

2do. PARCIAL DE ELECTRONICA 1
02/07/2018

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.

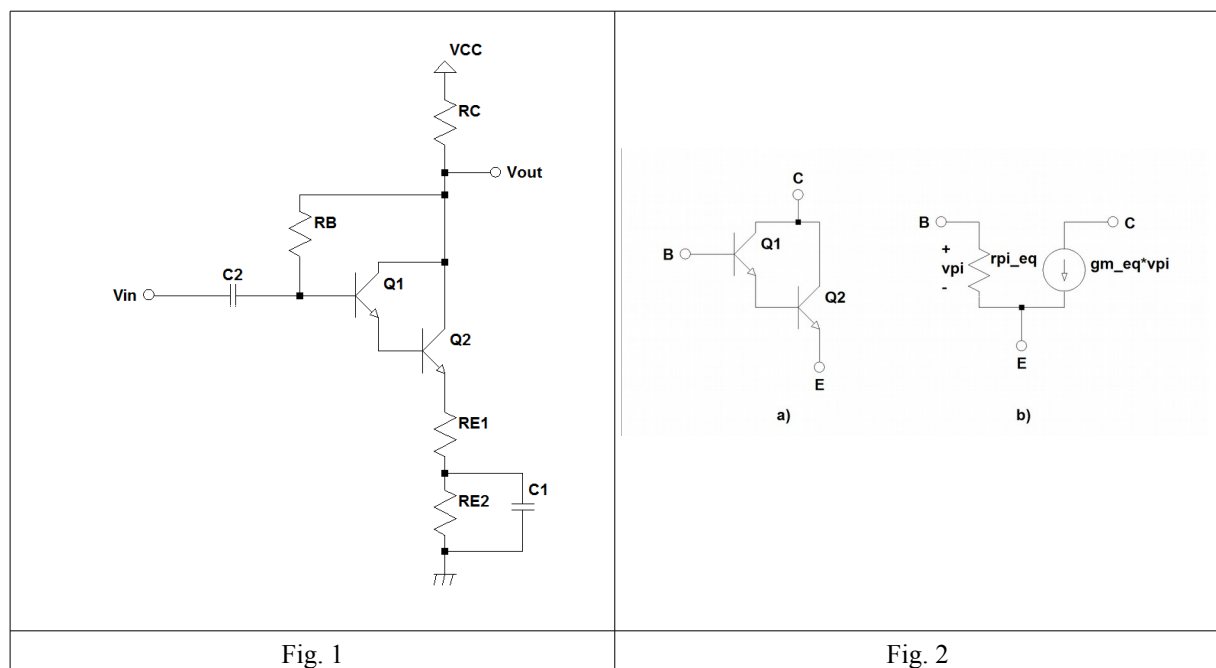
PROBLEMA 1 (28 puntos)

El circuito de la Fig. 1 utiliza una conexión de los transistores Q1 y Q2 conocida como configuración Darlington que se muestra en la Fig. 2a.

- Calcular la corriente de colector de polarización de los transistores Q1 y Q2 en el circuito de la Fig. 1.
- Determinar r_{pi_eq} y g_{m_eq} como se muestra en la Fig. 2.b. que dan en pequeña señal un modelo equivalente de la configuración Darlington en su conjunto.
- Calcular la ganancia v_{out}/v_{in} a frecuencias medias del circuito de la Fig. 1.
- Se desea usar un único valor de capacidad para C1 y C2. Calcular su valor para que la frecuencia de corte inferior de -3 dB del circuito de la Fig. 1 sea 100 Hz.

