

2do. PARCIAL DE ELECTRONICA 1

06/07/2016

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 (27 puntos)

Para el circuito de la figura se pide calcular

- Corriente de colector en DC (I_C)
- Ganancia v_{out}/v_{in} en banda pasante
- Resistencia de entrada R_{in}
- Resistencia de salida R_{out}
- Frecuencia de corte inferior f_{inf}

Datos: $V_{dd} = -V_{ss} = 10V$, $R_2 = 10k\Omega$, $R_1 = 4.7k\Omega$, $C_1 = 1\mu F$, $V_{EB} = 0.7V$, $V_{ECsat} = 0.3V$, $V_A = \infty$, $\beta = 100$.

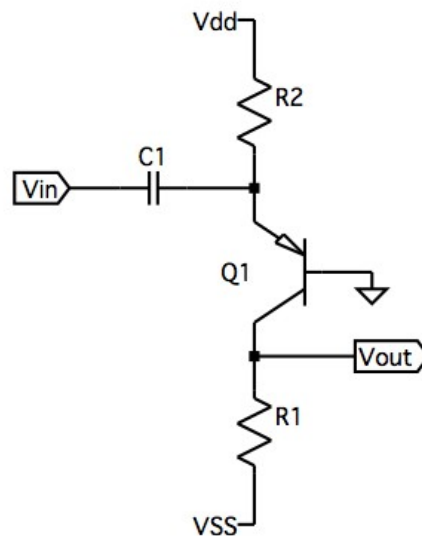


Figura 1

PROBLEMA 2 (29 puntos)

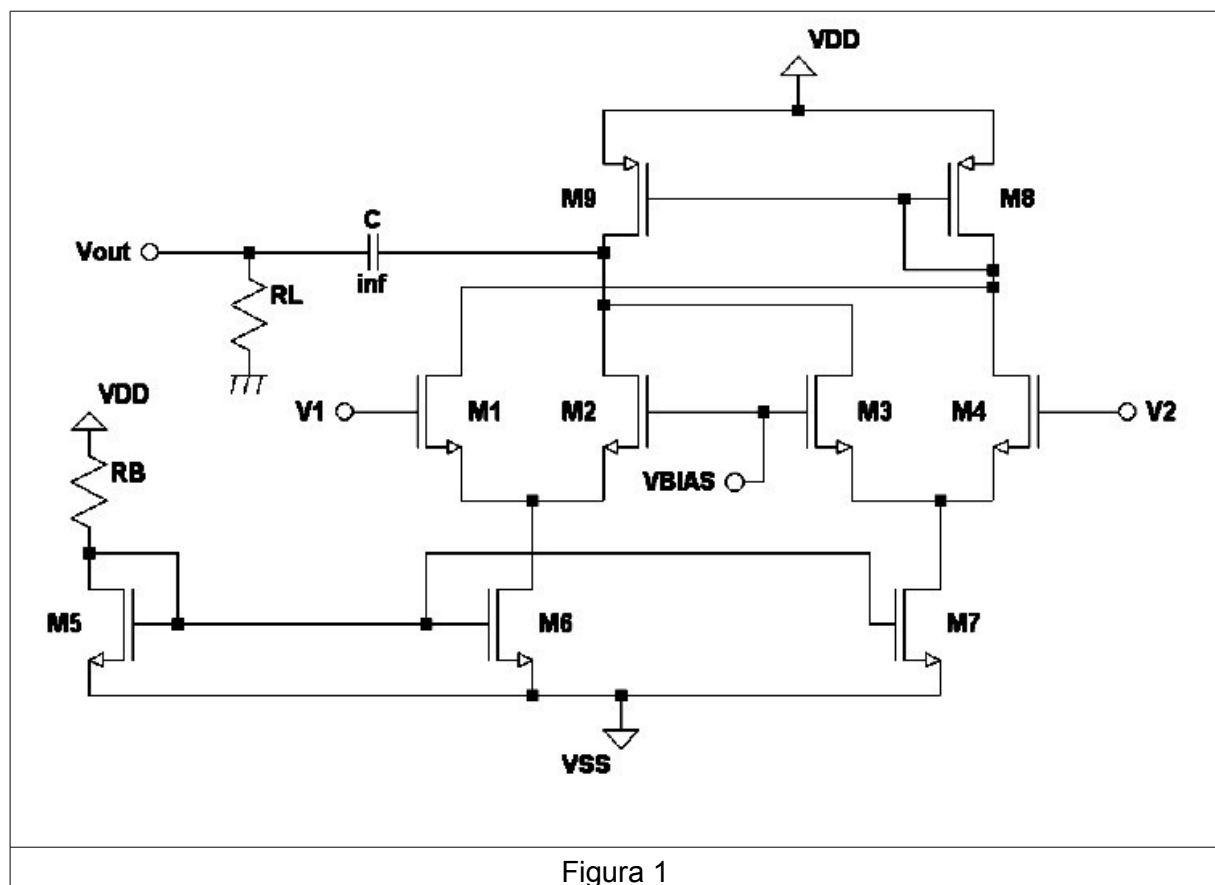
El circuito de la figura sensa dos señales V1 y V2 las cuales tienen una componente diferencial en señal de valor v_d y una componente en modo común de valor $V_{BIAS} + v_{cm}$, donde V_{BIAS} es un valor DC y v_{cm} es una señal con componente DC nula.

