

EXAMEN DE ELECTRÓNICA 1
05/02/18

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 (41 puntos)

Para el circuito de la Figura 1:

- a) Calcular la ganancia diferencial en banda pasante $V_o/(V_{in+} - V_{in-})$.
- b) Asumiendo que todos los transistores son idénticos, indicar si la ganancia en modo común es nula o no nula (y en ese caso calcularla). Fundamente claramente su respuesta.
- c) Calcular el slew rate.

La fuente de corriente de la Figura 1 se implementa con el circuito de la Figura 2. Los transistores Q7 y Q8 funcionan como llaves, manejadas por V1 y V2 (que es igual a V1 negada). La tensión V1 es generada con un circuito no mostrado en la Figura 2 y se comporta de la siguiente manera:

- * Cuando $|V_{in+} - V_{in-}| < V_t$, entonces $V1 = VCC$ ($V2 = -VCC$)
- * Cuando $|V_{in+} - V_{in-}| > V_t$, entonces $V1 = -VCC$ ($V2 = VCC$)

La resistencia R2 es mayor que R1.

- d) Diseñar RB1 y RB2 para que Q7 y Q8 funcionen como llaves.
- e) Calcular el slew rate del circuito de la figura 1, pero polarizado con la fuente de corriente de la figura 2.
- f) Calcular el rango de entrada en modo común (ICMR).

Datos de los transistores: npn: β , V_{BE} , V_{CESAT} , $V_A = \infty$, pnp: β , $V_{EB} = V_{BE}$, $V_{ECSAT} = V_{CESAT}$, $V_A = \infty$.

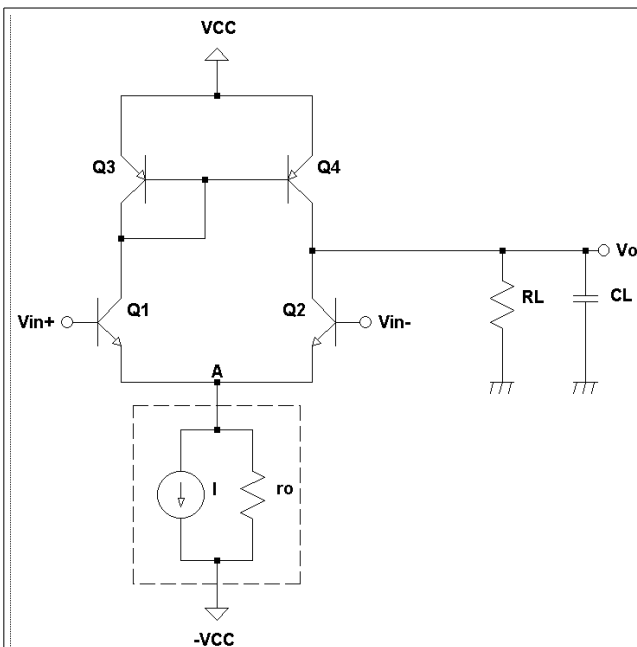


Figura 1

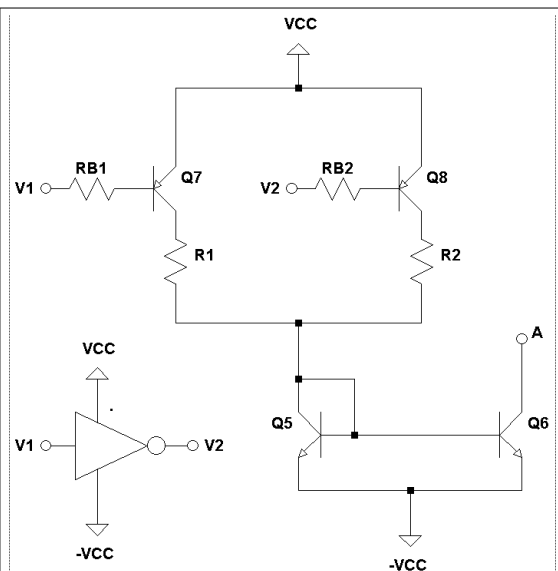


Figura 2

PROBLEMA 2 (41 puntos)

Para el circuito de la Figura 1:

