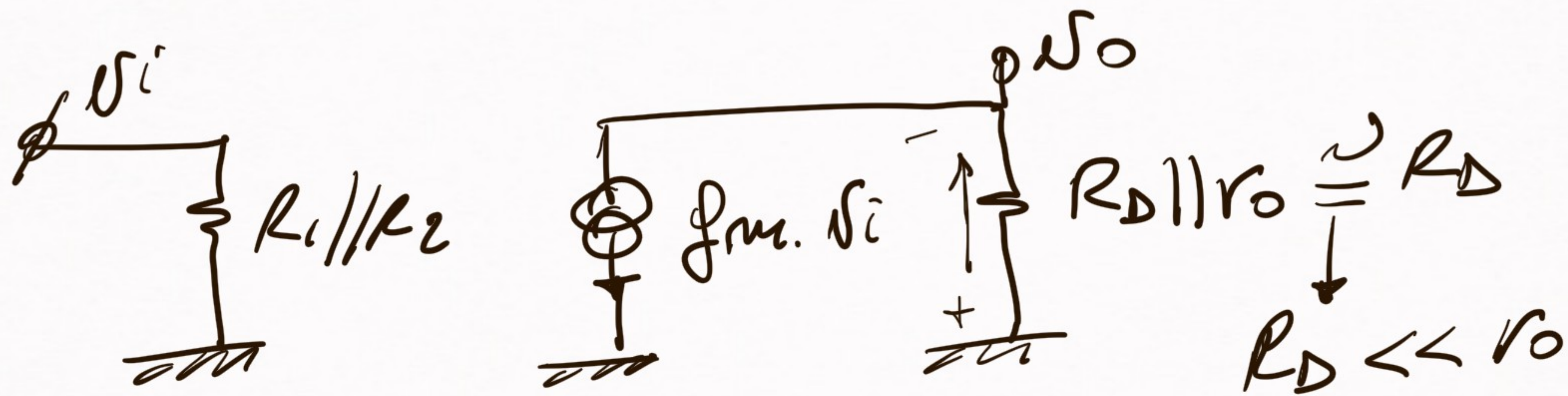
$$f_m = \sqrt{\frac{2\beta I_D}{(1+\beta)}} = 7.8 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1} = 0.78 \text{ ms} \quad \text{A/V}$$

$$f_{ms} = (1+\beta) f_m = 1.5 \times 0.78 \text{ ms}$$

$$r_o = \frac{V_A}{I_D} = \frac{20 \text{ V}}{0.23 \text{ mA}} = 87 \text{ k}\Omega$$

3) Analisis AC: fuentes de ∞ o 0 , sustituir el transistor por el modelo de pef. señal





$$v_o = -g_m \cdot v_i \cdot R_D \Rightarrow \frac{v_o}{v_i} = -g_m \cdot R_D =$$

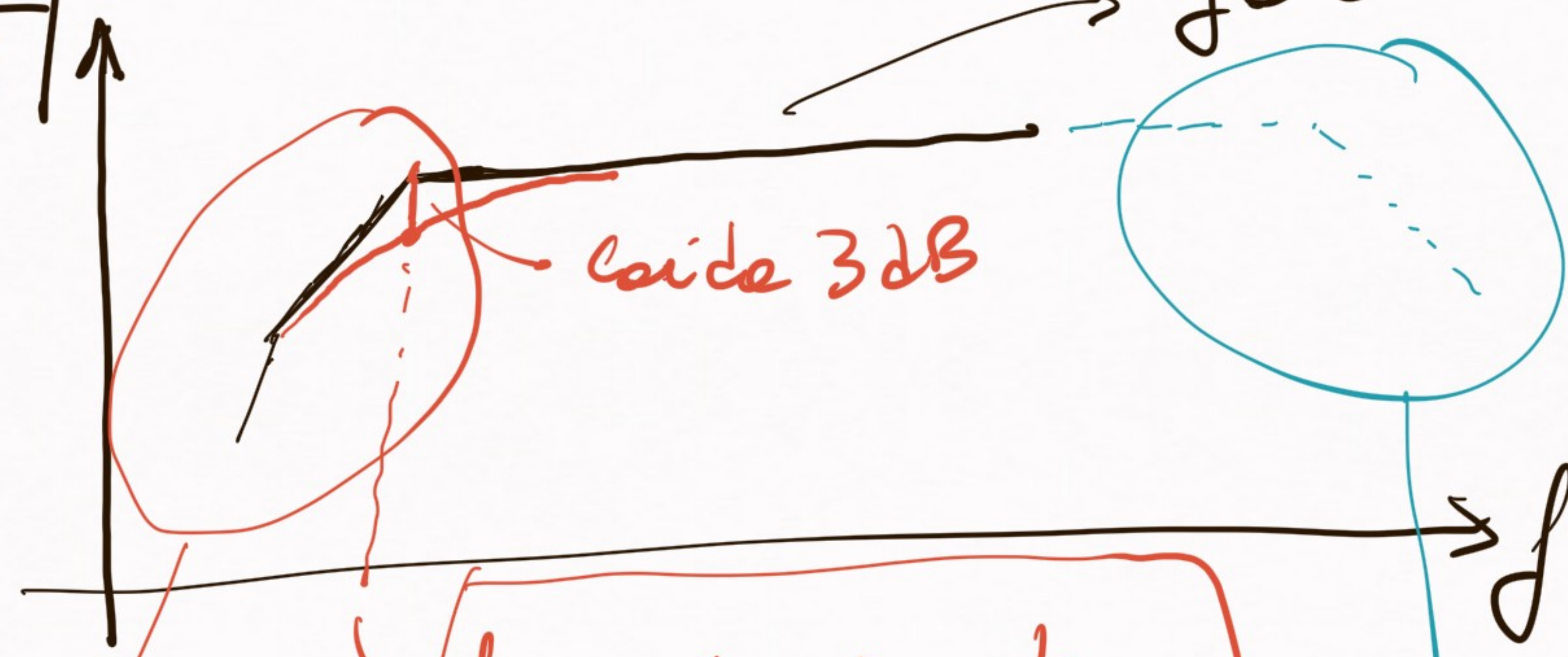
$$= -0.78 \text{ mS} \cdot 6.8 \text{ k}\Omega = -5.3$$