- Determine el valor de R_B para que la corriente por los transistores M6 y M7 sea I_0 .
- El circuito busca obtener una señal de salida V_{out} que dependa solamente de la señal v_{cm} . Determine las ganancias $\left(\frac{v_{out}}{v_d}\right)_{v_{cm}=0}$ y $\left(\frac{v_{out}}{v_{cm}}\right)_{v_d=0}$ en función de I_0 , R_L y de los parámetros de los transistores.
- Determine el rango de valores de V_{BIAS} para los cuales el circuito funciona correctamente en función de I_0 , los parámetros de los transistores y la tensiones de alimentación. Para esta parte se pueden considerar de amplitud despreciable las componentes de señal v_d y v_{cm} en las entradas V1, V2.

Datos:

nMOS: β_n , V_{ton} , $\delta_n = 0$, V_{An} se puede considerar infinito

pMOS: β_p , V_{top} , $\delta_p = 0$, V_{Ap} se puede considerar infinito



PROBLEMA 3 (25 puntos)

El circuito de la Figura 1 implementa un convertor DC / DC que reduce la tensión de entrada (es del tipo Step-Down). La tensión V_{in} es tal que el transistor funciona como llave (entre corte y saturación) con $V_{CESAT}=0.5$ V y $V_{BE}=0.7$ V, el diodo tiene $V_{\gamma}=1.2$ V, se supondrá que el condensador es infinito y se puede asumir que la corriente por el inductor I_L es siempre positiva.

Se desea:

- Calcular $V_o=f(T_1/\Delta T; V_{\gamma}; V_{CESAT}; V_{CC})$
- Graficar I_L en función del tiempo.

