

**2do PARCIAL DE ELECTRONICA 1**  
**05/07/07**

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 ( 30 pts.)**

- a) En el amplificador de la Figura 1, calcular
  - i) CE para que la frecuencia de corte inferior (f-3dB) sea de 30Hz.
  - ii) Calcular la resistencia de entrada del amplificador a frecuencias medias.
- b) Si se tiene la llave implementada con el transistor pMOS de la Figura 2, graficar la conductancia de la llave en función de Vi para Vi entre 0 y VCC. El transistor tiene  $\beta_{M1}=100\text{mA/V}^2$ ,  $V_{to}=-1.5\text{V}$ ,  $\delta=0.25$
- c) La llave de la Figura 2 se utiliza para muestrear la salida del amplificador de la Figura 1, tal como se muestra en la Figura 3. Si se tiene una entrada VS con amplitud de pico 400mV, determinar que condición tiene que cumplir RC para que la resistencia de la llave sea menor a 20 ohmios en todo el rango de variación de la señal a muestrear.

Datos:

$R1=56\text{k}\Omega$ ,  $R2=12\text{k}\Omega$ ,  $RE1=560\Omega$ ,  $RE2=1.2\text{k}\Omega$ ,  $\beta_{Q1}=200$ ,  $V_{BE}=0.65\text{V}$ ,  $V_{CC}=15\text{V}$ ,  $Ci=10\mu\text{F}$

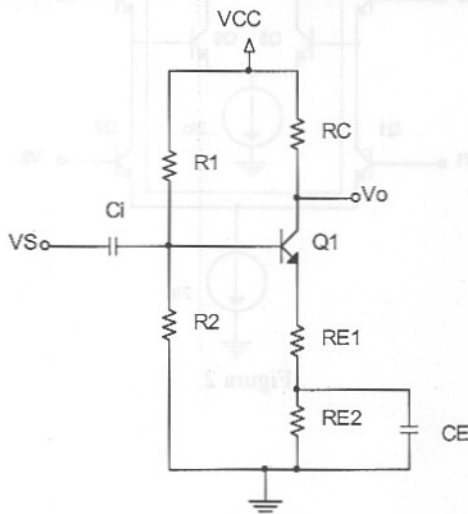


Figura 1

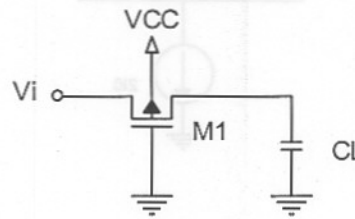


Figura 2

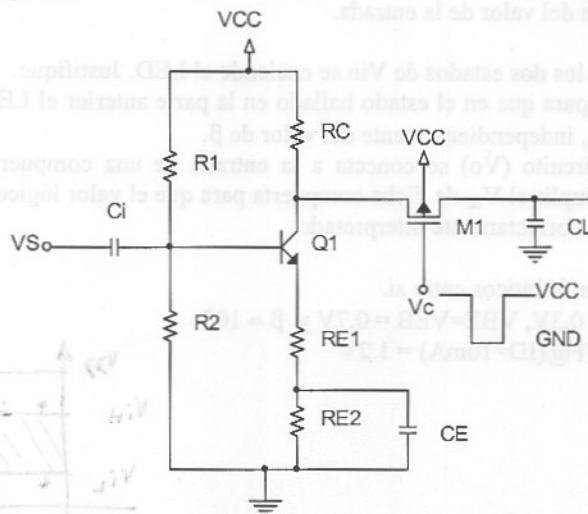


Figura 3

**PROBLEMA 2 ( 30 pts.)**

- a) En el circuito de la Fig. 1. determinar:
  - i) la señal en los nodos VA y VB en función de V1 y V2.
  - ii) La ganancia  $V_o/(V1-V2)$ .
- b) El circuito anterior se modifica de acuerdo a la Figura 2, al agregársele el bloque marcado con línea punteada a los efectos de aumentar la ganancia sin disminuir la resistencia de entrada.
  - i) ¿Es posible considerar que los valores de VA y VB hallados en a) se mantienen aproximadamente para este caso? Justificar.
  - ii) Calcular el nuevo valor de la ganancia  $V_o/(V1-V2)$ .

