

EXAMEN DE ELECTRÓNICA FUNDAMENTAL
14/07/2022

Resolver cada **problema en hojas separadas** y **escribiendo de un solo lado de la hoja**.

Duración de la prueba: 3 horas. En todas las partes se deberá fundamentar claramente la deducción que conduce al resultado para que el mismo sea considerado.

La prueba es **sin** material.

Los puntajes de los problemas se indican sobre un total de 100 puntos.

PROBLEMA 1 (40 puntos)

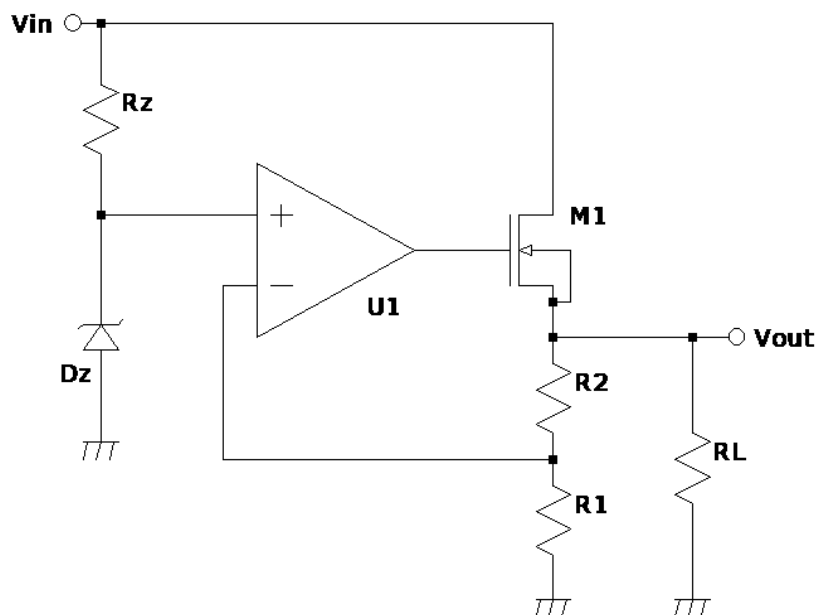
El circuito de la figura es un regulador lineal, que trata de dar una tensión de alimentación fija V_{out} a partir de una tensión de entrada que puede tener variaciones.

- Determinar V_{out} suponiendo que M1 opera en saturación, Dz en zona Zener y el operacional es ideal.
- Determinar que condición debe cumplir V_{in} para que M1 efectivamente opere en saturación.
- Si R_L puede variar entre R_{Lmin} y R_{Lmax} , determinar que debe cumplir la excursión de salida del operacional y el rango de entrada en modo común para que el circuito funcione correctamente.
- Si el operacional tiene tensión de offset V_{offset} , corriente de polarización I_B y corriente de offset I_{offset} , ¿cómo afecta esto en el peor caso al valor de V_{out} ?

Datos:

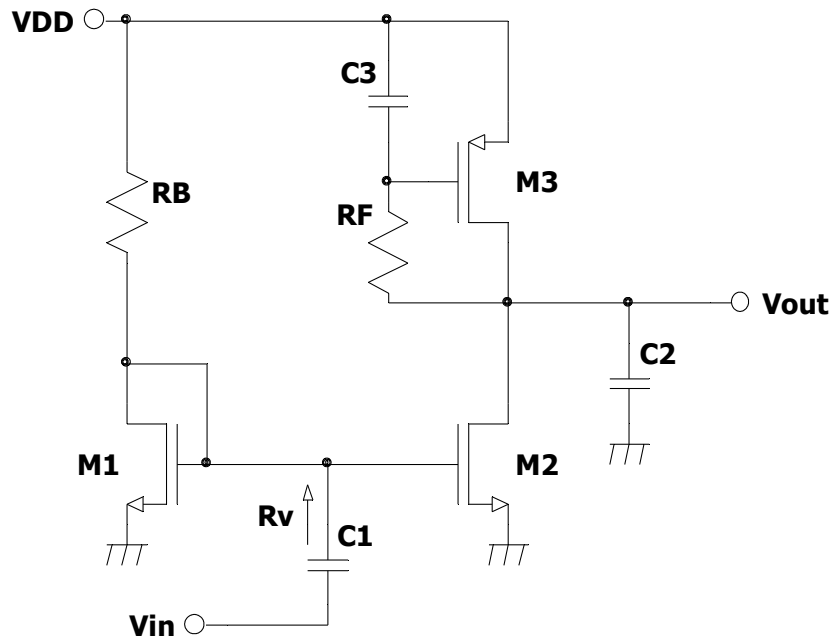
Dz: tensión V_z

M1: Parámetros usuales: β , δ , V_{t0}



PROBLEMA 2 (40 puntos)