A continuación:

- 2) Excursoión de salida
- 1) Diseño de C_i , C_s

Diseño de C_i y C_s

$$A = \left| \frac{U_o}{U_i} \right|$$



caída 3dB

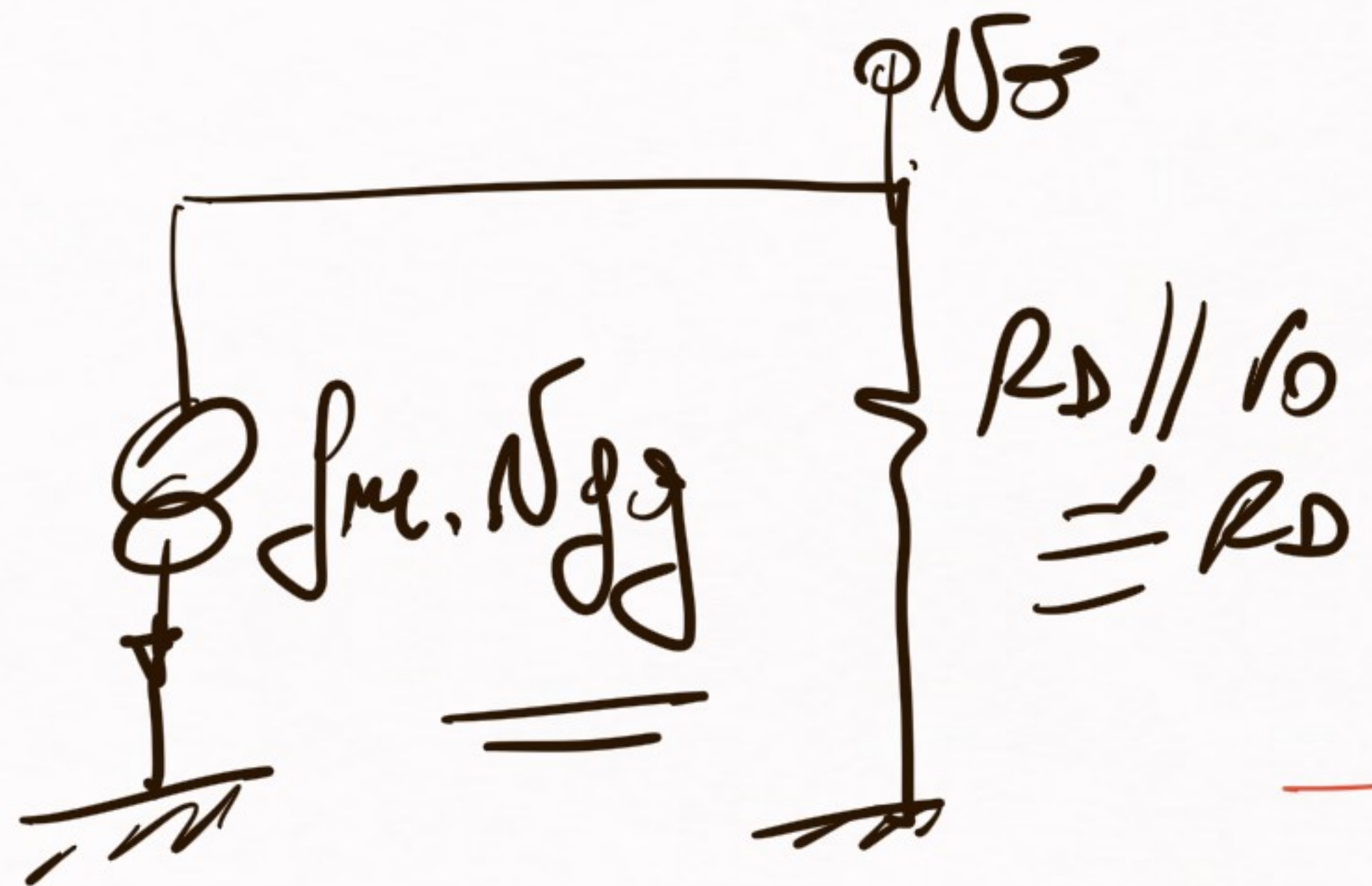
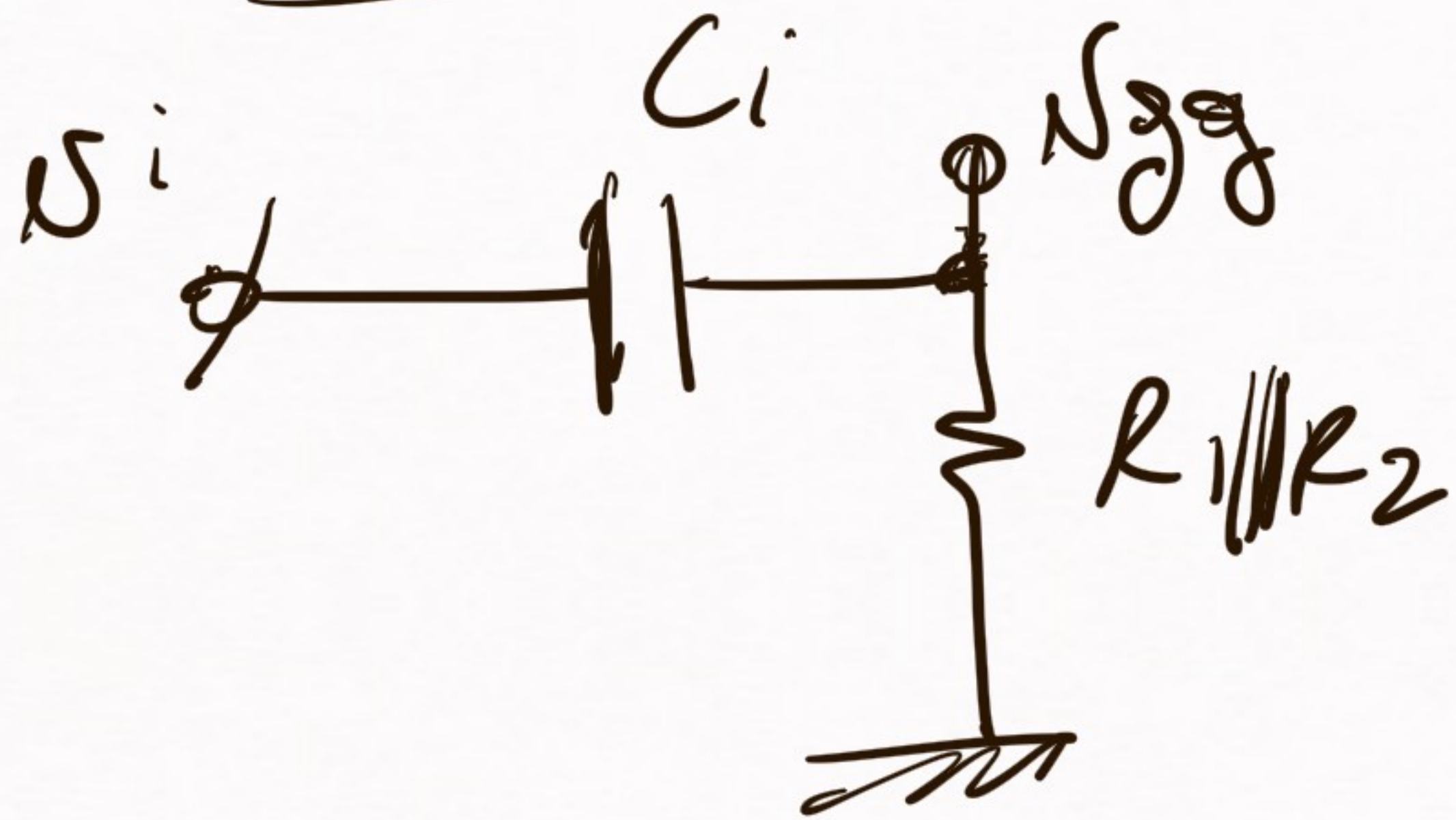
frecuencia "a frecuencias medias"