Datos:

- Q1 y Q2 idénticos: $V_{BE} = 0.6 \text{ V}$, $V_{CEsat} = 0.3 \text{ V}$, $\beta = 200$
- $R_C = 1.2 \text{ k}\Omega$, $R_{E1} = 220 \Omega$, $R_{E2} = 820 \Omega$, $R_B = 1 \text{ M}\Omega$
- $V_{CC} = 10 \text{ V}$



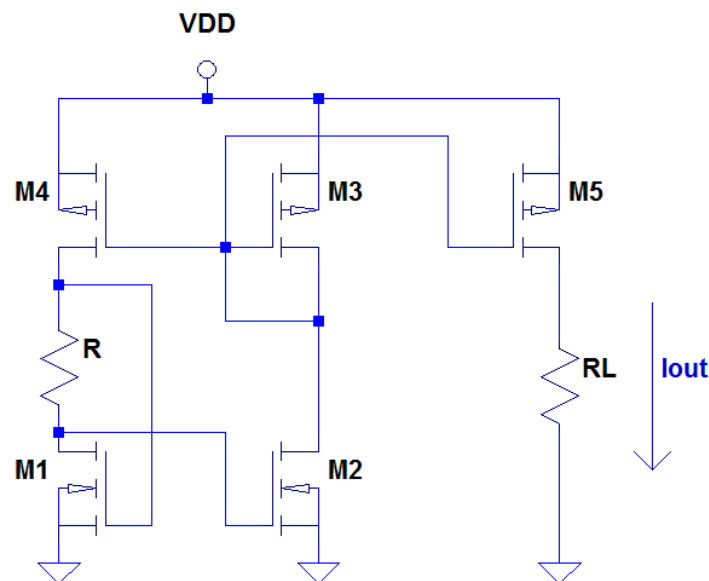
PROBLEMA 2 (28 puntos)

El circuito de la figura implementa una fuente de corriente que entrega una corriente I_{out} a la carga R_L .

- a) Asumiendo que los datos son tales que están todos los transistores en saturación,
- Determinar la corriente por cada uno de los transistores en función de I_{out} .
 - Hallar R para que I_{out} sea 10mA
- b) Si R_L tiene un valor tal que asegura que $M5$ esté saturado ¿Cuál es el mínimo valor de V_{DD} que permite que el circuito funcione como se calculó en a) ?
- c) Si V_{DD} tiene el valor mínimo hallado en b), determinar cuál es el valor máximo de R_L con el que el circuito funciona correctamente.

Datos:

- Para todos los transistores: $\delta = 0.3$, $|V_{t0}| = 1$ V.
- $M1$ y $M2$ son idénticos con $\beta_1 = 10$ mA/V².
- $M3$ tiene $\beta_3 = 10$ mA/V², $M5$ y $M4$ difieren de $M3$ en que el ancho de $M4$ es 4 veces el ancho de $M3$ ($W_4 = 4 \cdot W_3$) y el ancho de $M5$ es 16 veces el ancho de $M3$ ($W_5 = 16 \cdot W_3$).



PROBLEMA 3 (22 puntos)*Ejercicio 1, práctico 8*

En este problema se busca ver como varían varios parámetros de dos amplificadores diferenciales los cuales solo se diferencian en cuanto a configuración de resistencias de emisor y fuentes de corriente. Para esto, calcule para los amplificadores diferenciales de las Figs 1 y 2, considerando salida “single-ended” en V_{o1} :

- Ganancia diferencial y resistencia de entrada diferencial.
- Ganancia en modo común, considerando que las fuentes de corriente se consideran no ideales con una resistencia de salida finita de valor r_o para la fuentes de valor I_o y $r_o/2$ para las fuente de valor $2I_o$.
- Determinar el rango de entrada en modo común.

Datos: Los transistores son iguales con parámetros: β , V_{BE} , V_{CESAT} , la tensión de Early se supondrá infinita y las fuentes de corriente tienen una tensión mínima de operación V_{Fmin} .