Para el amplificador de la figura:



- a) Hallar las corrientes de polarización por todos los transistores
- b) Halle la ganancia en banda pasante $A = v_{out}/v_{in}$
- c) Determine la resistencia vista R_v indicada en el dibujo.
- d) Determine las frecuencias de -3dB que determinan la banda de amplificación

Datos:

$C_1 = 4.7 \mu\text{F}$, $C_2 = 220 \text{ pF}$, C_3 infinito

$R_B = 6.8 \text{ k}\Omega$, $R_F = 47 \text{ k}\Omega$, $V_{DD} = 10 \text{ V}$

M1, M2: $\beta_n = 2.5 \text{ mA/V}^2$, $|V_{t0n}| = 0.9 \text{ V}$, $\delta_n = 0.3$, $V_{An} = 50\text{V}$

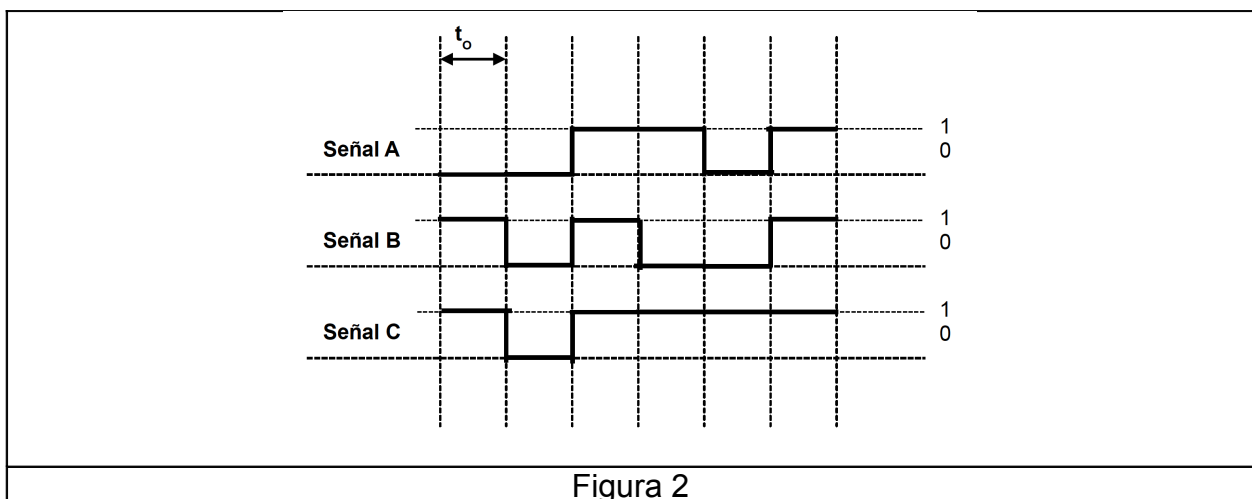
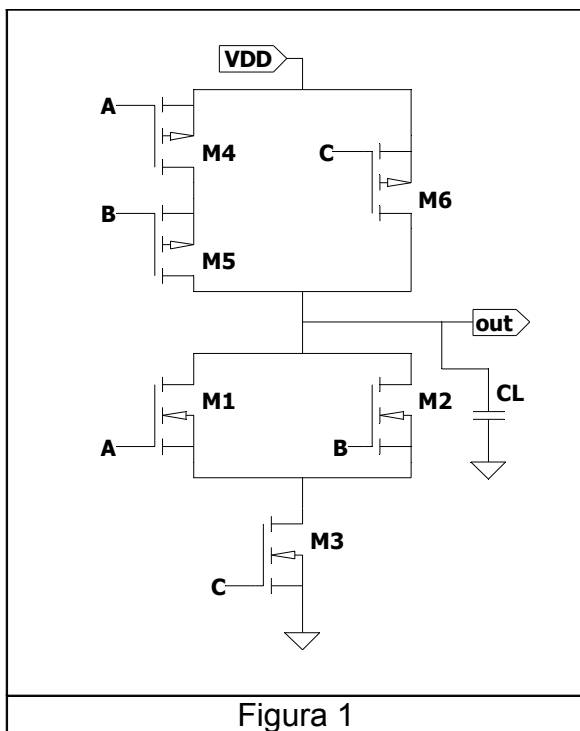
M3: $\beta_p = 2.1 \text{ mA/V}^2$, $|V_{t0p}| = 0.7 \text{ V}$, $\delta_p = 0.3$, $V_{Ap} = 65\text{V}$