frecuencia de corte inferior

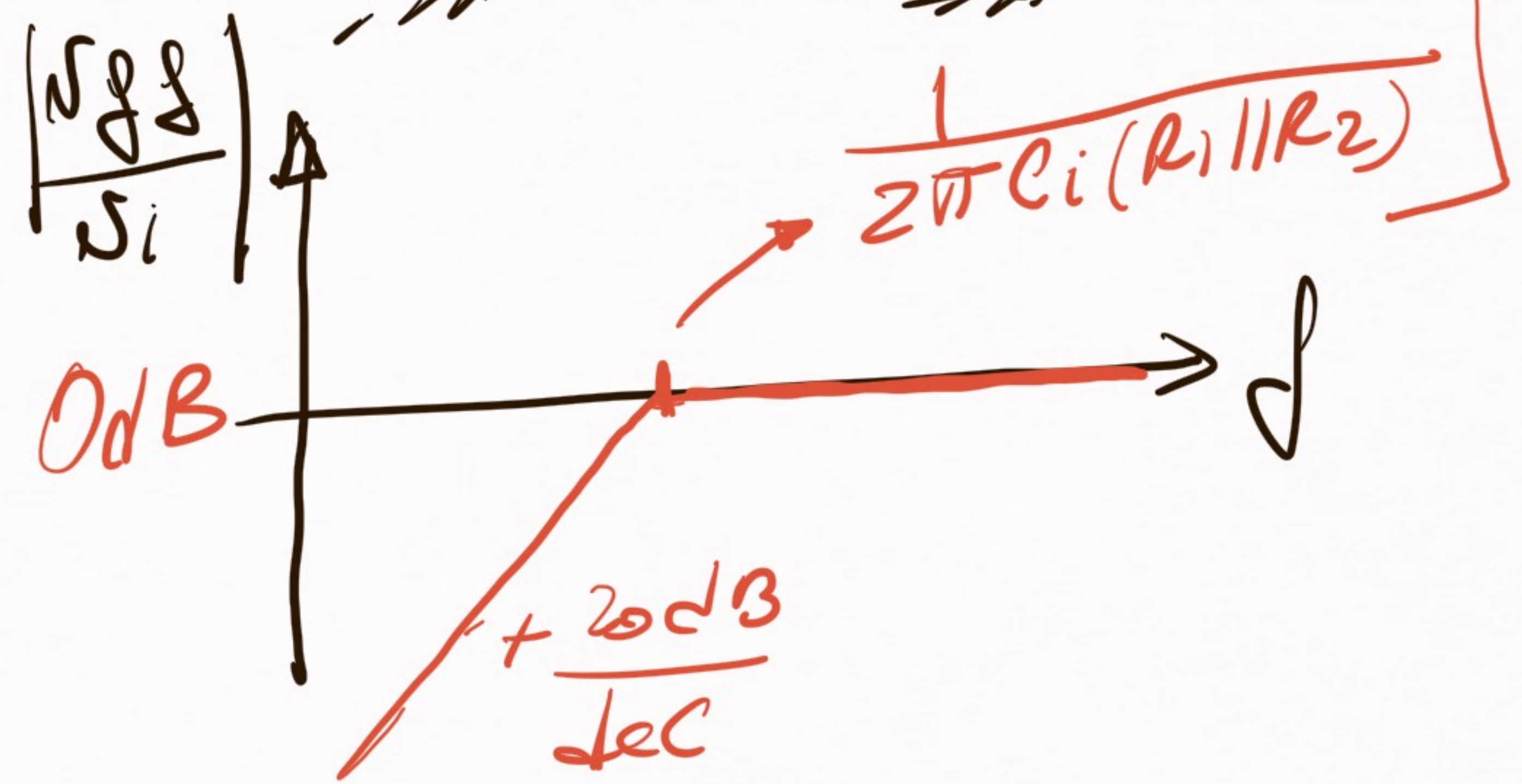
por efecto de C_i y C_s

por efecto de capacidades en términos del transistor (o caps parásitos del montaje).