- Dibuje las formas de onda de los nodos Vo1, Vo2 y Vout asumiendo que la entrada (Vin+ - Vin-), es una senoide de amplitud V_{Amp} y frecuencia f y que el zener Dz opera en zona zener.
- Si el amplificador U1 no es ideal porque tiene producto ganancia por ancho de banda fT, cuál sería la frecuencia f máxima para que las formas de onda sean las de la parte a). Justifique
- Dimensione la resistencia Rz para que Dz opere en zona zener.
- Ahora, asumiendo que el amplificador U4 tiene corrientes de polarización I_{bias} y de offset I_{off}. ¿Qué condiciones tienen que cumplir I_{bias} e I_{off} para que no afecten el funcionamiento del circuito? Analice tanto el caso de I_{bias} entrante como saliente.
- Si ahora U4 tiene tensión de offset V_{off}. ¿Cómo se modifica la curva de Vout de la parte a) en función de V_{off}?

Datos: Dz: I_{zT}, V_z, P_{zmax}
 V_{Amp} > V_z

Asuma que los amplificadores son ideales salvo donde se indique lo contrario y todos estan alimentados de +Vcc/-Vcc.

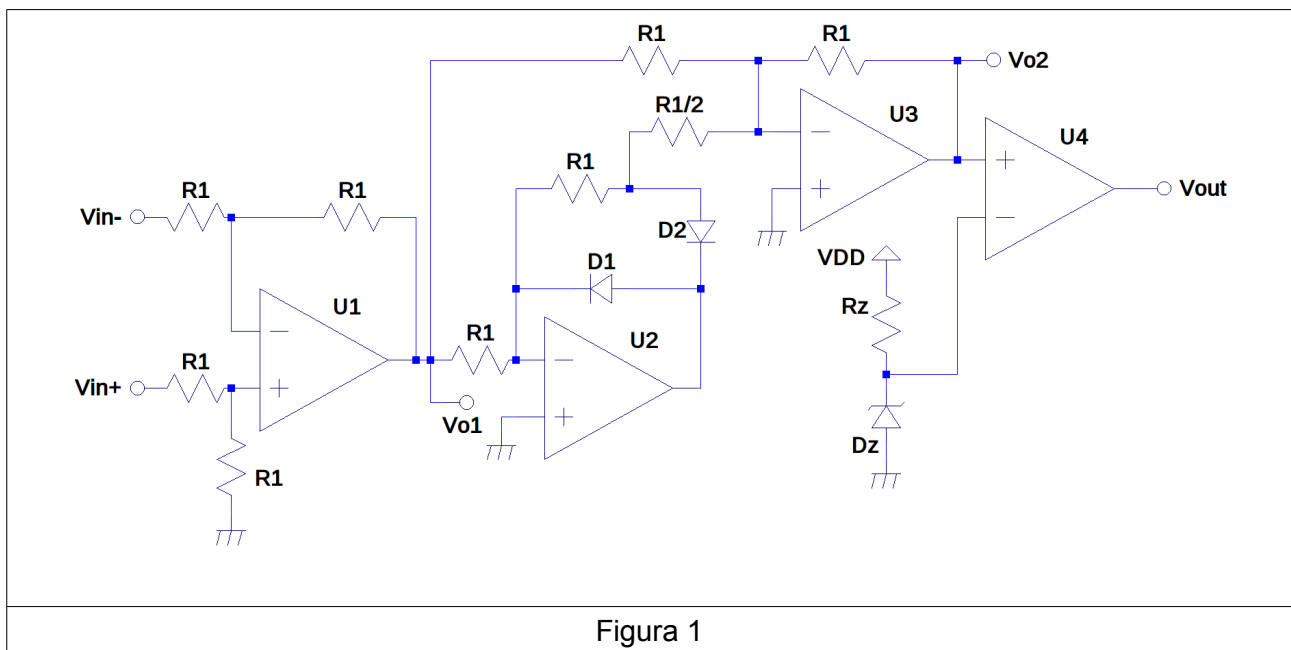


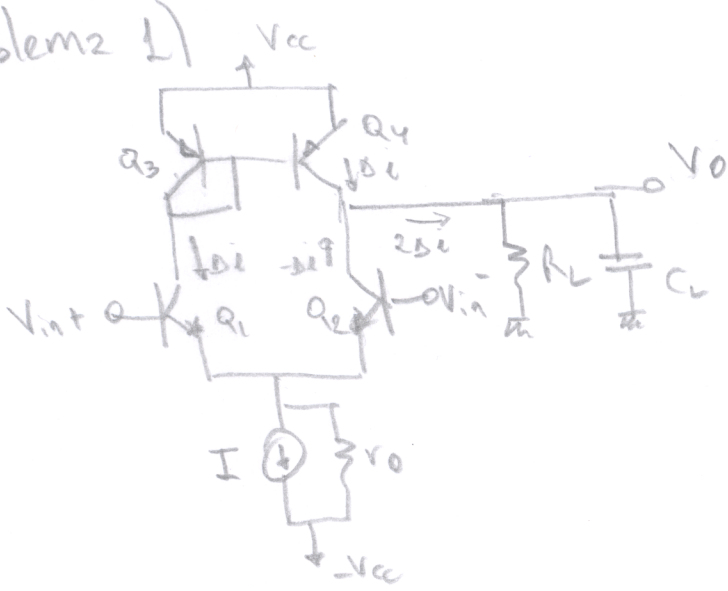
Figura 1