PREGUNTA (20 puntos)

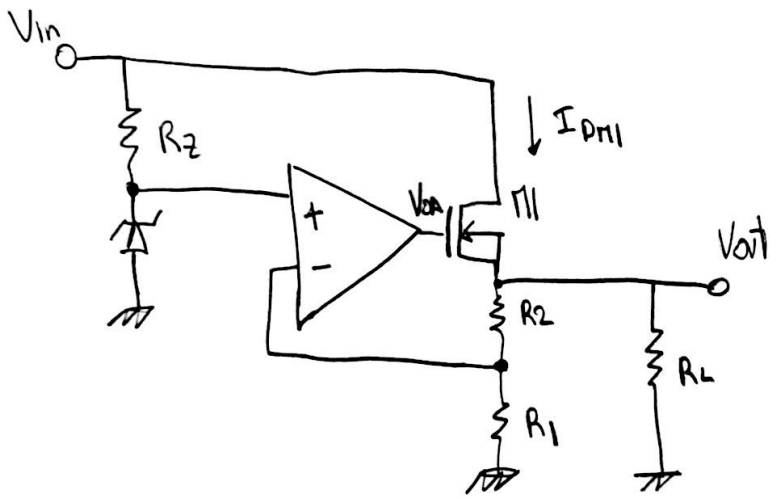
En el circuito de la Figura 1 se muestra la implementación de una función lógica, cuyas tres entradas son A, B y C, y cuya salida es Out.

- a) Halle la tabla de verdad que implementa dicha función.
- b) Asumiendo que las entradas tienen las formas de onda de la Figura 2:
 - b.i. Dibuje la forma de onda de la salida Out
 - b.ii. Asumiendo que la forma de onda de la Figura 2 se repite de forma indefinida, calcule la potencia consumida de la fuente de alimentación VDD. Asuma que el consumo de corriente por camino directo y estático son despreciables.

Justifique todas sus respuestas.



Problem 2 1



$$2) \quad V_{out} \frac{R_1}{R_1 + R_2} = V_Z \Rightarrow$$

$$V_{out} = V_Z \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$b) \quad I_{DMI} = \frac{V_{out}}{R_L \parallel (R_1 + R_2)} \stackrel{(2)}{=} \frac{V_Z}{R_L \parallel (R_1 + R_2)} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \Rightarrow V_p = \frac{2V_Z(1 + R_2/R_1)}{\sqrt{R_L \parallel (R_1 + R_2)} \beta(1+s)}$$

$$I_{DMI} = \frac{\beta}{2(1+s)} (V_{GS} - V_{to})^2 \Rightarrow V_p = \sqrt{\frac{2I_{DMI}}{\beta(1+s)}}$$

$$V_p = \frac{V_{GS} - V_{to}}{1+s}$$

$$V_{GS} > V_p \Rightarrow V_{in} - V_{out} > V_p \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{in} > \sqrt{\frac{2V_Z(1 + R_2/R_1)}{R_L \parallel (R_1 + R_2)} \beta(1+s)} + V_Z \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$c) \quad V_{GS} = \sqrt{\frac{2(1+s)I_{DMI}}{\beta}} + V_{to} \Rightarrow V_{GS}(R_L) = \sqrt{\frac{2(1+s)V_Z(1 + R_2/R_1)}{\beta R_L \parallel (R_1 + R_2)}} + V_{to} + V_Z \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \Rightarrow$$

$$V_{OA} = V_{GS} + V_{out}$$

$$V_{out} = V_Z \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

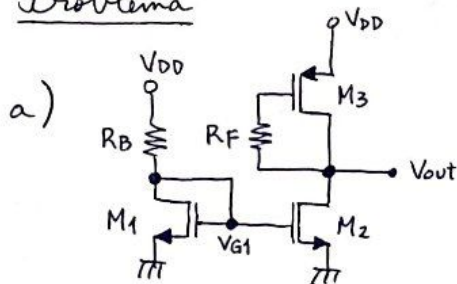
$$I_{DMI} = V_{out} / R_L \parallel (R_1 + R_2) \Rightarrow [V_{OA}(R_{Lmax}), V_{O}(R_{Lmin})] \in OSW$$

$$\bullet \quad V_Z \in ICNR$$

$$d) \quad (V_Z + V_{off}) \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + \left(I_B + \frac{I_{off}}{2} \right) R_2 = V_{out}$$