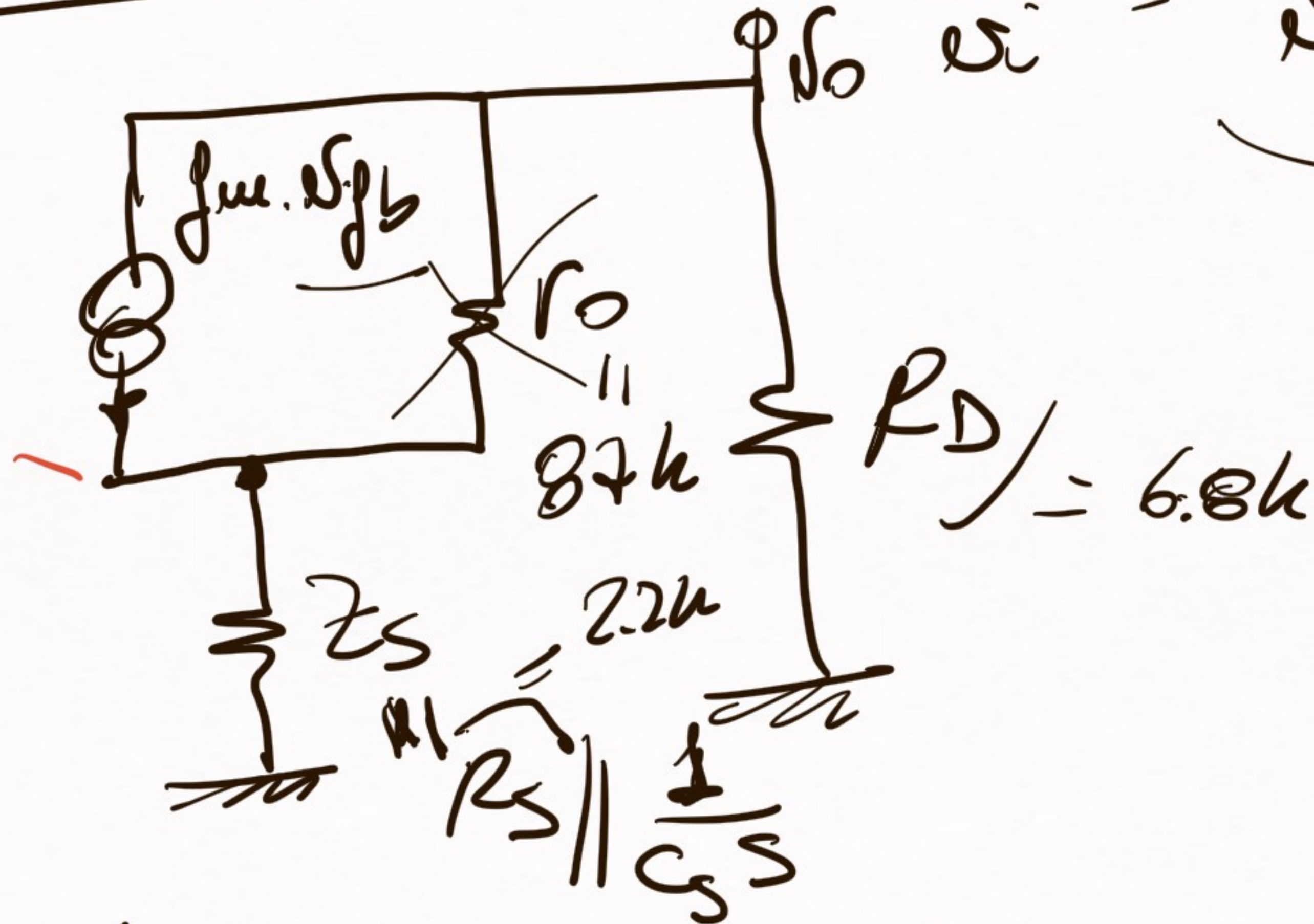
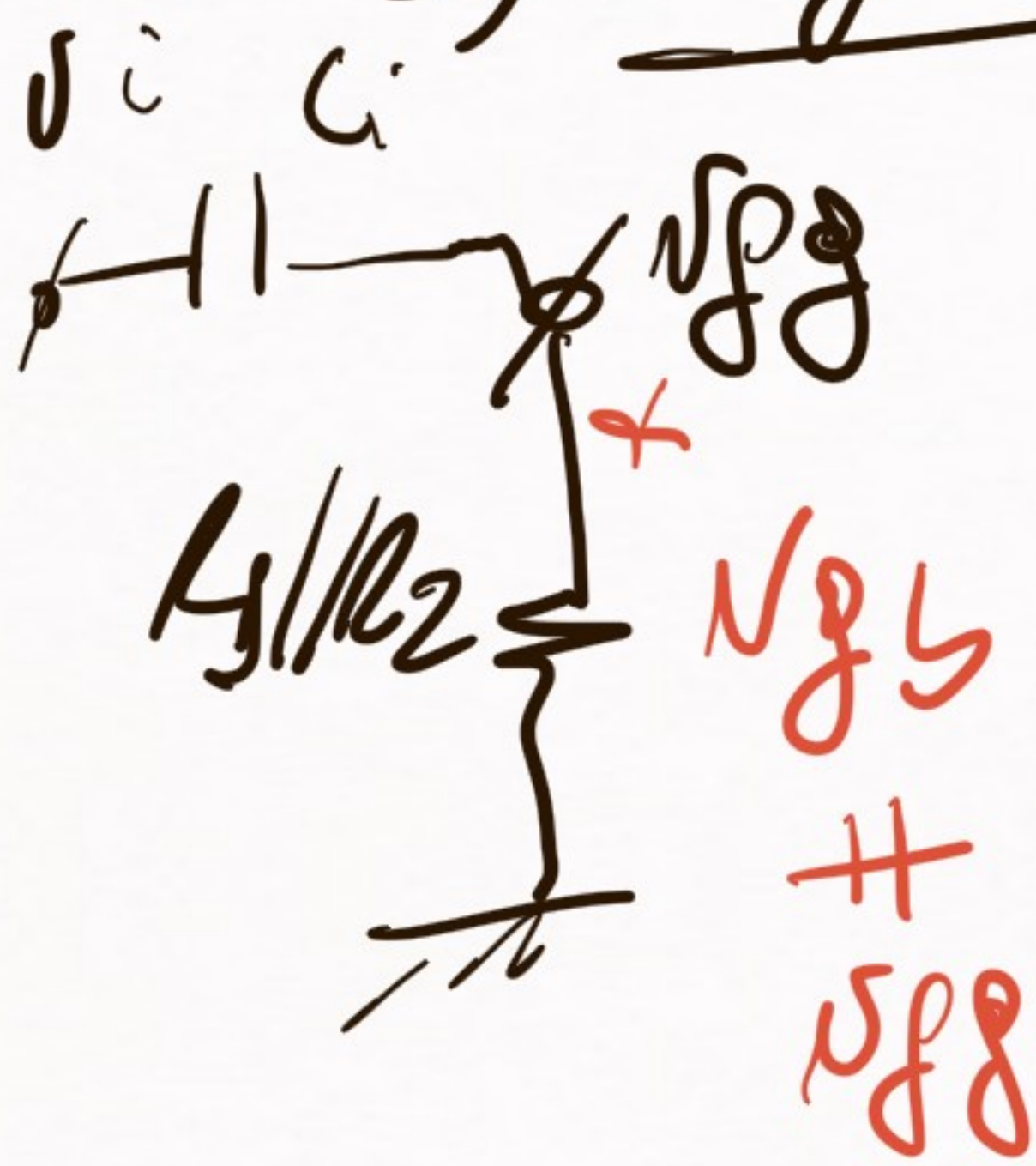
1) Efecto de C_i