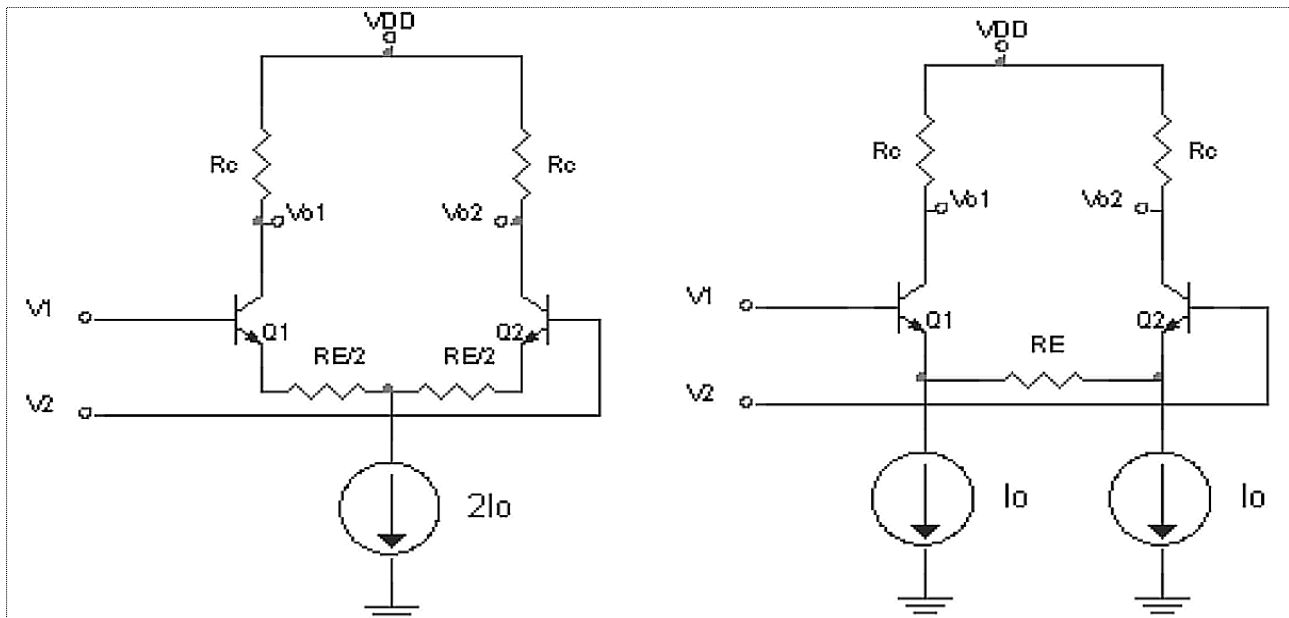


Fig. 1

Fig. 2

PREGUNTA (22 puntos)

En el circuito de la figura, U1, U2 y U3 son inversores CMOS y R es tal que V_{OH} de U1 y U2 se puede asumir igual a V_{DD} .

- Suponiendo que los diodos son ideales, determinar la función lógica $OUT = f(A,B)$.
- Si los inversores CMOS tienen parámetros V_{OL} , V_{OH} , V_{IH} , V_{IL} , determinar el margen de ruido en nivel alto disponible a la entrada de U3, si los diodos tienen tensión directa V_F .
- Si U3 tiene una capacidad de carga C_L y las entradas A y B tienen las formas de onda indicadas en la Fig. 2, que varían entre 0 y V_{DD} , dibujar la forma de onda de la salida y determinar el consumo de potencia dinámica de U3.

