

EXAMEN DE ELECTRONICA 1
06/02/17

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 (41 puntos)

El circuito de la Figura 1 es un circuito astable.

Se supondrá:

- * el amplificador operacional ideal
- * las tensiones en el circuito son tales que T1 y T2 nunca saturan.
- * los diodos Zener DZ1 y DZ2 tienen la característica mostrada en la Figura 2 y R2 es tal que al menos uno de los diodos Zener opera en zona Zener.
- * $VCC > (Vz + V\gamma)$

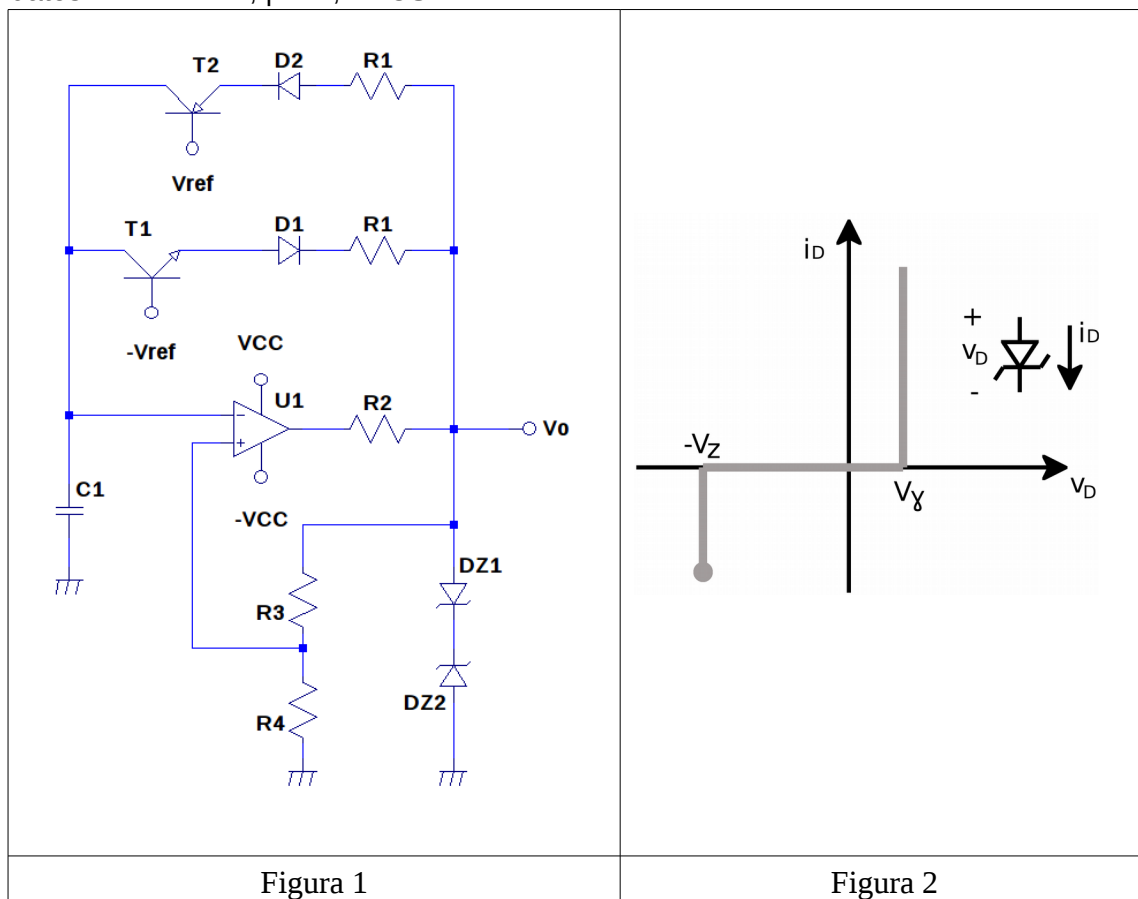
- a) Considerar que los parámetros del circuito son tales para que el circuito opere como un astable. En ese caso graficar, indicando tiempos y amplitudes en función de los datos del problema, la tensión V_o y la tensión en C1 (V_{C1}). ¿Cuál es la frecuencia de la onda generada por el astable?
- b) ¿Qué debe cumplir V_{ref} para que el circuito opere como se indica en la parte a)?
- c) Si los diodos Zener son tales que para operar correctamente en zona Zener deben tener una corriente mínima I_{zmin} y toleran una potencia máxima P_{zmax} ¿ qué debe cumplir R2 para que se cumpla la hipótesis de que al menos uno de los diodos Zener opera correctamente en zona Zener?