$$\frac{v_o}{v_i} = \frac{v_o}{v_{gg}} \cdot \frac{v_{gg}}{v_i}$$



2) Efecto de C_s



$$\frac{v_o}{v_i} = \underbrace{\left(\frac{v_o}{v_{pg}} \right)}_{f(C_s)} \cdot \underbrace{\left(\frac{v_{pg}}{v_i} \right)}_{f(C_i)}$$

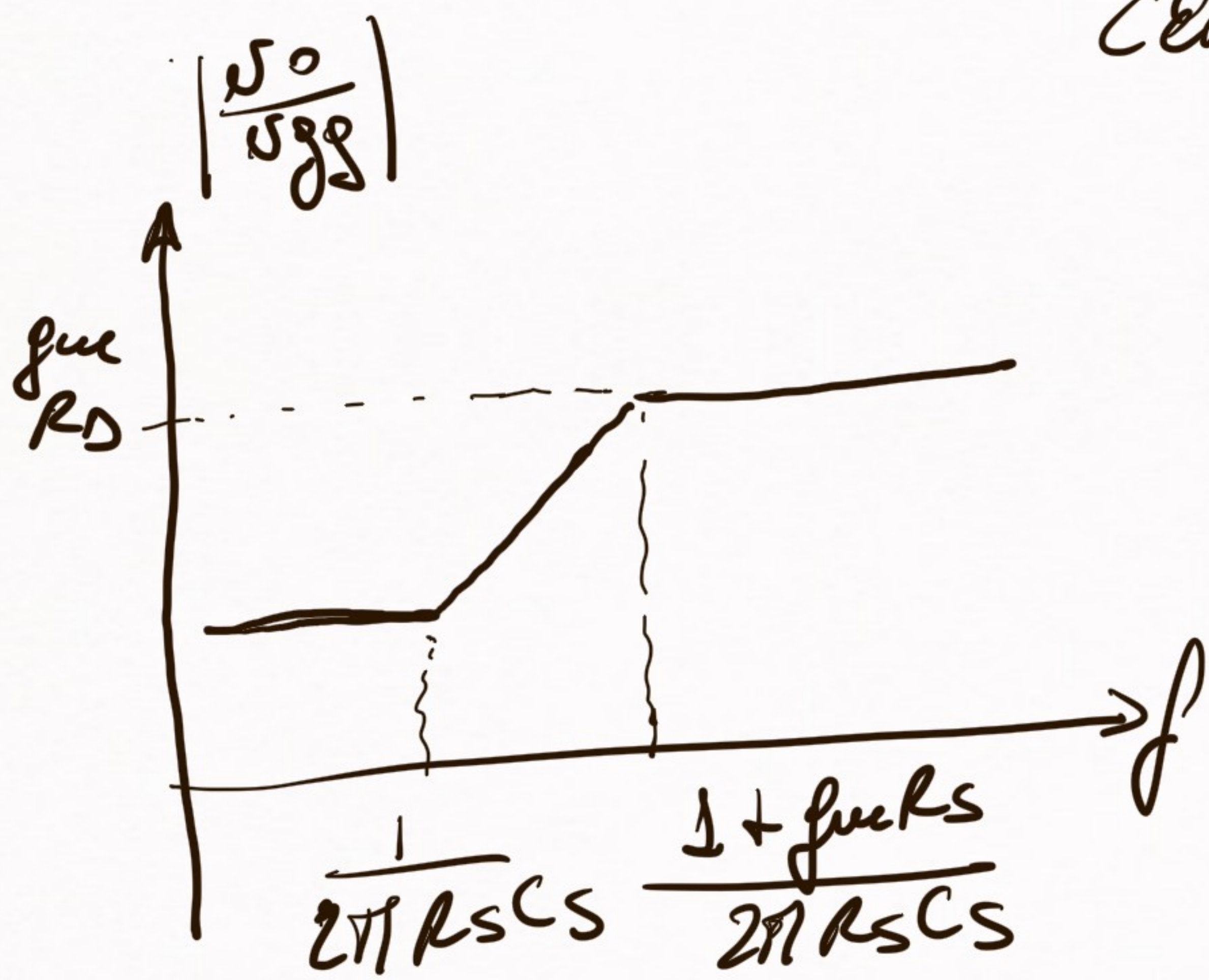
Se puede demostrar que si $r_o \gg R_D, |Z_s|$