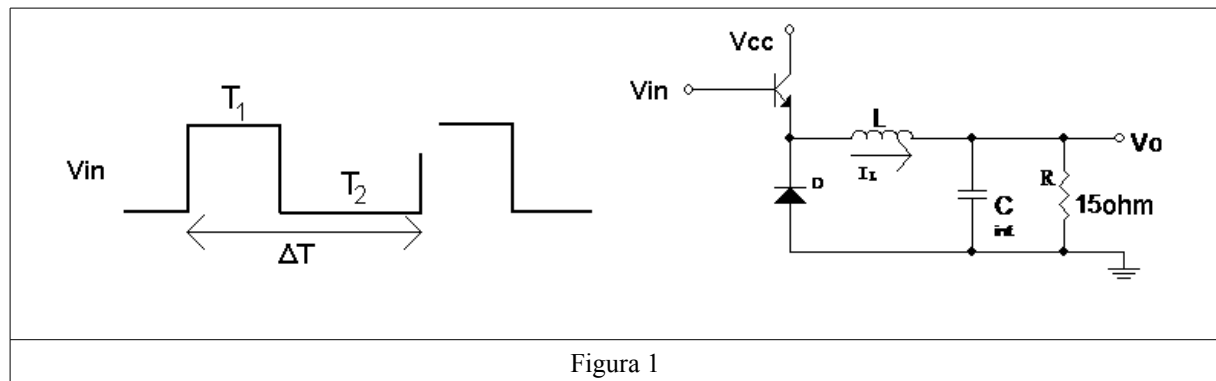


Figura 1

PREGUNTA (19 puntos)

El circuito de la figura se utiliza para conectar y desconectar la resistencia R_L a una fuente de alimentación V_{DD1} . Las fuentes de alimentación V_{DD1} y V_{DD2} son del mismo valor pero independientes.

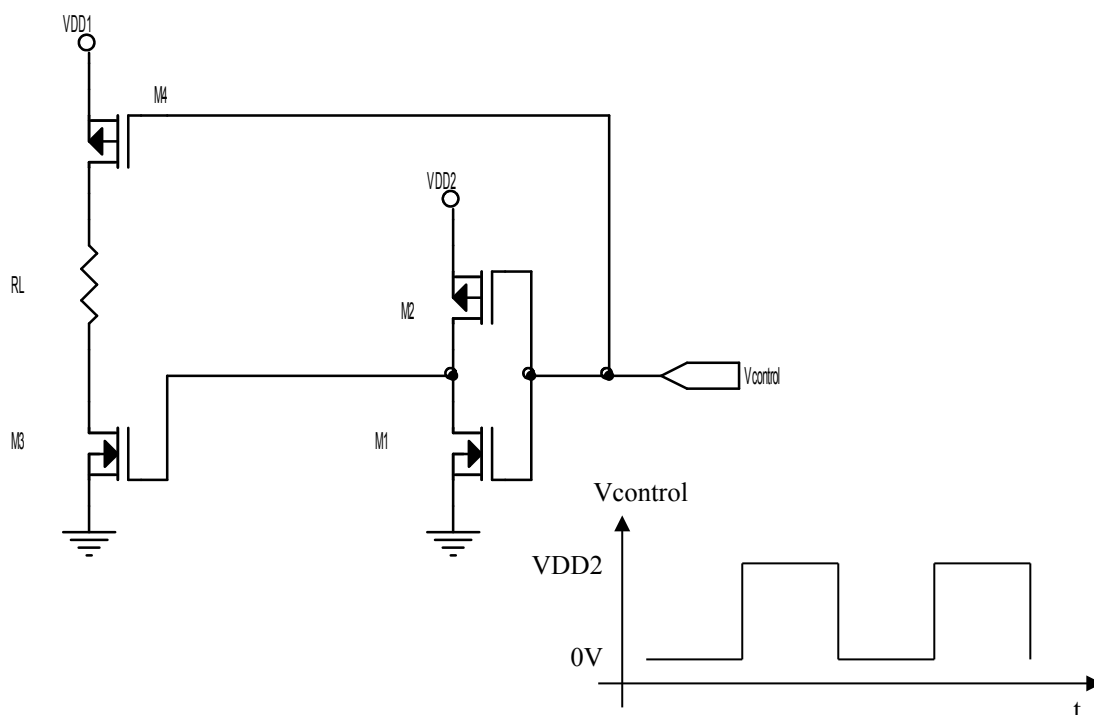
- Indicar cuál es la mínima resistencia R_L que se puede manejar si se desea que la tensión aplicada a R_L cuando esta está conectada difiera de V_{DD1} en menos de un 1%.
- Si R_L se conecta y desconecta cíclicamente, permaneciendo 0.5ms conectada y 0.5ms desconectada, estimar la potencia consumida de la fuente de alimentación V_{DD2} .