Datos:

D1, D2: tensión directa $V\gamma$.

T1: datos: V_{BE} , $\beta \gg 1$, V_{CESAT}

T2: datos: $V_{EB} = V_{BE}$, $\beta \gg 1$, V_{ECSAT}



PROBLEMA 2 (41 puntos)

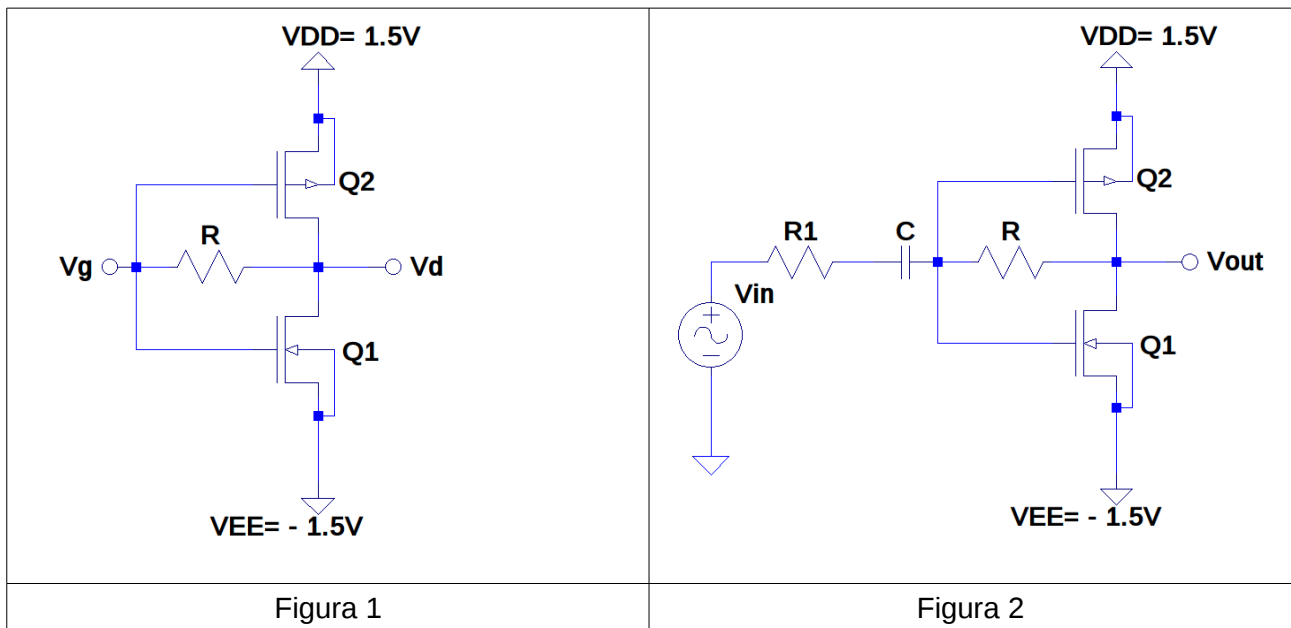
Para el circuito de la Figura 1 se pide:

- a) Calcular las corrientes de polarización de drain de Q1 y Q2.
- b) Calcular la ganancia V_d/V_g
- c) Calcular la resistencia de entrada

En la entrada del circuito de la Figura 1 se agrega una fuente V_{in} proveniente de un sensor según figura 2.

- d) Calcular la ganancia V_{out}/V_{in} a frecuencias medias
- e) Calcular la máxima excursión del circuito de la Figura 2.