\Rightarrow se puede despreciar r_o

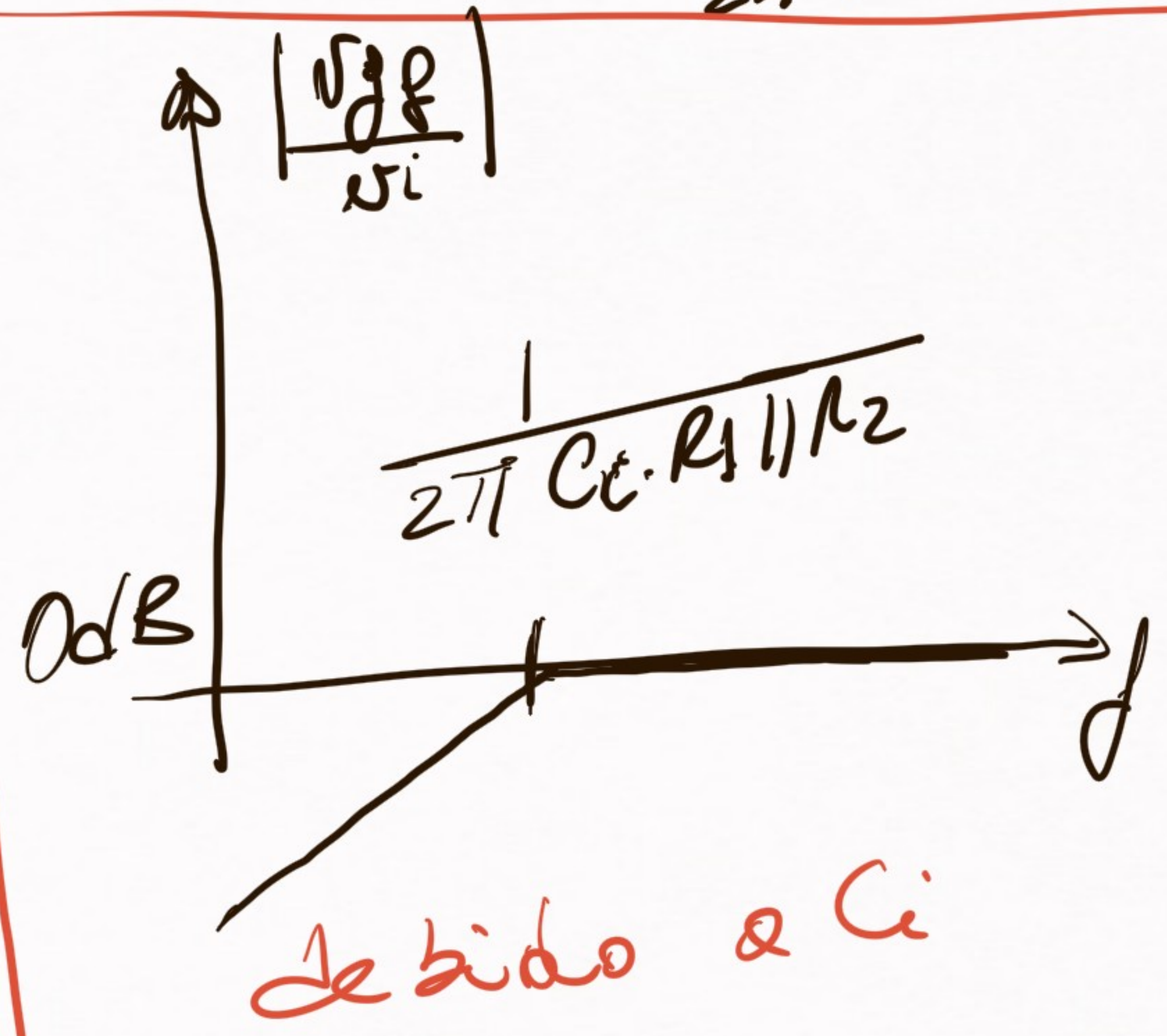
$$\Rightarrow \frac{v_o}{v_{pg}} = \frac{-g_m r_o (1 + s R_s C_s)}{(1 + g_m R_s + s R_s C_s)}$$

$$\frac{V_o}{V_{ff}} = \frac{-\text{func. } R_D (1 + s R_S C_S)}{1 + \text{func. } R_S + s R_S C_S}$$

