

EXAMEN DE ELECTRONICA 1
17/12/18

Resolver cada problema en hojas separadas.

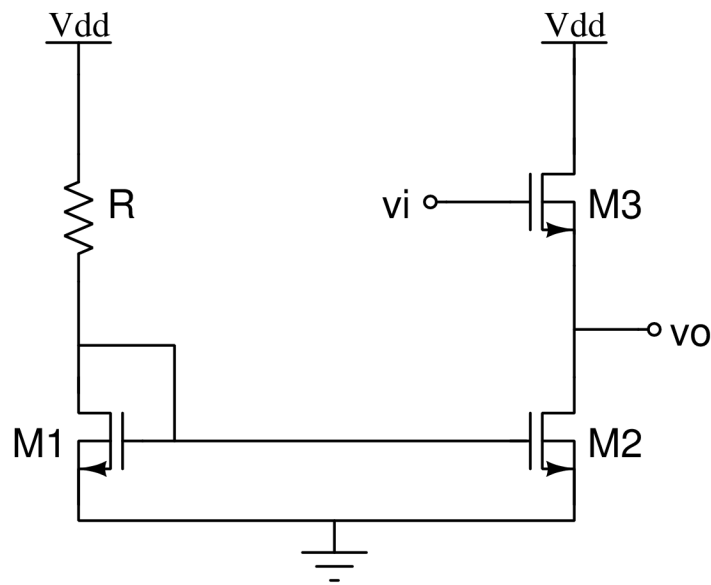
Duración de la prueba: 3 horas 30 minutos.

La prueba es **sin** material.

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

PROBLEMA 1 (40 puntos)

En el circuito de la Figura



Figura

a) Asumiendo que la tensión en v_i es tal que todos los transistores operan en saturación, determinar

i) La corriente continua de drain por todos los transistores.

ii) La ganancia v_o/v_i .

b) Determinar en que rango puede variar la tensión continua en v_i para que se cumpla la hipótesis considerada en a).

c) Si el nivel de continua en v_i es $V_{dd}/2$, determinar la máxima amplitud de pico en v_i de modo que el circuito funcione de acuerdo a lo calculado en a)

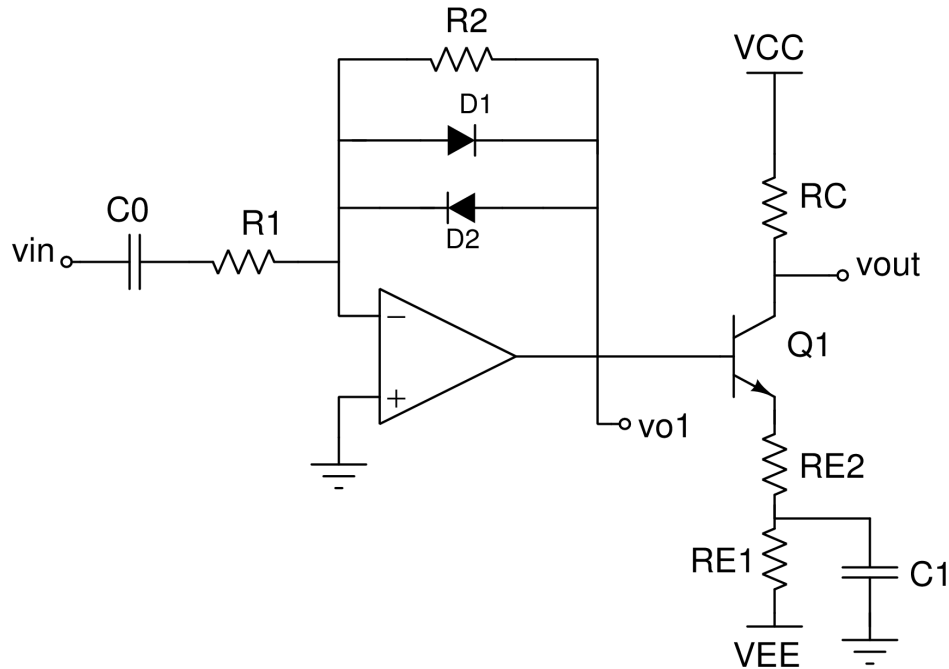
d) ¿Cómo cambia el resultado de a) si todos los transistores tienen su sustrato conectado a tierra ?