PREGUNTA (18 puntos)

Se tiene un inversor CMOS con una señal a la entrada con tiempos de subida y bajada no nulos $t_r = t_f = 50\text{ns}$ y frecuencia de 1MHz. Los transistores del inversor tienen: $\beta_n = \beta_p = 200\mu\text{A/V}^2$, $V_{\text{TON}} = |V_{\text{TOP}}| = 0.5\text{V}$, $\delta_n = \delta_p = 0$ y la alimentación V_{DD} es 3.3V. La capacidad de carga C_L se podrá considerar despreciable, salvo donde se indique lo contrario. Observar que si la capacidad de carga es muy pequeña el inversor responde de acuerdo a su característica estática.

- Dar una estimación del máximo pico de corriente tomado de la fuente.
- Estimar la potencia consumida por la corriente de camino directo, basándose en la estimación hecha en i) y las aproximaciones vistas en el curso.
- Si ahora se considera que se tiene una capacidad de carga C_L de 5pF, ¿cuánto vale la potencia dinámica consumida debido a esta capacidad de carga?

Problem 2 1)



2)

$$V_{int} - V_{in-} = N d$$

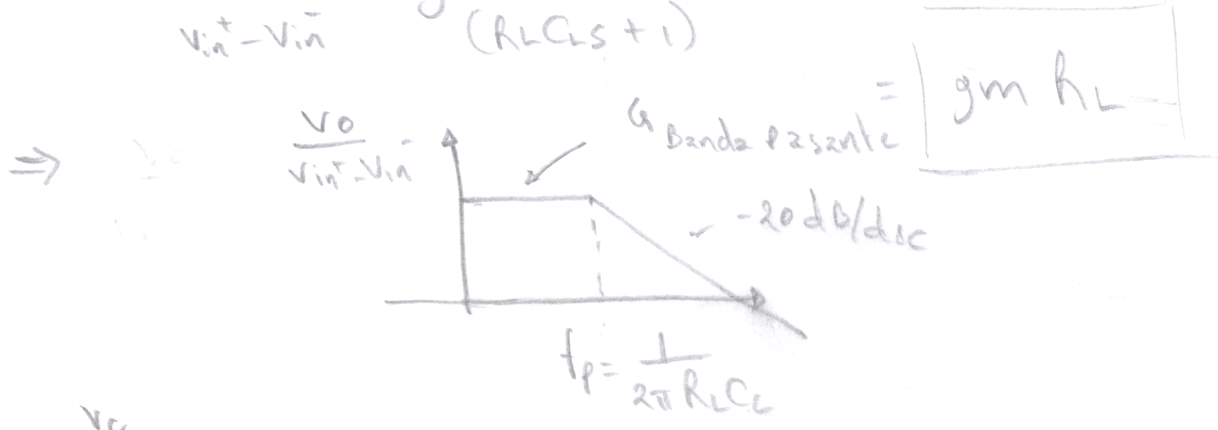
$$\Delta i = g_m N d / 2, \quad g_m = \frac{I}{2V_T}$$