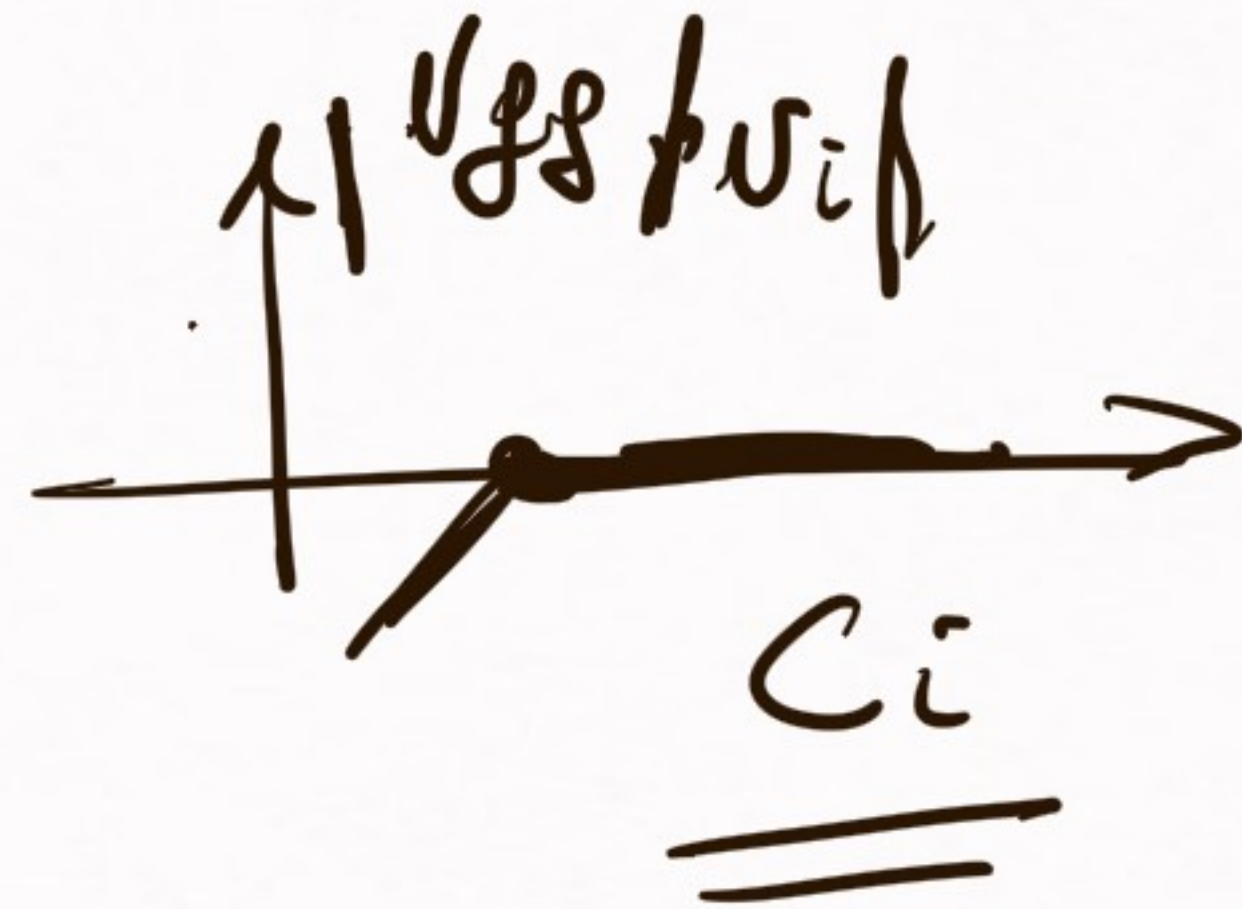
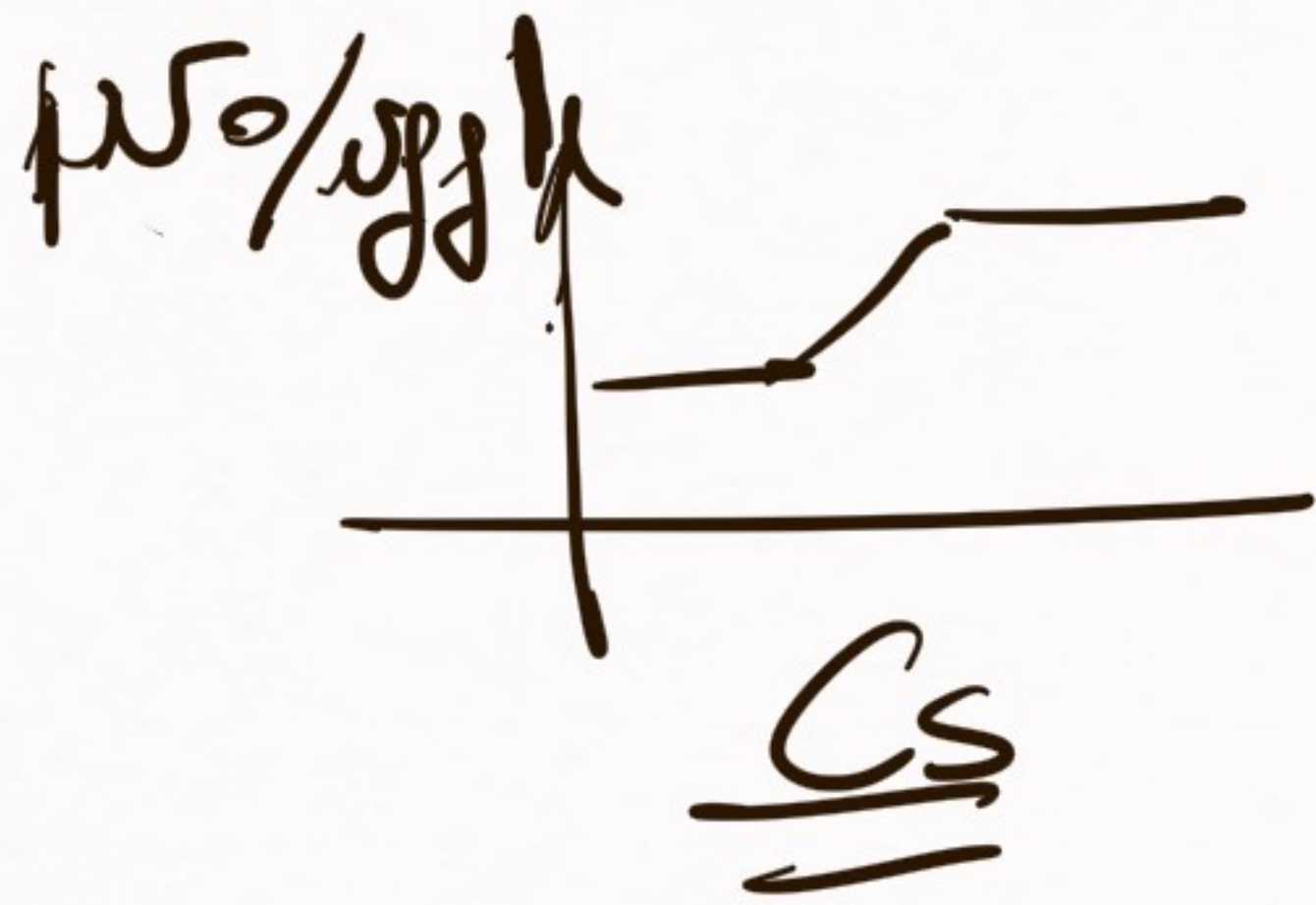
Cero en $\frac{1}{2\pi R_S C_S}$, polo: $\frac{1 + \text{func. } R_S}{2\pi R_S C_S}$



