

EXAMEN DE ELECTRONICA 1
19/12/2013

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 (38 puntos)

El circuito de la Figura implementa un “fusible electrónico”, es decir un circuito cuya función es interrumpir la corriente I si esta supera un cierto límite, permaneciendo interrumpida hasta que se oprima el botón indicado como RESET. Cuando la corriente es menor a dicho límite se comporta como una pequeña resistencia en serie.

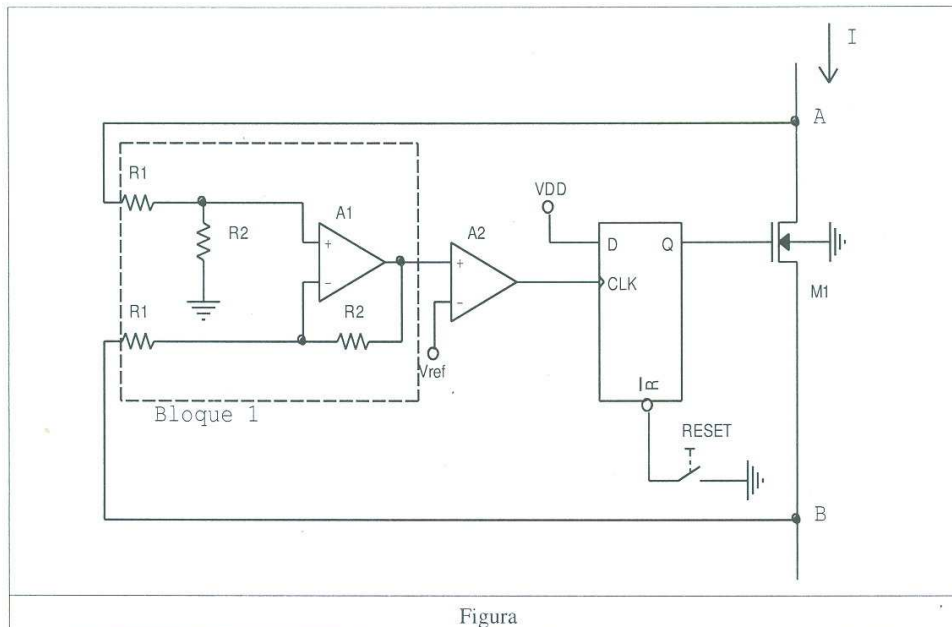
Salvo cuando se indique lo contrario se supondrá que:

- Los amplificadores operacionales son ideales
- El borne B del Fusible está a potencial de tierra.
- La corriente I es continua.

- a) ¿Qué resistencia presenta el Fusible al pasaje de la corriente I cuando está conectado?
- b) ¿Para qué valor de la corriente I el Fusible interrumpe la corriente ?
- c) Si la corriente I en lugar de ser continua tiene superpuesta una componente alterna cuyo espectro de frecuencia tiene componentes hasta 10 KHz, ¿que frecuencia de transición f_T debe tener el amplificador A1 para que el fusible responda correctamente a esta corriente incluyendo sus componentes de alterna ?
- d) Si el borne B en lugar de estar a potencial de tierra tiene un potencial de alterna de amplitud $v_n = 100\text{mV}$ (que es mucho menor que VDD). ¿Qué CMRR y que ganancia en modo común debe tener el bloque indicado como Bloque 1 en la Figura para que v_n no altere en más de un 5% la corriente a la que actúa el fusible ?

DATOS:

- Todos los integrados están alimentados entre de VDD = 5V y tierra.
- M1: $V_{t0} = 1\text{V}$, $\beta = 2.5 \text{ A/V}^2$, $\delta = 0$.
- $R_2 = 100\text{K}$, $R_1 = 1\text{K}$, $V_{\text{ref}} = 1\text{V}$.



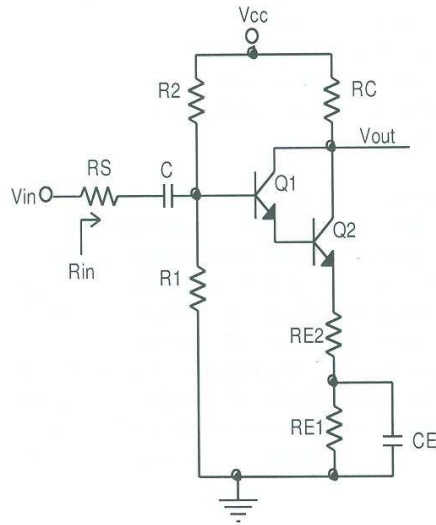
PROBLEMA 2 (38 puntos)

Para el circuito de la Figura se pide:

- Resistencia de entrada R_{in} y ganancia en la banda pasante.
- Frecuencia de corte inferior
- Excursión de salida

DATOS:

- $V_{CC}=15V$, $\beta=100$, $V_{BE}=0.7V$, $V_{CESAT}=0.3V$
- $R_S = 1k\Omega$, $R_1 = 2.7k\Omega$, $R_2 = 2.2k\Omega$, $R_C = 2.2k\Omega$, $R_{E1} = 4.7k\Omega$, $R_{E2} = 270\Omega$
- $C = 1000\mu F$, $C_E = 22\mu F$