Datos transistores Q1 y Q2: $\beta_1=\beta_2=1\text{mA/V}^2$, $\delta=0$, $V_A=20\text{V}$, $V_{t0n} = -V_{t0p} = 0.5\text{V}$
 $R=2\text{M}\Omega$, $R_1=100\text{k}\Omega$, $C = \infty$



PREGUNTA (18 puntos)

Completar la siguiente tabla que indica en una juntura p-n como varían el ancho de la zona de deplexión (W_{depl}) y la capacidad de deplexión (C_{depl}) al aumentar N_A , N_D , V_R , siendo N_A concentración de impurezas aceptoras, N_D concentración de impurezas donadoras, V_R valor absoluto de la tensión inversa aplicada. Indicar en cada caso si la magnitud considerada aumenta, disminuye o es independiente de la variable considerada.

En el caso de las variaciones de W_{depl} y C_{depl} con N_A justificar claramente el porqué de las variaciones indicadas.

	N_A	N_D	V_R
W_{depl}			
C_{depl}			

$$\begin{cases} \beta_P = \beta_N \\ V_{top} = V_{ton} \end{cases}$$

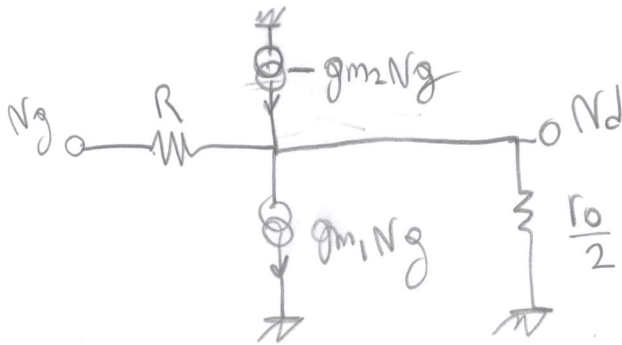
$$I_{D2} = \frac{\beta_P}{2} (V_{SGP} - V_{top})^2 = \frac{\beta_N}{2} (V_{GSN} - V_{ton})^2 = I_{D1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{SGP} = V_{GSN} \Rightarrow V_{DD} - V_G = V_G - (-V_{DD}) \Rightarrow \boxed{V_G = 0}$$

$$I_{D1} = I_{D2} = \frac{\beta_N}{2} (V_{GSN} - V_{ton})^2 = 500 \mu A$$

$$\boxed{V_D = 0}$$

(b)



$$g_{m1} = g_{m2} = \sqrt{2 I_D \beta} = 1 \text{ mS}$$

$$r_o = \frac{V_A}{I_D} = 40 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{N_g - N_d}{R} - g_{m1} N_g = g_{m2} N_g + \frac{2 N_d}{r_o} \Rightarrow \frac{N_d}{N_g} = \frac{\frac{1}{R} - 2 g_m}{\frac{2}{r_o} + \frac{1}{R}}$$

$$\frac{2}{r_o} \gg \frac{1}{R}, \quad \frac{1}{R} \ll 2 g_m \Rightarrow \frac{N_d}{N_g} = -g_m r_o = -40\%$$

(c)

$$i_{in} = \frac{N_g - N_d}{R} = \frac{N_g (1 + g_m r_o)}{R} \Rightarrow r_{in} = \frac{N_g}{i_{in}} = \frac{R}{1 + g_m r_o} \approx 48,8 \text{ k}\Omega$$

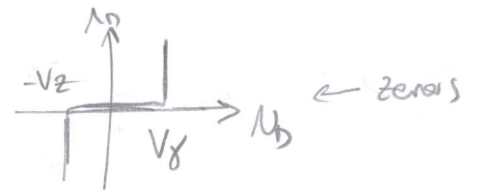
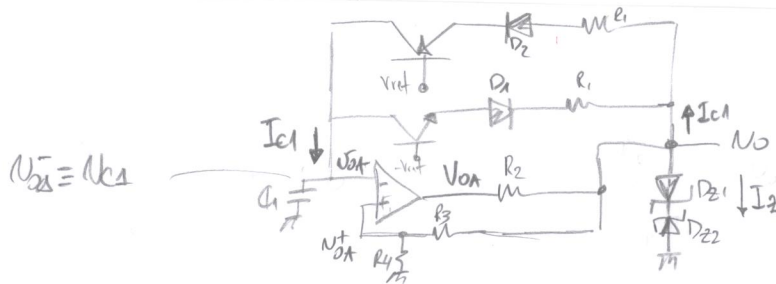
(d)

$$G = \frac{r_{in}}{r_{in} + R_1} \cdot (-g_m r_o) \approx -13 \text{ V/V}$$

(e)

$$\left. \begin{aligned} V_{DSSetN} = V_{DSSetP} = V_{DD} - V_t \\ V_{out} \in \{-V_{DD} + V_{DSSetN}, V_{DD} - V_{DSSetP}\} \end{aligned} \right\} \Rightarrow V_{out} \in \{-V_t, +V_t\} \mid V_{out} \in \{-0,5 \text{ V}, 0,5 \text{ V}\}$$