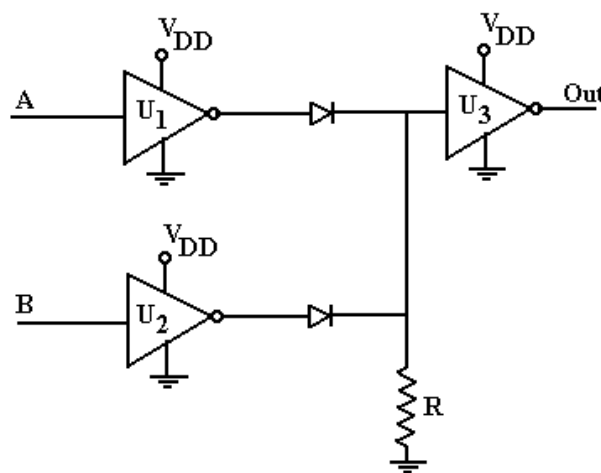


Fig. 1

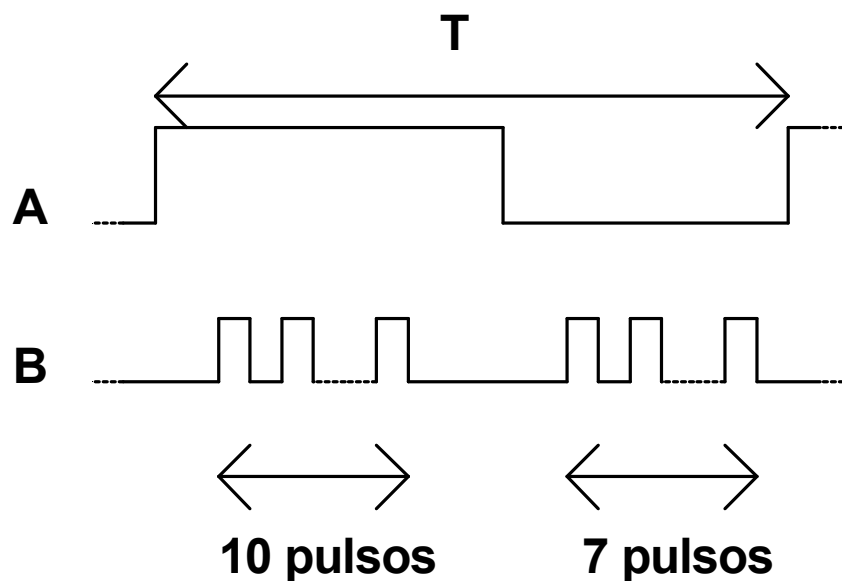
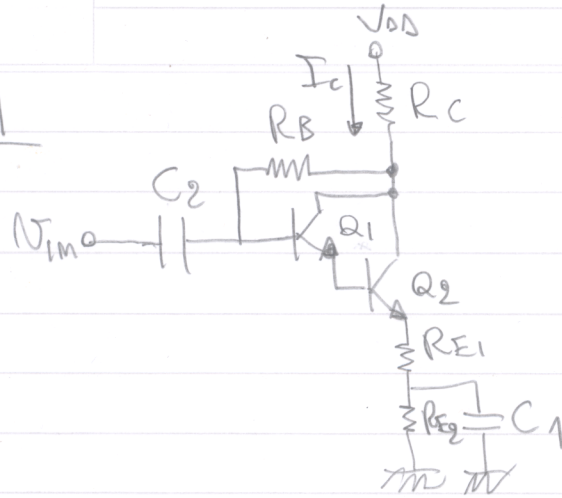


Fig. 2

Problema 1



2) Q_1 y Q_2 forman una configuración Darlington

$$\Rightarrow \beta_{eq} \approx \beta^2 \text{ y } I_{C2} = \beta I_{C1} \approx I_C$$

$$\Rightarrow V_{DD} = (R_{E1} + R_{E2}) I_C + \frac{R_B I_C}{\beta^2} + 2V_{BE} + R_C I_C$$

$$(V_{DD} - 2V_{BE}) = \left[\frac{(R_{E1} + R_{E2} + R_C) \beta^2 + R_B}{\beta^2} \right] I_C \Rightarrow I_C = \frac{\beta^2 (V_{DD} - 2V_{BE})}{(R_{E1} + R_{E2} + R_C) \beta^2 + R_B}$$

$$\beta^2 (R_{E1} + R_{E2} + R_C) \gg R_B$$

$$\Rightarrow I_C = \frac{V_{DD} - 2V_{BE}}{R_{E1} + R_{E2} + R_C} \Rightarrow I_C = 4 \text{ mA}$$