Examen de Electrónica Fundamental

Problema



asumo M1 saturado

$$\frac{V_{DD} - V_{G1}}{R_B} = I_{D1} = \frac{\beta_n}{2(1+\delta_n)} (V_{G1} - V_{ton})^2$$

$$\Rightarrow \begin{cases} V_{G1} = 2,01 \text{ V} \otimes \\ V_{G1} = -0,36 \text{ V} \otimes \end{cases} \begin{matrix} * \text{ No corte de } M1: \\ V_{G1} > V_{ton} = 0,9 \text{ V} \end{matrix}$$

* No zona lineal de M1: trivial porque $V_{DB} = V_{GB}$ (conectado como diodo)

$$\Rightarrow \boxed{I_{D1} = 1,18 \text{ mA}}$$

Asumo M2 saturado:

$$\rightarrow I_{D2} = \frac{\beta_n}{2(1+\delta_n)} (V_{G1} - V_{ton})^2 = I_{D1} \Rightarrow \boxed{I_{D2} = 1,18 \text{ mA}}$$

No circula corriente por el gate de M3 $\Rightarrow I_{D3} = I_{D2} \Rightarrow \boxed{I_{D3} = 1,18 \text{ mA}}$

Asumo M3 saturado:

$$\Rightarrow I_{D3} = \frac{\beta_p}{2(1+\delta_p)} (V_{DD} - V_{out} - |V_{top}|)^2 \Rightarrow V_{out} = V_{DD} - |V_{top}| \pm \sqrt{\frac{2 I_{D3} (1+\delta_p)}{\beta_p}}$$

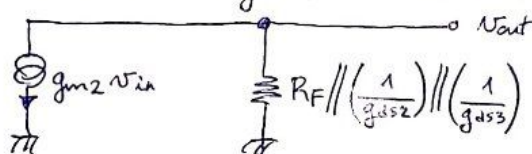
* No corte de M3: $V_{DD} - V_{out} > |V_{top}| \Rightarrow V_{out} < V_{DD} - |V_{top}|$

$$\Rightarrow \boxed{V_{out} = 8,09 \text{ V}}$$

* No zona lineal de M3: trivial porque $V_{DD} = V_{BG}$ (es como si estuviera conectado como diodo)

* No zona lineal de M2: $\begin{cases} V_{DB2} = V_{out} = 8,09 \text{ V} \\ V_{P2} = \frac{V_{G1} - V_{ton}}{1+\delta_n} = 0,85 \text{ V} \end{cases} \Rightarrow V_{DB2} > V_{P2} \checkmark$

b) Con banda pasante, $C_1 \equiv$ cortocircuitos y $C_2 \equiv$ circuitos abiertos.



$$R_{eq} = R_F \parallel \left(\frac{1}{g_{ds2}} \right) \parallel \left(\frac{1}{g_{ds3}} \right)$$

$$\begin{cases} \frac{1}{g_{ds2}} = \frac{V_{An}}{I_{D2}} = 42,5 \text{ k}\Omega \\ \frac{1}{g_{ds3}} = \frac{V_{Ap}}{I_{D3}} = 55,3 \text{ k}\Omega \end{cases}$$