Datos: $\beta = 1\text{mA/V}^2$, $V_{t0} = 1\text{V}$, $\delta = 0.3$, $V_A = 50\text{V}$, $R = 7\text{k}$, $V_{dd} = 9\text{V}$.

PROBLEMA 2 (40 puntos)

El circuito Figura es un bloque distorsionador de señales de audio.

En todo el problema se considerará que en v_{in} se tiene una señal sinusoidal. El amplificador operacional se considerará ideal salvo donde se indique lo contrario.



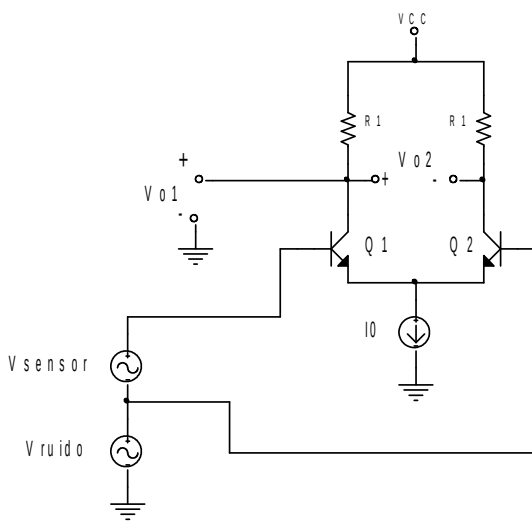
Figura

Datos: D1 y D2 tienen tensión umbral $V_{\gamma}=0.7V$.
 $R1=4k$, $R2=20k$, $RE1=8.2k$, $RE2= 1.5k$, $RC=2.5k$, $C0$ y $C1$ infinito,
 $V_{BE}=V_{\gamma}$, $V_{CESAT} = 0.35V$, $VCC=10V$, $VEE=-10V$.

- (a) Dibuje v_{o1} cuando la amplitud de pico en v_{in} es $V_p= 100\text{ mV}$ y 500mV .
- (b) Determinar cuál es el máximo valor de RC tal que la etapa implementada por $Q1$ amplifique sin distorsionar la señal que se tiene en v_{o1} .
- (c) Si se cuenta con señales v_{in} en un rango de amplitudes de pico $V_p= [100\text{m}, 500\text{mV}]$ y frecuencias $f_{in}=[20\text{Hz}, 20\text{kHz}]$ y se desea que la salida sea como la hallada considerando el amplificador operacional ideal y $C0$ infinito, indicar qué condición deben cumplir
- i) $C0$
 - ii) El Slew Rate del amplificador operacional
 - iii) La excursión de salida del amplificador operacional

PREGUNTA (20 puntos)