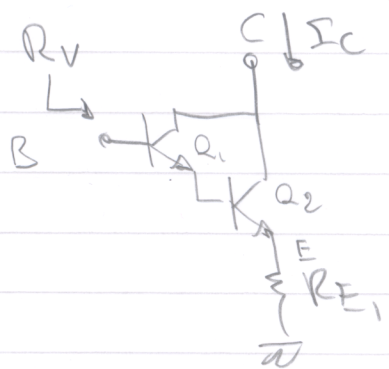
$$I_{C2} \approx 4 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow I_{C1} \approx 20 \text{ mA}$$

$$V_{E1} = V_{E2} = V_C - V_{CE} = V_{E1} - V_{CE} = 2 \text{ V}$$

$$V_{E1} = V_{E2} = V_C - V_{CE} = V_{E1} - V_{CE} = 2 \text{ V}$$

b) Busco el circuito equivalente al Darlington



$$\beta^2 = \beta_{eq}$$

$$\Rightarrow I_{E1} \approx \frac{I_{C2}}{\beta}$$

$$I_C = I_{C1} + I_{C2} = \frac{I_{C2}}{\beta} + I_{C2} \Rightarrow I_C \approx I_{C2}$$

$$V_{\pi 1} = \frac{\beta V_T}{I_{C1}} = \frac{\beta^2 V_T}{I_C} \quad // \quad V_{\pi 2} = \frac{\beta V_T}{I_{C2}} = \frac{\beta V_T}{I_C}$$

$$R_v = V_{\pi 1} + \beta [V_{\pi 2} + \beta R_{E1}] = V_{\pi 1} + \beta V_{\pi 2} + \beta^2 R_{E1}$$

$$R_v = \frac{\beta^2 V_T}{I_C} + \beta \left[\frac{\beta V_T}{I_C} \right] + \beta^2 R_{E1} = \frac{2\beta^2 V_T}{I_C} + \underbrace{\beta^2 R_{E1}}_{\beta_{eq}}$$

$$\Rightarrow \boxed{V_{\pi eq} = \frac{2\beta^2 V_T}{I_C}} \quad // \quad g_{m eq} V_{\pi eq} = \beta_{eq}$$

$$g_{m eq} = \frac{\beta_{eq}}{V_{\pi eq}} = \frac{\beta^2}{\frac{2\beta^2 V_T}{I_C}} = \frac{I_C}{2V_T} \Rightarrow \boxed{g_{m eq} = \frac{I_C}{2V_T}}$$

$$c) \Rightarrow \boxed{G = \frac{-g_{m eq} R_c}{1 + g_{m eq} R_{E1}}}$$

$$\Rightarrow \boxed{G = -5,1}$$

d) Si $C_1 = C_2 \Rightarrow$ el polo dominante lo define el que tiene menor resistencia asociada.

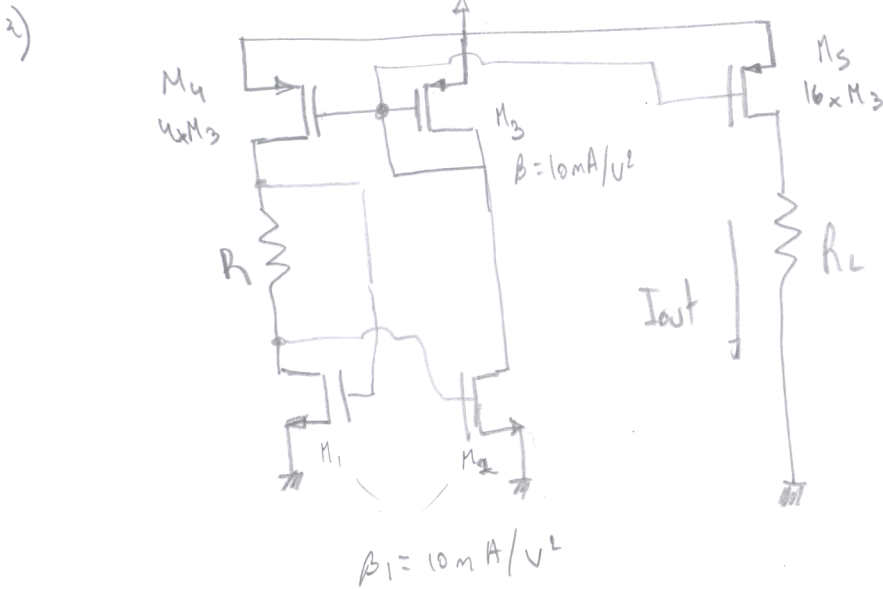
$$\Rightarrow R_{V_{C_1}} = \left[\frac{R_B}{1-G} \parallel (r_{\pi_{eq}} + \beta^2 R_{E1}) \right] \gg (R_{E1} \parallel R_{E2})$$