Q3, Q4 Espejos de corriente

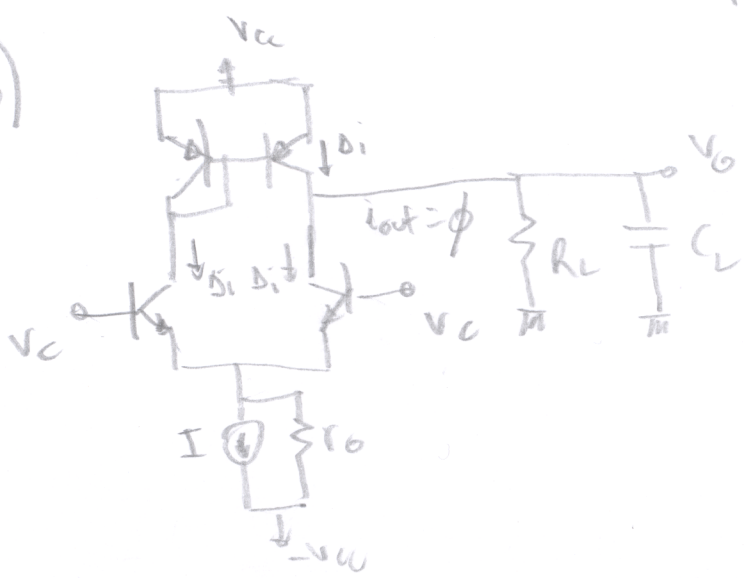
$$\Rightarrow i_{out} = 2 \Delta i = 2 \cdot \frac{g_m N d}{2} = g_m N d$$

$$V_o = i_{out} \cdot R_L // C_L = g_m N d \cdot \frac{R_L}{R_L C_L s + 1}$$

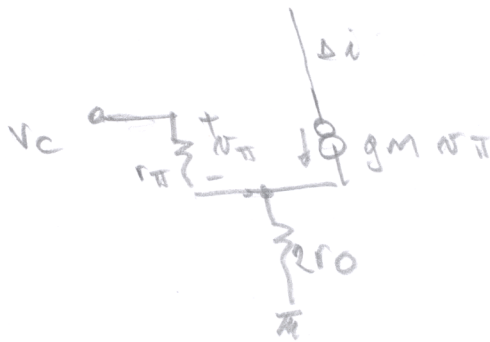
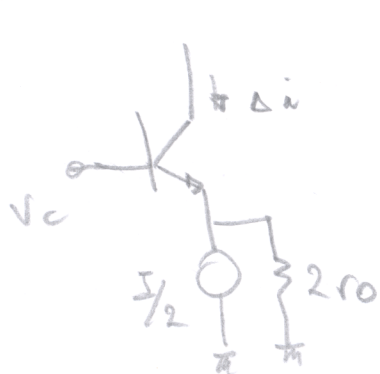
$$\Rightarrow \frac{V_o}{V_{int} - V_{in-}} = \frac{g_m \cdot R_L}{(R_L C_L s + 1)}$$



b)



22



$$\Delta i = \frac{V_c \cdot g_m}{1 + g_m 2R_o} \approx \frac{V_c}{2R_o}$$

El mismo parz Q_1 y $Q_2 \Rightarrow i_{out} = \phi$

$$\Rightarrow V_o = \phi \Rightarrow A_{modo\ comun} = \phi$$

c)

Par totalmente desbalanceado

$$\therefore I_{ca1} = I, I_{ca2} = \phi$$

$$\Rightarrow i_{out} = I \Rightarrow S_r = \frac{I}{C_L}$$

d)

Par que funcionen como llaves R_{B1} y R_{B2} deben ser tales que Q_7 y Q_8 saturados y en corte

$V_1, V_2 = V_{cc}$ si estan cortados $I_{B7,8} = 0$

$$\Rightarrow V_{B7,8} = V_{cc} \Rightarrow V_{EB7} = V_{EB8} = 0 < V_{EB} \checkmark$$

$V_1, V_2 = -V_{cc}$ Q_7 y Q_8 saturados si i

$$I_{C7} \ll \beta I_{B7}, I_{C8} \ll \beta I_{B8}$$

$$I_{C7(8)} = \frac{(V_{cc} - V_{ECSAT}) - (-V_{cc} + V_{BE})}{R_1(2)} = \frac{2V_{cc} - (V_{BE} + V_{ECSAT})}{R_1(2)}$$

$$\Rightarrow \frac{2V_{CC} - (V_{BE} + V_{CE_{SAT}})}{R_1(2)} \ll \beta I_{B2} \approx \frac{(V_{CC} - V_{EB}) - (-V_{CC})}{R_{B1}(2)} \beta$$