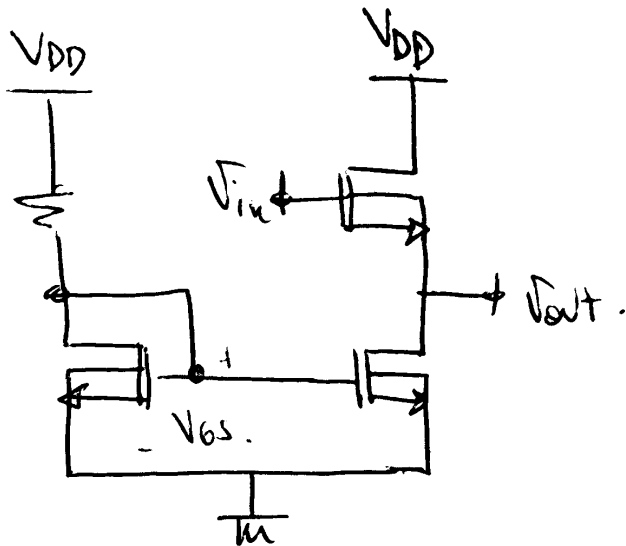
El par diferencial de la Figura amplifica la señal de salida de un sensor representada por V_{sensor} . Entre la tierra del par diferencial y la tierra del sensor hay un ruido representado en la Figura como V_{ruido} . Para evitar amplificar la señal de ruido se utiliza la configuración que se muestra. Se desea analizar la influencia del apareo de los transistores $Q1$ y $Q2$ y de la resistencia de salida R_{out} de la fuente de corriente I_0 en la anulación de la señal de ruido. La salida del par diferencial se puede ver en forma "single-ended" en V_{o1} o en forma diferencial en V_{o2} . Indique en las dos tablas que se muestran los casos en que la señal de ruido es anulada (con un "SI") y los casos en que no lo es (con un "NO"). Fundamente claramente sus respuestas (de completarse solamente las tablas sin fundamentación el problema no tendrá valor). Se supondrá que la tensión de Early de $Q1$ y $Q2$ es ∞ .



Figura

V_{o1}	$Q1 \equiv Q2$	$Q1 \neq Q2$
I0 ideal ($R_{out} = \infty$)		
I0 real ($R_{out} \neq \infty$)		
V_{o2}	$Q1 \equiv Q2$	$Q1 \neq Q2$
I0 ideal ($R_{out} = \infty$)		
I0 real ($R_{out} \neq \infty$)		

Problema 1



$$\beta = 1 \text{ mA/V}^2$$

$$V_{to} = 1 \text{ V}$$

$$\delta = 0.3$$

$$V_A = 50 \text{ V}$$

$$R = 7 \text{ k}$$

$$V_{DD} = 9 \text{ V}$$

(a) (i): $V_{DD} = R I_D + V_{GS} \Rightarrow V_{GS} = V_{DD} - R I_D$

$$I_D = \frac{\beta}{2(1+\delta)} (V_{GS} - V_{to})^2 \rightarrow \downarrow$$

$$I_D = \frac{\beta}{2(1+\delta)} (V_{DD} - R I_D - V_{to})^2$$

\Rightarrow Resuelvo en I_D

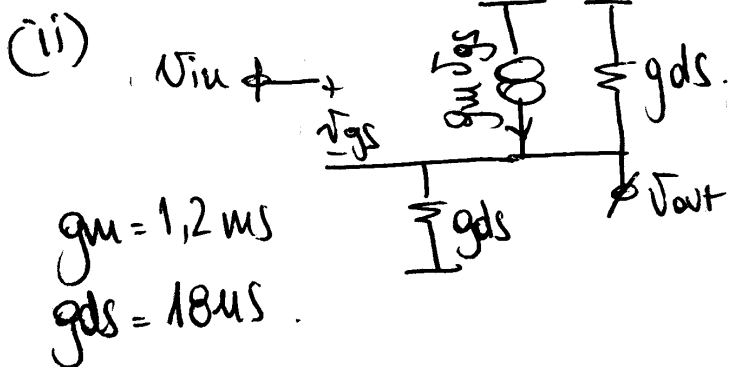
$$I_D^2 R^2 - (2(V_{DD} - V_{to})R + \frac{2(1+\delta)}{\beta}) I_D + (V_{DD} - V_{to})^2 = 0$$