4

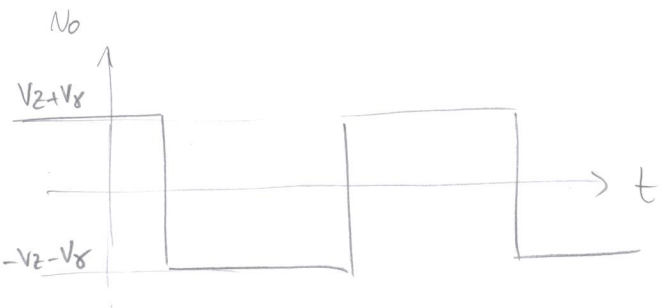


Cuando $N_{out+} > N_{out-} \Rightarrow V_{out+} = V_{cc} \Rightarrow V_o > 0$ y D_1 OFF, D_2 ON
 D_{Z2} en zener y D_{Z1} ON \Rightarrow

$\Rightarrow V_o = V_Z + V_\gamma$

Cuando $N_{out+} < N_{out-} \Rightarrow V_{out+} = -V_{cc} \Rightarrow V_o < 0$ y D_1 ON, D_2 OFF
 D_{Z2} ON y D_{Z1} zener \Rightarrow

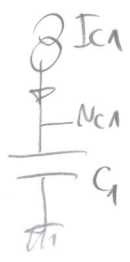
$\Rightarrow V_o = -(V_Z + V_\gamma)$



Las transiciones están asociadas a la carga/descarga de C_1 , que ocurren a corriente constante (I_{c1}). El punto de tensión va ser cuando

$N_{out+} = N_{out-} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} N_o$

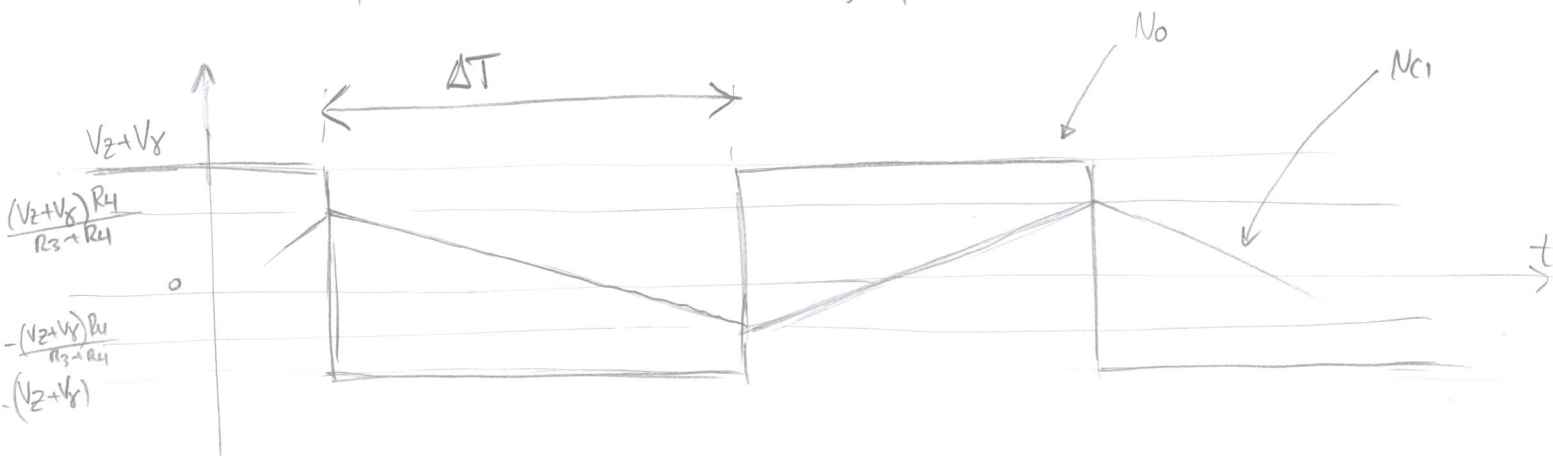
Análisis $N_{out+} > N_{out-}$: $I_{c1} = \frac{N_o - V_\gamma - V_{BE} - V_{REF}}{R_1} = \frac{(V_Z + V_\gamma) - V_\gamma - V_{BE} - V_{REF}}{R_1} = \frac{V_Z - V_{BE} - V_{REF}}{R_1}$