Datos: Transistores MOS:

$$V_{tn} = |V_{tp}| = 0.9V, \beta_{LXn} = \beta_{LXp} = 10 \text{ mA/V}^2, \epsilon_1 \delta n = \delta \epsilon_1 p = 0$$

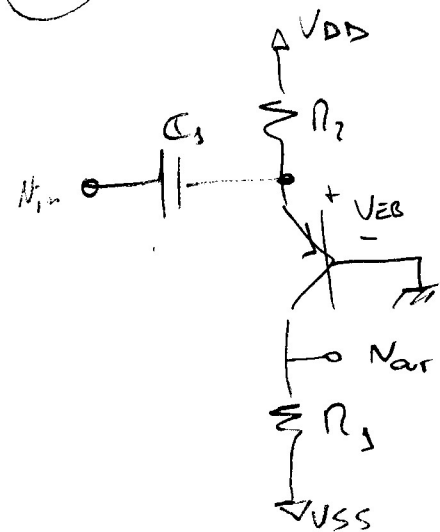
Capacidad gate-source: 50pF

$$V_{DD1} = V_{DD2} = 5V.$$



2^o PARCIAL - ELECTRONICA I - JUL/2016

1



$V_{DD} = -V_{SS} = 10V$

$R_1 = 4.7k \quad R_2 = 10k$

$C_1 = 1\mu F, \quad \beta = 100$

$V_{EB} = 0.7V, \quad V_{ECSAT} = 0.3V$

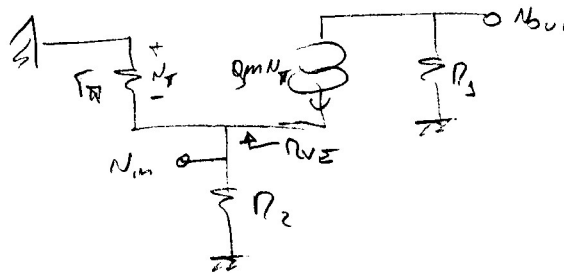
(a) $I_C = \frac{V_{DD} - V_E}{R_2} = \frac{V_{DD} - V_{EB}}{R_2}$

$\Rightarrow I_C = 0.93 \text{ mA}$

(b) Eq.: π - α

$g_m = \frac{I_C}{V_T} = 35.9 \text{ mA/V}$

$r_{\pi} = \frac{\beta V_T}{I_C} = 28 \Omega$



$N_{out} = -g_m r_{\pi} \cdot R_L$

$N_{in} = -N_{in}$

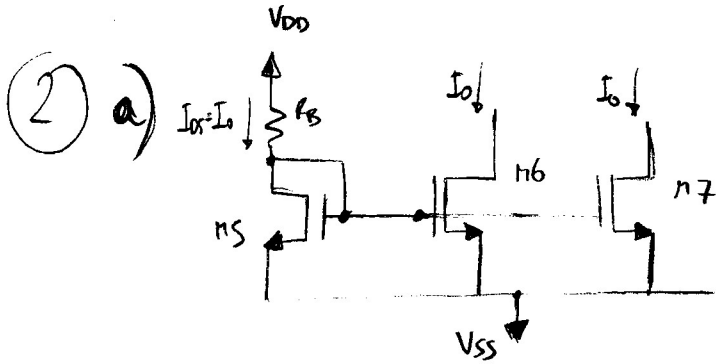
$\Rightarrow \frac{N_{out}}{N_{in}} = g_m R_L = 169\%$

(c) $R_{in} : R_{vE} = \frac{r_{\pi}}{\beta + 1} \approx \frac{1}{g_m} \ll R_2$

$\Rightarrow R_{in} = R_2 \parallel R_{vE} \approx R_{vE} \Rightarrow R_{in} \approx \frac{1}{g_m} = 27.8 \Omega$

(d) $R_{out} = R_1 = 4.7k \Omega$

(e) $f_{inf} = \frac{1}{2\pi C_1 R_{in}} = 5.71 \text{ kHz}$



M5-M6M7 Espejo

NO MOS: $I_0 = \frac{V_{DD} - V_{GS}}{R_B} \Rightarrow V_{GS} = V_{DD} - R_B I_0$