↳ R_B bajada por Miller.

$$\Rightarrow \frac{1}{2\pi(R_{E1} \parallel R_{E2})C_1} = f_{-3dB} \Rightarrow C_1 = \frac{1}{2\pi(R_{E1} \parallel R_{E2})f_{-3dB}}$$

$$\Rightarrow C_1 = 9,2 \mu F$$

Problema 2



ii)

$$I_{D M_5} = I_{out}$$

$$I_{D M_3} = \frac{I_{out}}{16}$$

$$I_{D M_4} = \frac{I_{out}}{4}$$

$$I_{D M_1} = I_{D M_4} = \frac{I_{out}}{4}$$

$$I_{D M_2} = I_{D M_3} = \frac{I_{out}}{16}$$

iii)

$$I_{D M_1} = \frac{\beta_1}{2(1+\delta)} (V_{as1} - V_{T0})^2$$

$$I_{D M_2} = \frac{\beta_1}{2(1+\delta)} (V_{as2} - V_{T0})^2$$

$$\Rightarrow \frac{I_{D M_1}}{I_{D M_2}} = \frac{(V_{as1} - V_{T0})^2}{(V_{as2} - V_{T0})^2} = 4$$

$$\Rightarrow (V_{as1} - V_{T0}) = 2(V_{as2} - V_{T0})$$

$$\Rightarrow (V_{as1} - V_{as2}) = V_{as2} - V_{T0}$$

$$\frac{I_{out}}{4} = \frac{V_{as1} - V_{as2}}{R}$$

$$= \frac{V_{as2} - V_{T0}}{R}$$

$$\frac{I_{out}}{16} = \frac{\beta_1}{2(1+\delta)} \frac{(R \cdot I_{out})^2}{4}$$

$$\Rightarrow R = \sqrt{\frac{2(1+\delta) \cdot 16}{16 \cdot \beta_1 \cdot I_{out}}}$$

$$= \sqrt{\frac{2(1+0.3)}{10 \text{ mA/V}^2 \cdot 10 \text{ mA}}} = 160 \Omega$$

$$b) \quad V_{DD} > V_{a3} + V_{SDSAT2}$$

$$V_{DD} > V_{a1} + V_{SDSAT4}$$

$$V_{SDSAT2} = \frac{(V_{a2} - V_{T0})}{1 + \delta}$$

$$V_{SDSAT4} = \frac{(V_{a4} - V_{T0})}{1 + \delta}$$

$$V_{a1} = V_{T0} + \sqrt{\frac{2(1+\delta) I_{DM1}}{\beta_1}} = 1,8 \text{ V}$$

$$V_{a2} = V_{T0} + \sqrt{\frac{2(1+\delta) I_{DM1}}{\beta_1 \cdot 4}} = 1,4 \text{ V}$$

$$V_{a3} = V_{T0} + \sqrt{\frac{2(1+\delta) I_{DM1}}{\beta_1 \cdot 4}} = 1,4 \text{ V}$$

$$V_{a4} = V_{a3}$$

$$M2 \rightarrow V_{DD} > 1,4 + \frac{(1,4 - 1)}{1,3} = 1,7 \text{ V}$$

$$M4 \rightarrow V_{DD} > 1,8 + \frac{(1,4 - 1)}{1,3} = \boxed{2,1 \text{ V}}$$

$$c) \quad V_{DDmin} - R_L \cdot I_{out} > V_{SDSAT5}$$

$$R_L < \frac{V_{DDmin} - V_{SDSAT5}}{I_{out}} = \frac{2,1 - 0,3}{10 \text{ mA}} = \boxed{180 \Omega}$$