$$\Rightarrow R_{B1}(2) \ll \frac{R_1(2) \cdot (2V_{CC} - V_{EB}) \cdot \beta}{2V_{CC} - (V_{BE} + V_{CE_{SAT}})}$$

e) Por totalmente desbalanceado $\Rightarrow |v_{in+} - v_{in-}| > V_T$

$$\Rightarrow v_1 = -V_{CC} \quad (v_2 = V_{CC})$$

$$\Rightarrow Q_7 \text{ ON}, Q_8 \text{ OFF} \Rightarrow I = I_{C7} = \frac{2V_{CC} - (V_{BE} + V_{CE_{SAT}})}{R_1}$$

$$\Rightarrow S_r = \frac{2V_{CC} - (V_{BE} + V_{CE_{SAT}})}{R_1 C_L}$$

A) $V_{C1} - (-V_{CC}) > V_{BE} + V_{CE_{SAT}}$

$$\Rightarrow \boxed{V_{C1} > -V_{CC} + V_{BE} + V_{CE_{SAT}}}$$

$$V_{CC} - V_{BE3} - (V_C - V_{BE1}) > V_{CE_{SAT1}}$$

$$\Rightarrow V_C < V_{CC} - V_{BE3} + V_{BE1} - V_{CE_{SAT1}} = V_{CC} - V_{CE_{SAT1}}$$

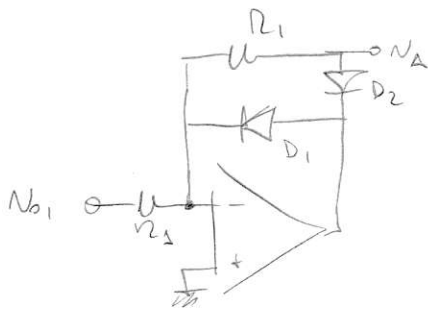
$$(V_{CC} - V_{CE_{SAT4}}) - (V_C - V_{BE2}) > V_{CE_{SAT2}}$$

$$\Rightarrow V_C < V_{CC} - V_{CE_{SAT4}} + V_{BE2} - V_{CE_{SAT2}} = V_{CC} - V_{BE2}$$

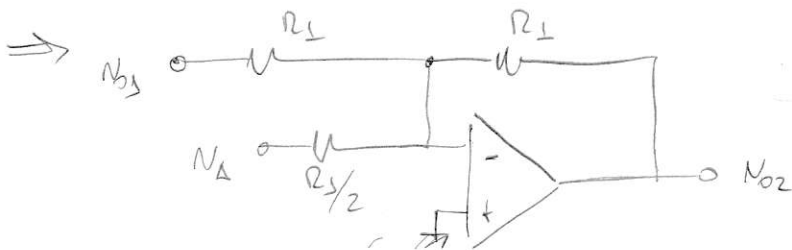
Rango modo común: $V_{C1} > -V_{CC} + V_{BE} + V_{CE_{SAT}}$
 $V_C < \min(V_{CC} - V_{CE_{SAT}}, V_{CC} - V_{BE})$

Problema 2

$$N_{01} = (N_{in+} - N_{in-}) \cdot \frac{R_1}{R_1} \quad (\text{AMP. DIFERENCIAL})$$



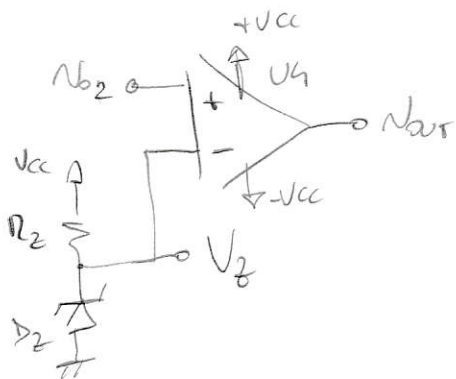
$$N_{\Delta} = \begin{cases} -N_{01} & (N_{01} > 0) \quad (D_1 \text{ OFF}, D_2 \text{ ON}) \\ 0 & (N_{01} < 0) \quad (D_1 \text{ ON}, D_2 \text{ OFF}) \end{cases}$$