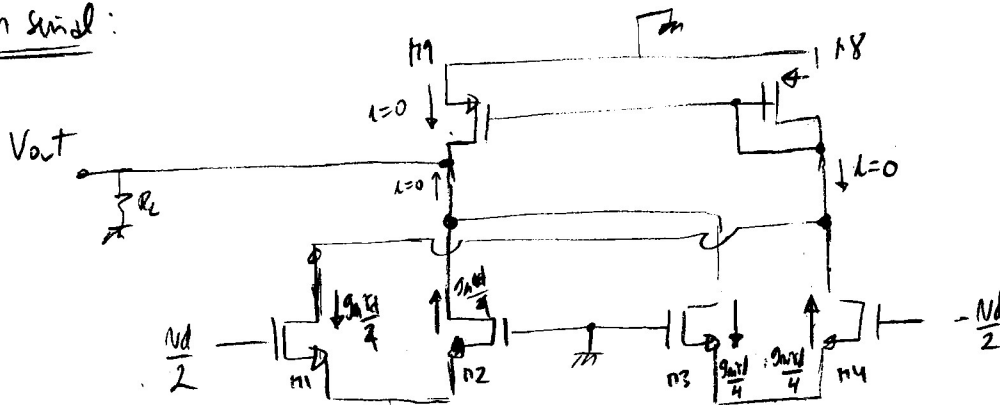
TRANSISTOR MOS: $I_0 = I_{D5} = \frac{\beta_m}{2(1+\delta_m)} (V_{GS} - V_{thm})^2 \stackrel{\delta=0}{=} \frac{\beta}{2} (V_{GS} - V_{thm})^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow I_0 = \frac{\beta}{2} (V_{DD} - R_B I_0 - V_{SS} - V_{thm})^2 \Rightarrow \pm \sqrt{\frac{2I_0}{\beta}} = V_{DD} - R_B I_0 - V_{SS} - V_{thm}$

$\Rightarrow R_B = \frac{V_{DD} - V_{thm} - \sqrt{2I_0/\beta} - V_{SS}}{I_0}$

→ observar que tomar $-\sqrt{\frac{2I_0}{\beta}}$ implica $V_{GS} < V_{thm}$ (M5 cortado)

(b) En señal:



$g_{m1} = g_{m2} = g_{m3} = g_{m4} = g_m$

$N_1 - N_2 = Nd$

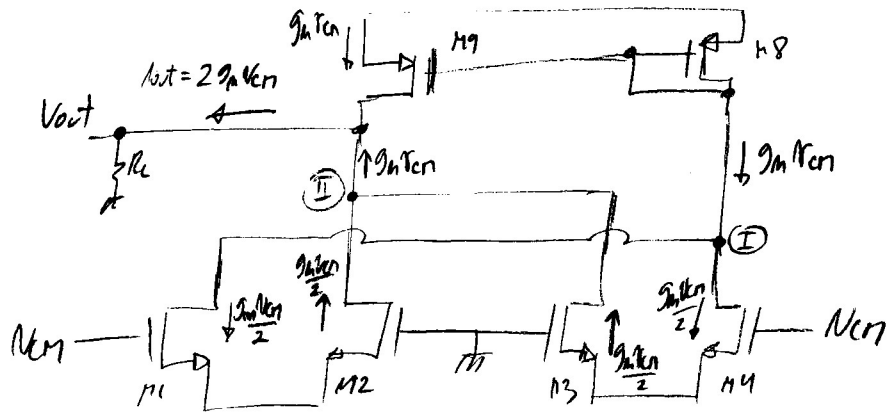
Espejos $\Rightarrow \frac{N_{out}}{N_1 - N_2} = 0$

→ toda la corriente por M1 se iguala a la corriente por M4 y toda la corriente por M3 se iguala a la corriente por M2 \Rightarrow corriente por M3 y M4 es cero $\Rightarrow I_{RL} = 0 \Rightarrow V_{out} = 0$