devido a CS

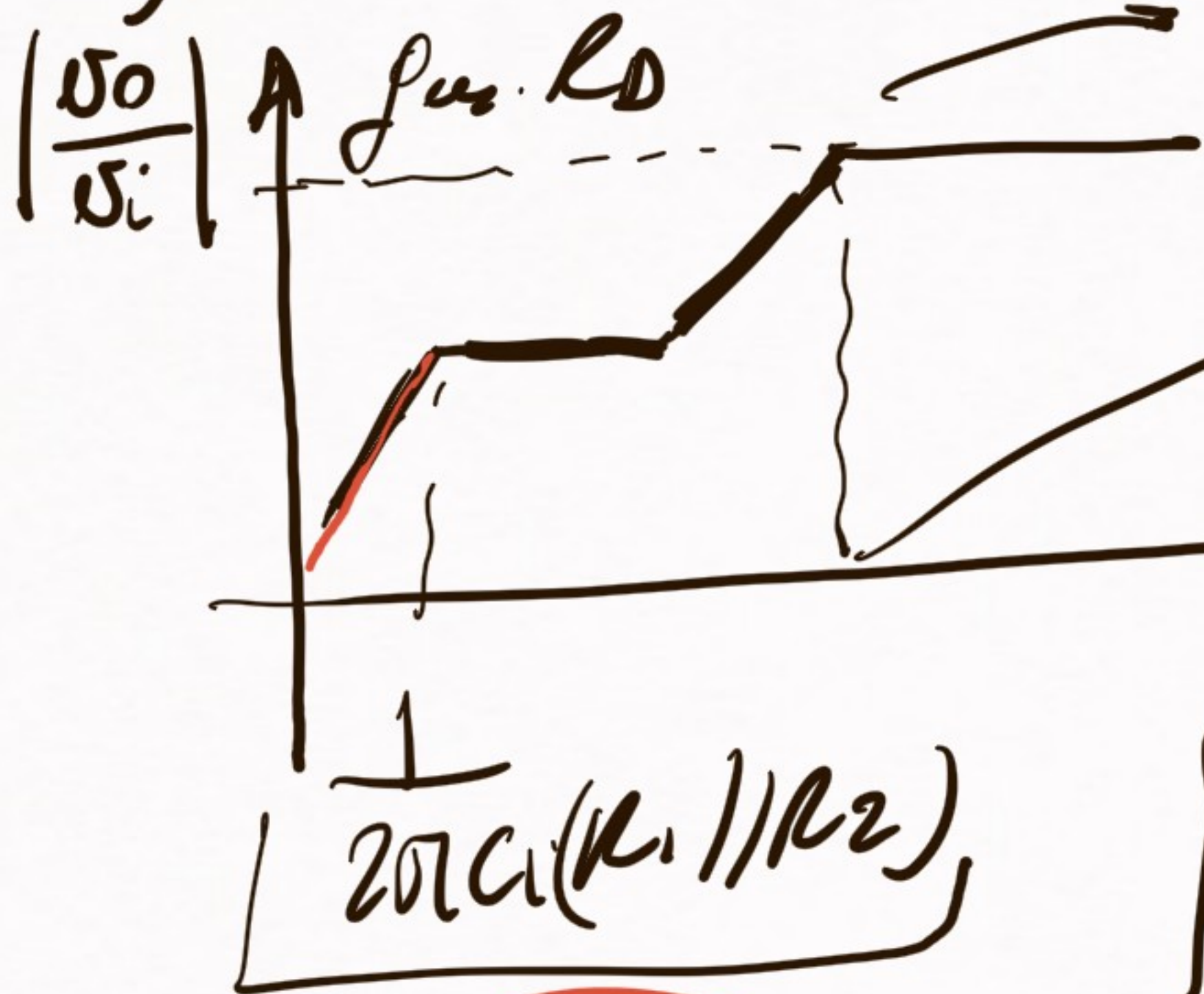


devido a Ci



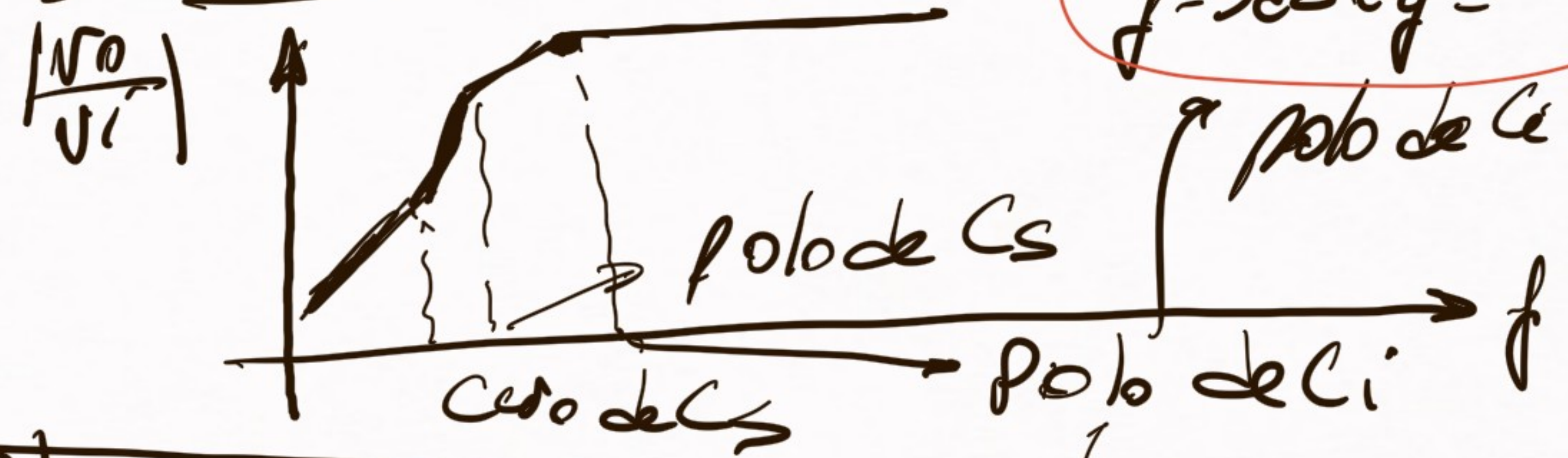
a) polo de C_i a + bajo frecuencia

$$R_S = 2.2k$$



$$f_{-3dB\ inf} = \frac{1 + f_{po} R_S}{2\pi R_S C_S}$$

b) polo de C_S a baja frec.



$$f_{-3dB\ inf} =$$

$$\frac{1}{2\pi C_i R_{i||e}}$$

$$R_{i||e} = 10k || 33k$$

Posible criterio de diseño:

Poner ω + baja frecuencia polo
asociado a la R + fronde \Rightarrow
resulte en condensadores más
chicos.

\hookrightarrow con este criterio \Rightarrow preferible
estrategia a) ω por f_{-3dB} inf. la
determine C_s