2º parcial 2018

PROBLEMA 3

$$a) A_{dif1} = A_{dif2} = \frac{-1}{2} \cdot \frac{g_m R_c}{1 + g_m R_E / 2}; \quad R_{indif1} = R_{indif2} = 2r_a + \beta R_E$$

$$b) A_{CM1} = \frac{-g_m R_c}{1 + g_m (R_E / 2 + 2r_o)}$$

$$A_{CM2} = \frac{-g_m R_c}{1 + g_m \times 2r_o}$$

$$c) I_{CMR1} = \left[V_{Fmin} + \frac{R_E}{2} \cdot I_0 + V_{BE}, V_{DD} - R_c I_0 + V_{BE} - V_{CESat} \right]$$

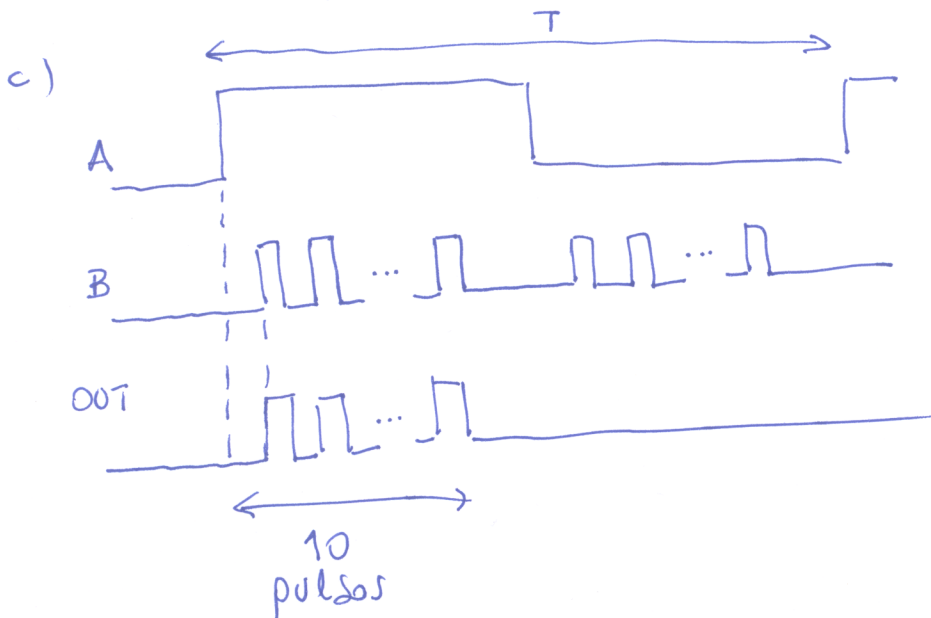
$$I_{CMR2} = \left[V_{Fmin} + V_{BE}, V_{DD} - R_c I_0 + V_{BE} - V_{CESat} \right].$$

PREGUNTA

a) Entrada U3 alta si salida U1 alta o salida U2 alta \Rightarrow

$$\Rightarrow \text{si } A=0 \text{ ; } B=0 \Rightarrow \text{OUT}=0 \Rightarrow \boxed{\text{OUT} = A \cdot B}$$

b) En la entrada de U3 : $NMH = (V_{OH} - V_F) - V_{IH}$



$$P = \frac{10}{T} \cdot C_L V_{DD}^2$$