PD M1-M2: $i_{d1} = \frac{1}{2} g_{m1} \frac{Nd}{2} = \frac{g_m Nd}{4}$
 $i_{d2} = -\frac{1}{2} g_{m1} \frac{Nd}{2} = -\frac{g_m Nd}{4}$

PD M3-M4: $i_{d3} = \frac{1}{2} g_{m3} \frac{Nd}{2} = \frac{g_m Nd}{4}$
 $i_{d4} = \frac{1}{2} g_{m3} \frac{Nd}{2} = -\frac{g_m Nd}{4}$

$$\frac{V_{out}}{V_{cm}} \Big|_{V_d=0}$$



PD M1M2: $l_{D1} = \frac{1}{2} g_m V_{cm}$
 $l_{D2} = -\frac{1}{2} g_m V_{cm}$

PD M3M4: $l_{D3} = -\frac{1}{2} g_m V_{cm}$
 $l_{D4} = \frac{1}{2} g_m V_{cm}$

Nodo I: $l_{D8} = l_{D4} + l_{D1} = g_m V_{cm} \Rightarrow l_{D9} = g_m V_{cm}$ } $\Rightarrow l_{out} = 2 g_m V_{cm}$
 Nodo II: $l_{out} = -l_{D2} - l_{D3} + l_{D9}$ } \Rightarrow
 Nodo Vout: $l_{out} = \frac{l_{out}}{R_L}$ } \Rightarrow

$$\Rightarrow \left\| \frac{V_{out}}{V_{cm}} = 2 g_m R_L \right\| \quad \text{con } g_m = \sqrt{2 \beta \frac{I_o}{2}} = \sqrt{\beta I_o}$$

(c) Hacia Vss: $V_{BIAS} - V_{GS1} - V_{DS6SAT} > V_{SS}$
 $\frac{I_o}{2} = I_{D1} = \frac{\beta}{2} (V_{GS1} - V_{thn})^2 \Rightarrow V_{GS1} = V_{thn} + \sqrt{\frac{2 I_o / 2}{\beta_n}}$
 $V_{DS6SAT} = \frac{V_{GS6} - V_{thp}}{1 + \beta} \underset{\beta=0}{=} V_{GS6} - V_{thp}$
 $V_{GS6} = V_{thp} + \sqrt{\frac{2 I_o}{\beta_p}}$

$$\Rightarrow \left\| V_{BIAS} > V_{SS} + V_{thn} + \sqrt{\frac{I_o}{\beta_n}} + \sqrt{\frac{2 I_o}{\beta_p}} \right\|$$

Hacia Vdd: $V_{BIAS} - V_{GS1} + V_{DS4SAT} + V_{GS8} < V_{DD}$
 $V_{GS1} = V_{thn} + \sqrt{\frac{I_o}{\beta_n}}, V_{DS4SAT} = \sqrt{\frac{I_o}{\beta_p}}$
 $V_{GS8} = V_{thp} + \sqrt{\frac{2 I_o}{\beta_p}}$

$$\Rightarrow \left\| V_{BIAS} < V_{DD} + V_{thn} - V_{thp} - \sqrt{\frac{2 I_o}{\beta_p}} \right\|$$

Problema 4).

$$2) \frac{2 \cdot R_{M3, M4}}{R_{M3, M4} + R_L} < 0,01$$

$$\hat{=} R_{M3, M4} + R_L$$

$$\frac{2 R_{M3, M4} - 0,02 R_{M3, M4}}{0,01} < R_L$$

$$\Rightarrow R_L > 4830 \Omega$$

$$R_{M3, M4} = \frac{1}{\beta (V_{DD} - V_T)} = 24,39 \Omega.$$

b)

$$P = f C V_{DD}^2 = 1 \text{ kHz} \cdot 50 \text{ fF} \cdot 2,5 \text{ V}^2 = 1,25 \mu\text{W}$$