Para todo el problema:

- Todos los transistores se suponen idénticos.
- La tensión de Early se podrá considerar infinita y  $\beta \gg 1$ .
- VCC, RC y Vbias son tales que todos los transistores operan en zona activa.

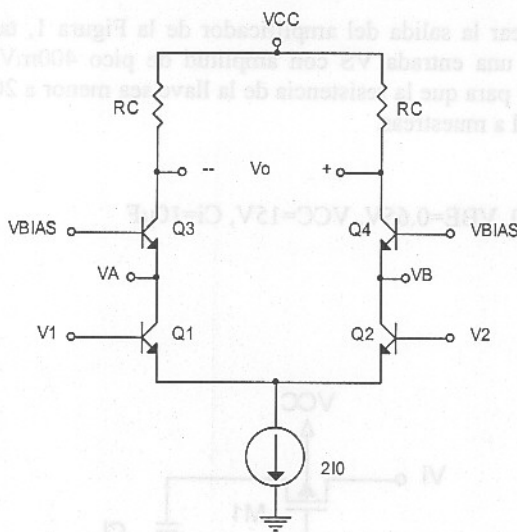


Figura 1

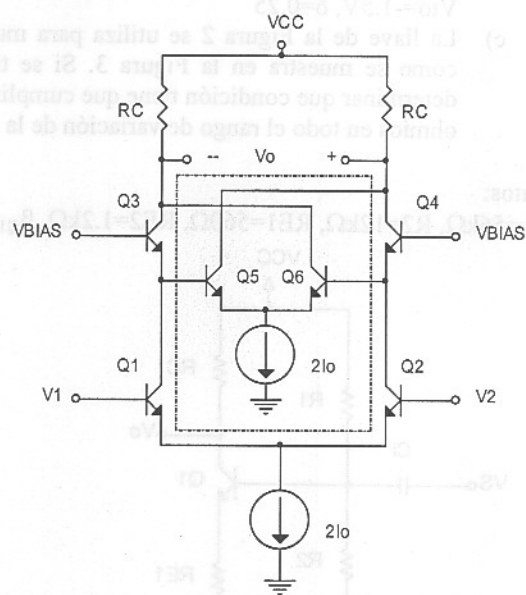


Figura 2

**PROBLEMA 3 ( 20 pts.)**

En el circuito de la Figura 1, la entrada Vin vale (Vref+1V) ó (Vref-1V). El circuito es usado para prender o apagar un LED en función del valor de la entrada.

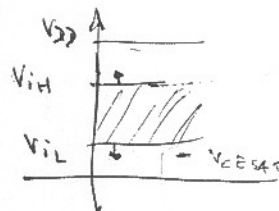
- a) Indique en cual de los dos estados de Vin se enciende el LED. Justifique.
- b) Hallar R y RLED para que en el estado hallado en la parte anterior el LED se encienda con una corriente de 10mA, independientemente del valor de  $\beta$ .
- c) Si la salida del circuito (Vo) se conecta a la entrada de una compuerta lógica, indique que condición debe cumplir el  $V_{IL}$  de dicha compuerta para que el valor lógico en Vo cuando el LED está encendido sea correctamente interpretado.

Los transistores Q1 a Q4 son idénticos entre si.

Datos:  $V_{ECsat} = V_{CEsat} = 0.3V$ ,  $V_{BE} = V_{EB} = 0.7V$  y  $\beta = 100$ .