$q = CV \Rightarrow i = C \frac{dV}{dt} \Rightarrow \int_{t_i}^t i dt = \int_{N_{ei}}^{N_{en}} C_1 dV \Rightarrow I_{c1}(t - t_i) = C_1(N_{en} - N_{ei})$
 $\Rightarrow N_{en} = \frac{I_{c1}}{C_1}(t - t_i) + N_i$

Cuando $N_{0a}^+ < N_{0a}^-$ es análogo: $N_{c1} = -\frac{I_{c1}}{C_1} (t-t_i) + N_i$

$$N_{c1} = \begin{cases} \frac{I_{c1}}{C_1} (t-t_i) + N_i, & N_{c1} < \frac{R_4}{R_3+R_4} (V_2+V_8) \quad (*) \\ -\frac{I_{c1}}{C_1} (t-t_i) + N_i, & N_{c1} > -\frac{R_4}{R_3+R_4} (V_2+V_8) \end{cases}$$



En régimen para $N_{0a}^+ > N_{0a}^- \Rightarrow N_{c1}(t_f) = \frac{R_4}{R_3+R_4} (V_2+V_8)$ y $N_i = -\frac{R_4}{R_3+R_4} (V_2+V_8) \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{I_{c1}}{C_1} \underbrace{(t_f-t_i)}_{\Delta T} - \frac{R_4}{R_3+R_4} (V_2+V_8) = \frac{R_4}{R_3+R_4} (V_2+V_8) \Rightarrow \Delta T = \frac{2R_4 C_1}{(R_3+R_4) I_{c1}} (V_2+V_8)$$

donde $I_{c1} = \frac{V_2 - V_{BE} - V_{REF}}{R_1}$

$$\Rightarrow \tau_{\text{FASTABLE}} = \frac{(R_3+R_4) I_{c1} (V_2+V_8)}{4 R_4 C_1}$$

(b) $I_{c1} > 0 \Rightarrow V_2 - V_{BE} - V_{REF} > 0 \Rightarrow V_{REF} < V_2 - V_{BE}$

(c) $I_{2MIN} < I_2 < I_{2MAX} = \frac{P_{DMAX}}{V_2}$

Considero $V_{0a} = V_{cc}$ (el otro caso es análogo): $\frac{V_{cc}-V_0}{R_2} = \frac{V_0}{R_3+R_4} + I_2 + I_{c1} \Rightarrow I_2 = \frac{V_{cc}-V_0}{R_2} - \frac{V_0}{R_3+R_4} - I_{c1}$

$$\Rightarrow I_{2MIN} < \frac{V_{cc}-V_0}{R_2} - \frac{V_0}{R_3+R_4} - I_{c1} < \frac{P_{DMAX}}{V_2} \Rightarrow I_{2MIN} + \frac{V_0}{R_3+R_4} + I_{c1} < \frac{V_{cc}-V_0}{R_2} < \frac{P_{DMAX}}{V_2} + \frac{V_0}{R_3+R_4} + I_{c1}$$

$$\Rightarrow \frac{V_{cc}-V_0}{I_{2MIN} + \frac{V_0}{R_3+R_4} + I_{c1}} > R_2 > \frac{V_{cc}-V_0}{\frac{P_{DMAX}}{V_2} + \frac{V_0}{R_3+R_4} + I_{c1}}$$

donde $V_0 = V_2 + V_8$ e $I_{c1} = \frac{V_2 - V_{BE} - V_{REF}}{R_1}$

J.