$$N_{02} = -(N_{01} + 2N_{\Delta})$$

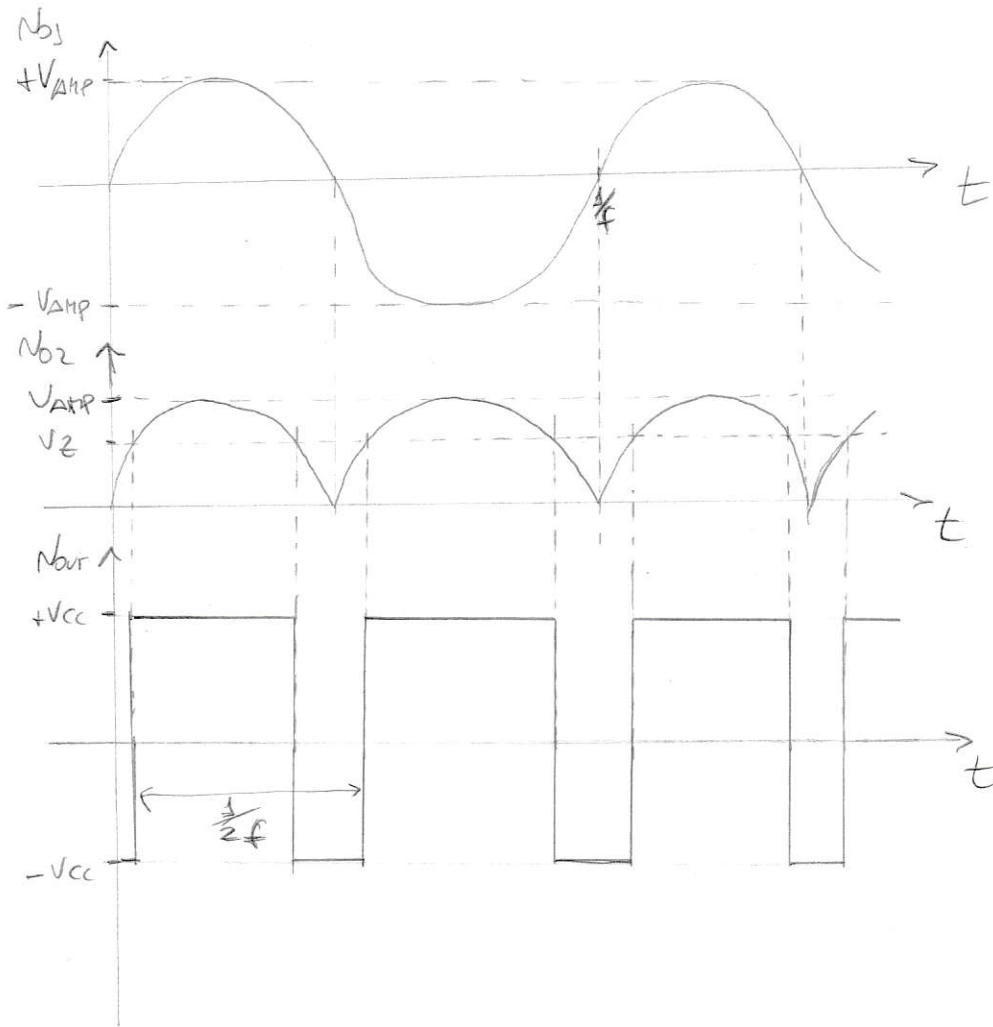
$$\Rightarrow N_{02} = \begin{cases} +N_{01} & (N_{01} > 0) \\ -N_{01} & (N_{01} < 0) \end{cases}$$

El circuito hasta N_{02} es un RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA



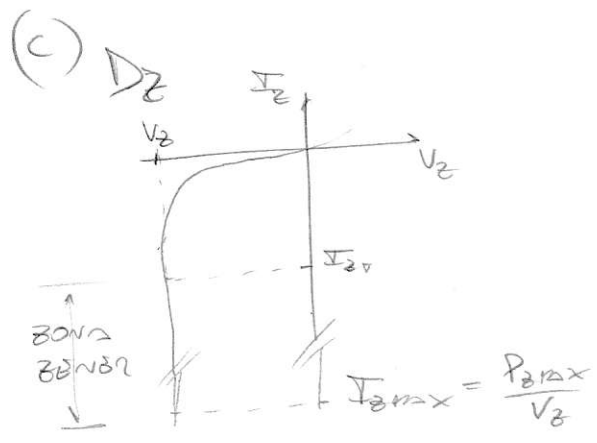
V_H es un comparador:

$$N_{OUT} = \begin{cases} +V_{CC} & (N_{02} > V_H) \\ -V_{CC} & (N_{02} < V_H) \end{cases}$$