Para el LED se tiene que:  $V_F @ (I_D = 10mA) = 1.2V$

$V_{CC} = 5V$ ,  $V_{ref} = 2V$



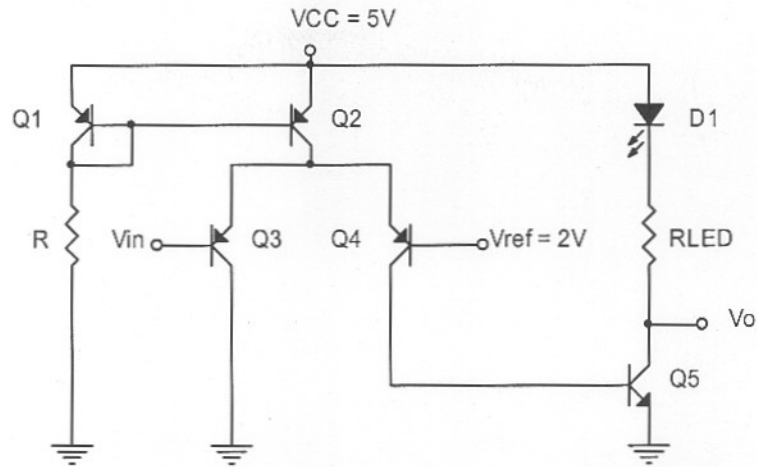


Figura 1

**PROBLEMA 4 ( 20 pts.)**

El circuito mostrado en la Figura 1 implementa una función lógica cuyas entradas son A, B y C, y cuya salida es Vout.

- a) Halle la tabla de verdad de dicha función lógica.
- b) La forma de onda de las entradas es la mostrada en la Figura 2 y dicha secuencia se repite a lo largo del tiempo. Todos los intervalos indicados con líneas punteadas valen T.
  - i) Dibujar la forma de onda de la salida.
  - ii) Dar el valor del consumo de potencia dinámica de la fuente de alimentación.

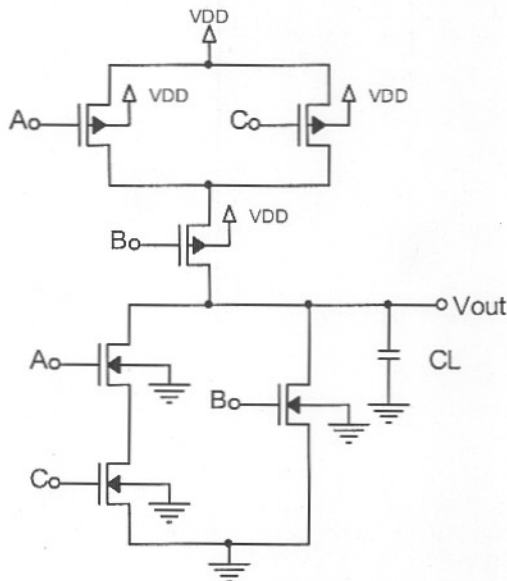


Figura 1

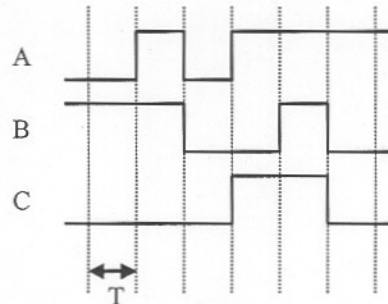


Figura 2



(a) (i) plus de basse frequencia:

$$f_i = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{C_i R_{in}} \quad / \quad R_{in} = R_1 // R_2 // (r_{\pi} + (\beta + 1) R_{E1})$$

$$f_{\beta} = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{C_E (R_{E1} // R_{E2})}$$

$$R_{in} = 9,14 \Omega \Rightarrow f_i = 1,75 \text{ Hz} \ll 30 \text{ Hz}$$

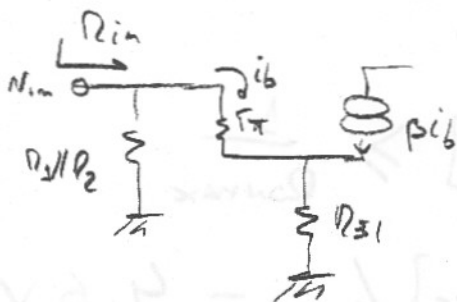
⇒ la frec. de corte inferior (-3dB) debe fijarse

por  $C_E$ :

$$C_E = 13,9 \mu\text{F}$$

⇒ como  $f_i \ll f_{\beta}$   
 $f_i = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{C_i R_{in}^*}$   
 $R_{in}^* = R_1 // R_2 // (r_{\pi} + \beta (R_{E1} // R_{E2})) = 9,64 \Omega$   
 $\Rightarrow f_i = 1,66 \text{ Hz}$

(ii)



$$R_{in} = R_1 // R_2 // [r_{\pi} + (\beta + 1) R_{E1}] = 9,14 \Omega$$

(b)