$$\rightarrow I_{D1} = 1,42 \text{ mA}$$

$$\rightarrow I_{D2} = 9,22 \mu\text{A}$$

$$V_{GS1} = V_{DD} - R I_{D1} = -0,94 \text{ mV} \quad \text{X}$$

$$V_{GS2} = V_{DD} - R I_{D2} = 2,55 \text{ V} \quad \text{OK!}$$



$$g_m = 1,2 \text{ mS}$$

$$g_{ds} = 18 \mu\text{S}$$

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{g_m}{g_m + 2g_{ds}}$$

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = 0,97 \text{ V/V}$$

≈ 1 : Seguidor

(b) (i) $v_{inmax} - V_{GS} + V_{DSSAT} < V_{DD} \Rightarrow v_{inmax} = 10.36V$

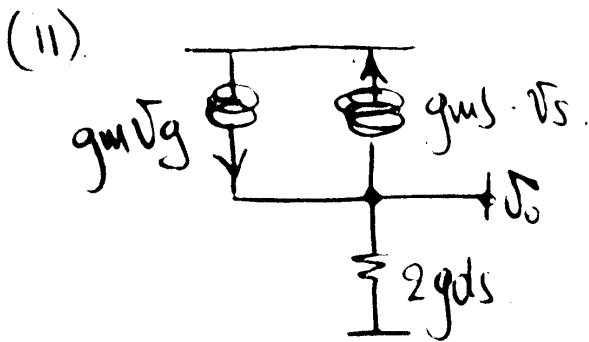
$V_{GS} = 2.55V$

$V_{DSSAT} = 1.19V$

(ii) $v_{inmin} - V_{GS} > V_{DSSAT} \Rightarrow v_{inmin} = 3.74V$

(c) $v_{upmax} = \min \left\{ \begin{array}{l} v_{inmax} - V_{DD}/2 \\ \frac{V_{DD}}{2} - v_{inmin} \end{array} \right\} = \frac{V_{DD}}{2} - v_{inmin} \Rightarrow v_{upmax} = 0.76V$

(d) (i) la corriente permanece invariante $\hookrightarrow I_D = 922\mu A$



Resuelvo nudo v_i
 $\Rightarrow 2g_{ds} \cdot v_o = g_m v_g - (1+\beta) g_m v_s$

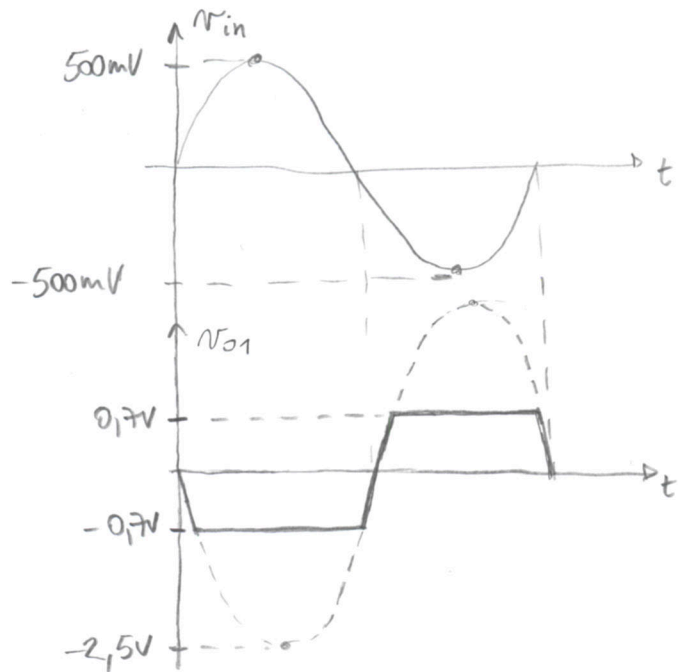
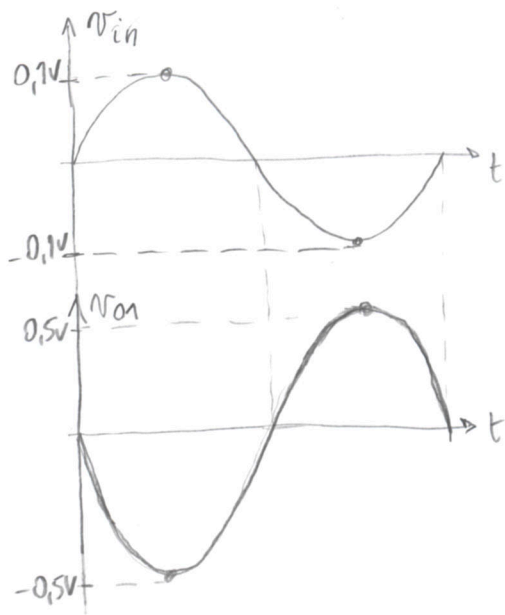
$\Rightarrow \frac{v_o}{v_i} = \frac{g_m}{(1+\beta) g_m + 2g_{ds}}$