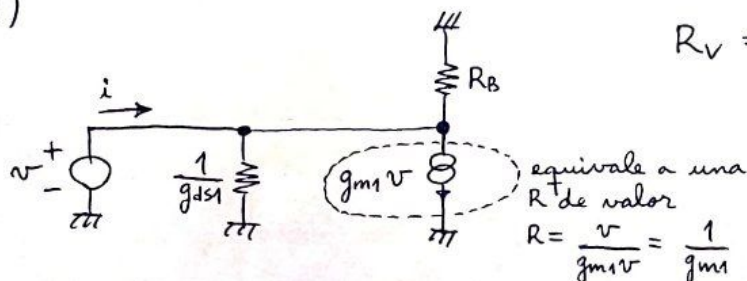
$\left(\frac{1}{g_{ds2}} \right)$ y $\left(\frac{1}{g_{ds3}} \right)$ no son despreciables frente a R_F

$$\Rightarrow R_{eq} = (47 \text{ k}\Omega) \parallel (42,5 \text{ k}\Omega) \parallel (55,3 \text{ k}\Omega) = 15,9 \text{ k}\Omega$$

$$A = \frac{v_{out}}{v_{in}} = -g_{m2} R_{eq} \Rightarrow \boxed{A = -33,8 \text{ V/V}}$$

$$g_{m2} = \sqrt{\frac{2 I_{D2} \beta_n}{1+\delta_n}} = 2,13 \text{ mS}$$

c)



$$R_v = R_B \parallel \left(\frac{1}{g_{m1}} \right) \parallel \left(\frac{1}{g_{ds1}} \right)$$

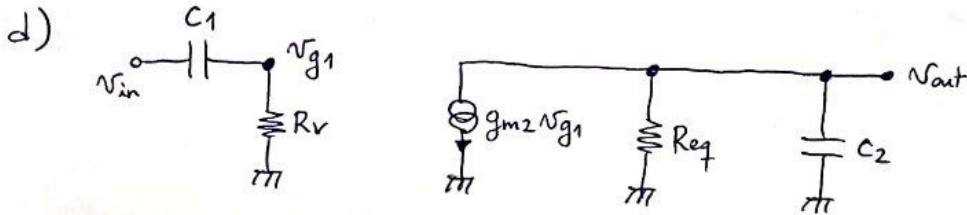
$$g_{m1} = \sqrt{\frac{2 I_{D1} \beta_n}{1+\delta_n}} = 2,13 \text{ mS}$$

$$g_{ds1} = \frac{I_{D1}}{V_{An}} = 23,5 \mu\text{S}$$

$$\Rightarrow \boxed{R_v = 435 \Omega}$$

Examen de Electrónica Fundamental

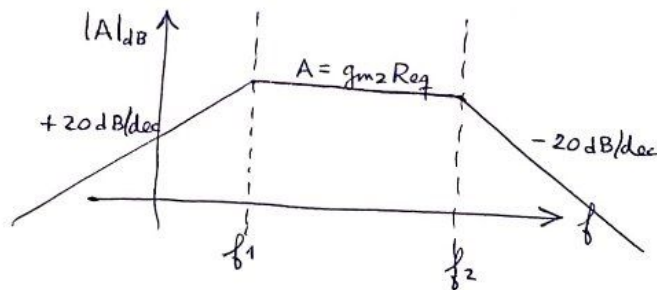
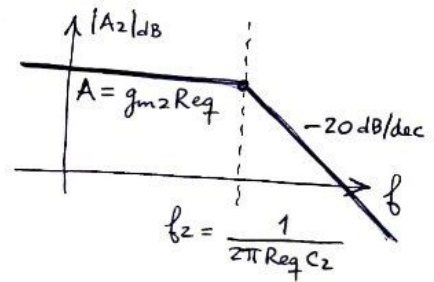
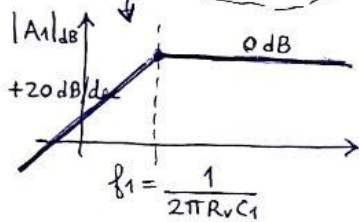
Problema (continuación)



$$A = \frac{v_{out}}{v_{in}} = \left(\frac{v_{g1}}{v_{in}} \right) \left(\frac{v_{out}}{v_{g1}} \right)$$

$$A = \left(\frac{s R_v C_1}{1 + s R_v C_1} \right) \cdot \left(-g_{m2} \left(R_{eq} \parallel \left(\frac{1}{s C_2} \right) \right) \right)$$

$$A = \left(\frac{s R_v C_1}{1 + s R_v C_1} \right) \cdot \left(\frac{-g_{m2}}{\frac{1}{R_{eq}} + s C_2} \right)$$



$$f_1 = \frac{1}{2\pi R_v C_1} = 78 \text{ Hz}$$

$$f_2 = \frac{1}{2\pi R_{eq} C_2} = 45,5 \text{ kHz}$$