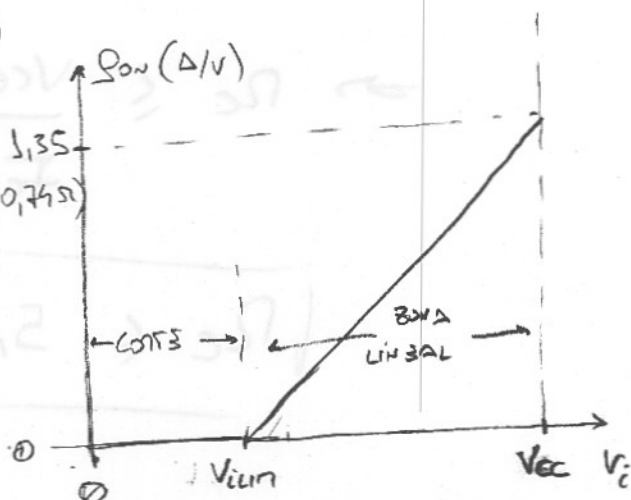
poros:  $R_{out} = \frac{1}{\beta (V_{SE} - |V_{E1}|)} \Rightarrow g_{out} = \frac{1}{R_{out}} = \beta (V_{SE} - |V_{E1}|)$

$$|V_{E1}| = |V_{E0}| + \delta V_{BS}$$

$$\frac{g_{out}}{\beta} = V_i - 0 - |V_{top}| - \delta (V_{CC} - V_i)$$

$$\Rightarrow g_{out} = \beta [(1 + \delta) V_i - |V_{top}| - \delta V_{CC}]$$

$$g_{out} = 0 \Leftrightarrow V_{i_{lim}} = \frac{|V_{top}| + \delta V_{CC}}{1 + \delta} = 4,2 \text{ V}$$



$$(c) \quad V_C = V_{CC} - R_C I_C + V_o$$

$$\Rightarrow V_{Cmin} = V_{CC} - R_C I_C - V_{opmax}$$

$$= V_{CC} - R_C I_C - V_{ipmax} |G| \quad (V_{ipmax} = 400 \text{ mV})$$

$$\text{DBL WISS: } G = \frac{V_o}{V_i} \approx - \frac{R_C}{R_{E1}} \quad \left( \text{COND: } g_m R_{E1} = 24,6 \gg 1 \right)$$

$$I_C = \left( V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2} - V_{BE} \right) / (R_{E1} + R_{E2}) = 1,14 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow V_{Cmin} = V_{CC} - R_C I_C - V_{ipmax} \frac{R_C}{R_{E1}}$$

$$R_{on}(V_C) = \frac{1}{\beta[(1+\delta)V_C - |V_{top}| - \delta V_{CC}]} \leq R_{onmax} = 20 \Omega$$

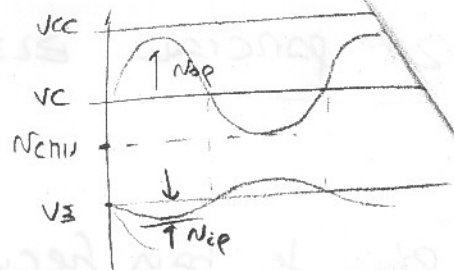
$$\Rightarrow \beta[(1+\delta)V_{Cmin} - |V_{top}| - \delta V_{CC}] \geq \frac{1}{R_{onmax}}$$

$$V_{Cmin} \geq \left[ \frac{1}{\beta R_{onmax}} + |V_{top}| + \delta V_{CC} \right] / (1+\delta) = \underline{4,6 \text{ V}} = V_{CLIM}$$

$$\Rightarrow V_{CC} - R_C \left( I_C + \frac{V_{ipmax}}{R_{E1}} \right) \geq V_{CLIM}$$

$$\Rightarrow R_C \leq \frac{V_{CC} - V_{CLIM}}{I_C + \frac{V_{ipmax}}{R_{E1}}}$$