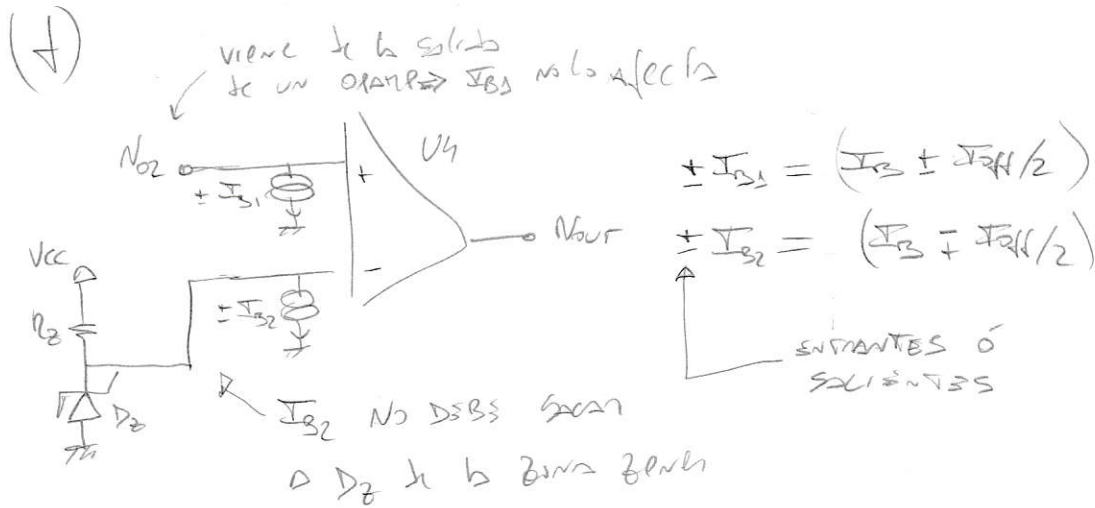
(b)

$$f_{-3dB} = \frac{f_T}{1 + \frac{R_1}{R_2}} = \frac{f_T}{2} \Rightarrow \boxed{f_{max} = \frac{f_T}{2}}$$



ZONA ZENER:
 $I_{ZT} < I_Z < I_{ZMAX}$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \frac{V_{CC} - V_Z}{R_2} > I_{ZT} \Rightarrow \boxed{R_2 < \frac{V_{CC} - V_Z}{I_{ZT}}} \\ \frac{V_{CC} - V_Z}{R_2} < I_{ZMAX} = \frac{P_{ZMAX}}{V_Z} \Rightarrow \boxed{R_2 > \frac{(V_{CC} - V_Z)V_Z}{P_{ZMAX}}} \end{array} \right.$$



ENTRANTES:

$$I_Z = \frac{V_{CC} - V_Z}{R_Z} - I_{B2}$$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} R_Z < \frac{V_{CC} - V_Z}{I_{B1} + I_{B2}} \\ R_Z > \frac{V_{CC} - V_Z}{\frac{P_{max}}{V_Z} + I_{B2}} \end{array} \right.$$

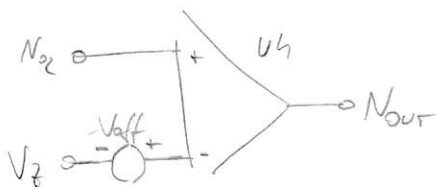
SALIENTES:

$$I_Z = \frac{V_{CC} - V_Z}{R_Z} + I_{B2}$$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} R_Z < \frac{V_{CC} - V_Z}{I_{B1} - I_{B2}} \\ R_Z > \frac{V_{CC} - V_Z}{\frac{P_{max}}{V_Z} - I_{B2}} \end{array} \right.$$

(e)

$$N_{out} = \begin{cases} +V_{CC} & \text{si } N_{02} > V_Z + V_{off} \\ -V_{CC} & \text{si } N_{02} < V_Z + V_{off} \end{cases}$$



- si $V_{off} > 0$ el tiempo en $+V_{CC}$ disminuye
- si $V_{off} < 0$ el tiempo en $+V_{CC}$ aumenta
- el período se mantiene