$\Rightarrow \frac{v_o}{v_i} = 0.77 V/V$

2) a) Si diodos apagados \Rightarrow
$$\left[\begin{array}{l} v_{o1} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot v_{in} = -5v_{in} \\ -v_{o1} < V_g \\ v_{o1} < V_g \end{array} \right] \Rightarrow -\frac{V_g}{5} < v_{in} < \frac{V_g}{5}$$

$\Rightarrow -140\text{mV} < v_{in} < 140\text{mV}$

$$\begin{cases} v_{o1} = -5v_{in}, & \text{si } -140\text{mV} < v_{in} < 140\text{mV} \\ v_{o1} = V_g = 700\text{mV}, & \text{si } v_{in} < -140\text{mV} \quad (v_{o1} > 140\text{mV}) \\ v_{o1} = -V_g = -700\text{mV}, & \text{si } v_{in} > 140\text{mV} \quad (v_{o1} < -140\text{mV}) \end{cases}$$



$$b) \text{ No corte } Q1: i) V_{CC} - \left(V_C - \frac{R_C}{R_{E2}} \cdot \hat{v}_{o1} \right) > 0 \Rightarrow V_{CC} - \left(V_{CC} - R_C I_C + \frac{R_C}{R_{E2}} \hat{v}_{o1} \right) > 0$$

$$\Rightarrow \hat{v}_{o1} < I_C R_{E2} \text{ con } I_C = \frac{V_E - V_{EE}}{R_{E1} + R_{E2}} = \frac{9,3V}{9,7k\Omega} = 0,96mA \Rightarrow$$

$$V_E = V_{o1} - V_{BE} = -0,7V$$

$$\Rightarrow \hat{v}_{o1} < 0,96mA \times 1,5k\Omega = 1,4V \Rightarrow \boxed{\hat{v}_{o1} < 1,4V}$$

$$ii) V_E - \hat{v}_{o1} - V_{EE} > 0 \Rightarrow \boxed{\hat{v}_{o1} < 9,3V}$$

$$\text{No saturación } Q1: \left. \begin{aligned} V_C - \frac{R_C}{R_{E2}} \cdot \hat{v}_{o1} - V_{CESat} - \hat{v}_{o1} - V_E > 0 \\ \text{con } V_C = V_{CC} - R_C I_C, V_E = -V_{BEON} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{CC} - R_C I_C - \frac{R_C}{R_{E2}} \cdot \hat{v}_{o1} - V_{CESat} - \hat{v}_{o1} + V_{BEON} > 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_C < \frac{V_{CC} - V_{CESat} + V_{BEON} - \hat{v}_{o1}}{I_C + \frac{\hat{v}_{o1}}{R_{E2}}} \Rightarrow \boxed{R_C < 6,8k\Omega}$$

máximo $\hat{v}_{o1} = 700mV$

$$d) i) R_1 C_o 2\pi f \gg 1 \text{ si } C_o \gg \frac{1}{2\pi f R_1} \Rightarrow C_o \gg \frac{1}{2\pi \times 20kHz \times 4k\Omega} \Rightarrow \boxed{C_o \gg 2,0\mu F}$$

$$ii) S_R = \left(\frac{\partial v_{o1}}{\partial t} \right)_{\max} = \hat{v}_{in \max} \times 2\pi f^{\max} \times \frac{5V}{V} = 500mV \times 2\pi \times 20kHz \times \frac{5V}{V} = 314 V/ms$$

$$\boxed{S_R = 314 V/ms}$$

$$iii) \hat{v}_{in} \text{ en el rango } [100mV, 500mV] \Rightarrow \boxed{OSW = [-700mV, 700mV]}$$