$$\boxed{R_C \leq 5,65 \text{ k}\Omega}$$



~~Handwritten signature or scribble~~

Problema 2

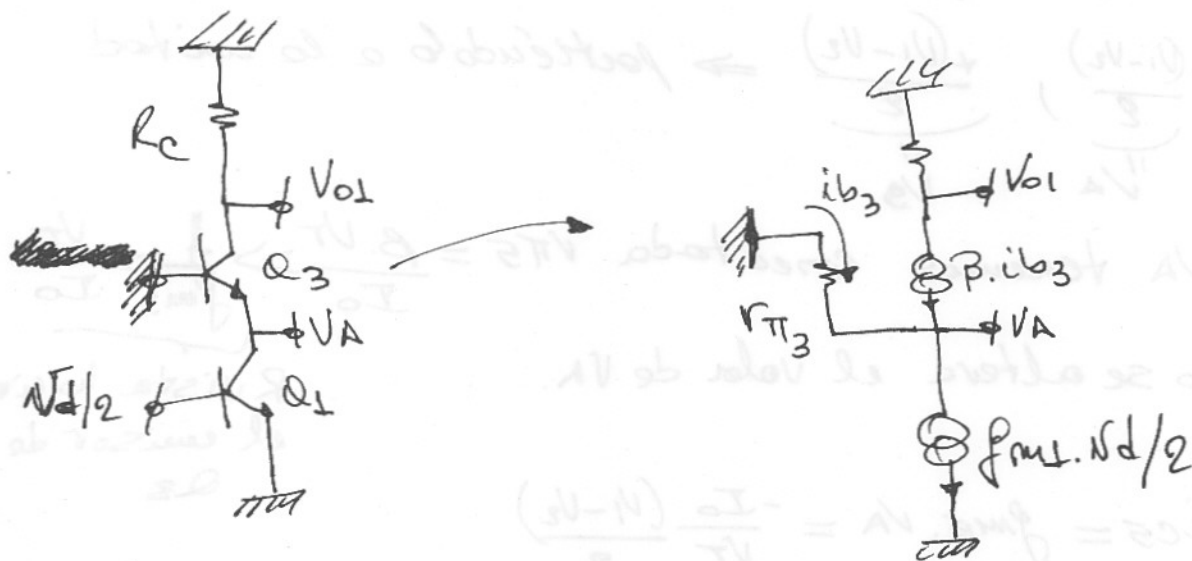
a) Como la fuente de corriente es ideal  $\beta$

$r_o = \infty$  (tensión de Early infinita)

$\Rightarrow A_c = 0$ ,  $C_{MRR} = \infty \rightarrow$  basta considerar señal diferencial de entrada.

Sea  $V_d = V_1 - V_2$ .

Por la simetría del circuito, con un modo de diferencial  $+V_d/2$ ,  $-V_d/2$ , los emisoras de  $Q_1$  y  $Q_2$  están puestas  $\Rightarrow$  en señal, considerando una mitad del circuito:



$$\Rightarrow (\beta + 1) i_{b3} = g_{m1} \cdot \frac{V_d}{2} \Rightarrow i_{b3} = \frac{g_{m1}}{(\beta + 1)} \frac{V_d}{2}$$

$$\Rightarrow V_A = - \frac{g_{m1}}{(\beta + 1)} \cdot r_{\pi 3} \cdot \frac{V_d}{2} \Rightarrow \boxed{V_A \approx - \frac{V_1 - V_2}{2}}$$

$$g_{m1} = \frac{I_0}{V_T}$$

$$r_{\pi 3} = \frac{\beta \cdot V_T}{I_0}$$

$$V_d = V_1 - V_2$$

$$\text{Análogamente } \boxed{V_B = \frac{V_1 - V_2}{2}}$$

(si fue con derivio pues la otra mitad tiene entrada  $-V_d/2$ )

El resultado también se puede obtener usando que la resistencia vista ~~del~~ <sup>hacia</sup> el emisor de Q3 es  $\cong \frac{1}{g_{m3}} = \frac{1}{g_{m1}}$ , pues  $I_{c3} = I_{c1}$ .

$$es \cong \frac{1}{g_{m3}} = \frac{1}{g_{m1}}, \text{ pues } I_{c3} = I_{c1}.$$

Como  $\beta \gg 1 \Rightarrow i_{c3} \cong i_{e3} \Rightarrow v_{o1} = -R_c \cdot g_{m1} \frac{v_d}{2}$

Análogamente:  $v_{o2} = R_c g_{m1} \frac{v_d}{2}$

$$\Rightarrow v_o = v_{o2} - v_{o1} = g_{m1} R_c \cdot v_d$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{v_o}{v_1 - v_2} = g_{m1} \cdot R_c = \frac{I_o}{V_T} \cdot R_c}$$

b) i) El par diferencial <sup>Q5, Q6</sup> tiene entrada diferencial  $\frac{-(v_1 - v_2)}{2}$ ,  $\frac{+(v_1 - v_2)}{2} \Rightarrow$  partiéndolo a la mitad

$$\underbrace{\frac{-(v_1 - v_2)}{2}}_{v_A}, \underbrace{\frac{+(v_1 - v_2)}{2}}_{v_B} \Rightarrow \text{partiéndonlo a la mitad}$$

en VA tenemos conectada  $V_{T5} = \frac{\beta \cdot V_T}{I_o} \Rightarrow \frac{1}{g_{m3}} = \frac{V_T}{I_o}$

Rvista hacia el emisor de Q3

$\Rightarrow$  no se altera el valor de VA.

$$ii) i_{c5} = g_{m5} \cdot v_A = -\frac{I_o}{V_T} \frac{(v_1 - v_2)}{2}$$

$$i_{c6} = g_{m6} \cdot v_B = \frac{I_o}{V_T} \frac{(v_1 - v_2)}{2}$$

$$\Rightarrow v_{o1} = -R_c (i_{c3} + i_{c6}) = -R_c \left( g_{m1} \frac{v_d}{2} + g_{m6} v_B \right) = -R_c \frac{I_o}{V_T} \frac{(v_1 - v_2)}{2}$$

Análogamente:  $v_{o2} = R_c \frac{I_o}{V_T} (v_1 - v_2)$

$$\Rightarrow v_o = v_{o2} - v_{o1} \Rightarrow \boxed{\frac{v_o}{v_1 - v_2} = \frac{2 R_c I_o}{V_T}}$$



Se enciende en  $V_{in} = 1V$  en 252

3  
La fuente  
( $Q_1, Q_2, R$ )

caso  $Q_3$  cortado,  $Q_1$  conduce toda la corriente  $I$   
 $\Rightarrow I_{BQ_1} = I \Rightarrow I_{CQ_1} > 0 \Rightarrow I_{LED} > 0 \Rightarrow LED ON$

b) Para que  $I_{LED} = 10mA$  indep  $\beta \Rightarrow Q_5 sat.$

$$\Rightarrow I_{R_{LED}} = \frac{V_{CC} - V_{F_D} - V_{CE_{SAT}}}{R_{LED}} = 10mA \Rightarrow R_{LED} = 350\Omega$$

Para que  $Q_5 sat$   $I_B \gg \frac{I_{CQ_5}}{\beta} = \frac{10mA}{100} = 100\mu A$

$$\Rightarrow I_{BQ_5} = 1mA$$

$$\Rightarrow I = 1mA \Rightarrow \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R} = 1mA \Rightarrow R = 4,3K\Omega$$

c) Cuando el LED está encendido  $V_O = V_{CE_{SAT_5}} = 0,3V$

$\Rightarrow V_{in} > 0,3V$  para que la salida sea interpretada como un 0 lógico

  
LINDER REYES.

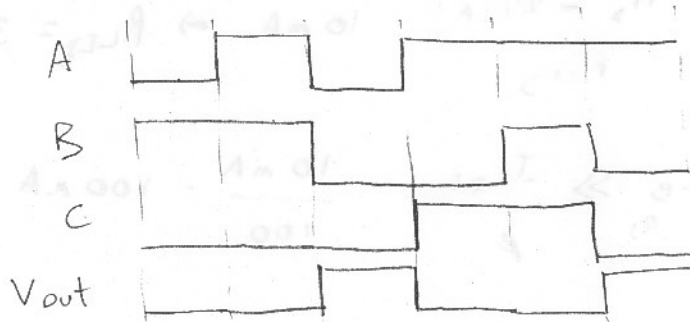
# Problema 4

2º Parcial 2007

a)

A	B	C	Vout
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

b) i)



ii)

$$T_{Vout} = 3T \Rightarrow f_{Vout} = \frac{1}{3T}$$

$$P_D = \frac{1}{3T} C_L V_{DD}^2$$

Pablo Castro