Figura

PREGUNTA (24 puntos)

En el circuito de la Figura determinar en función de I_o y los datos del problema:

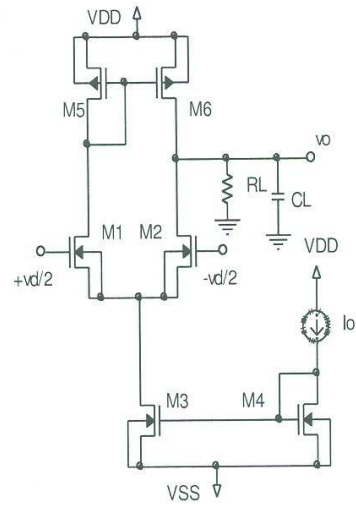
- a) La ganancia v_o/v_d a baja frecuencia.
- b) La excursión de salida.
- c) El slew rate.

Datos:

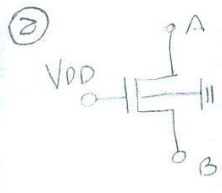
$V_{DD} = -V_{SS}$

Los transistores tienen:

$\beta_n = (\mu C_{ox} W/L)_n = (\mu C_{ox} W/L)_p = \beta_p, V_{ton} = |V_{top}| = V_{to}, \delta_n = \delta_p = 0, V_{An} = V_{Ap} = \infty$



Probleme 1



$$R_{in} = \frac{1}{\mu (V_{GS} - V_{T0})} = \frac{1}{\beta (V_{DD} - V_{T0})}$$

$$= \frac{1}{2,5 \frac{A}{V^2} \cdot (5V - 1V)} = 0,1 \Omega$$

$$\Rightarrow R_{in} = 0,1 \Omega$$

(b) Blocage 1 en tant que amplificateur différentiel. \Rightarrow

$$\Rightarrow V_{A2+} = V_{DS} \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow V_{A2+} = I \cdot R_{ON} \frac{R_2}{R_1}$$

(c) $\Rightarrow V_{DS} = I \cdot R_{ON}$ mise en court-circuit : $V_{A2+} = V_{ref}$

$$\Rightarrow I_{corte} \cdot R_{ON} \frac{R_2}{R_1} = V_{ref} \Rightarrow I_{corte} = \frac{R_1}{R_2} \frac{V_{ref}}{R_{ON}}$$

$$I_{corte} = \frac{1K\Omega}{100K\Omega} \cdot \frac{1V}{0,1\Omega} \Rightarrow I_{corte} = 100 \mu A$$

(c)

$$f_p = \frac{1}{2\pi (R_1 + R_2) C} \Rightarrow f_p \gg 10KHz \cdot 100 = \frac{1}{2\pi R_2 C}$$

(d) $N_{ch} = \frac{I \cdot R_{ON}}{2} + N_{II}$ $N_d = I \cdot R_{ON}$

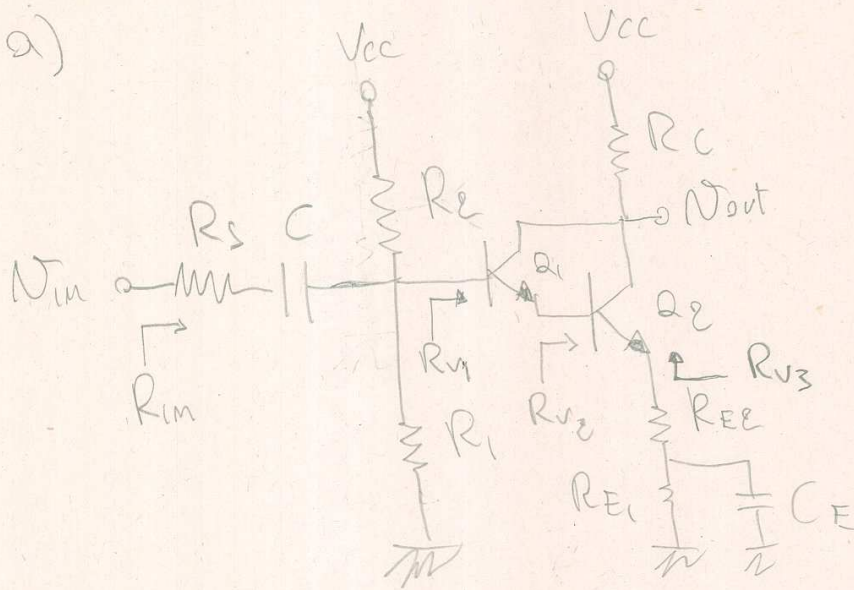
$$N_{AO2} = \left(\frac{I \cdot R_{ON}}{2} + N_{II} \right) \frac{Ad}{CMRR} + I \cdot R_{ON} Ad \Rightarrow$$

$\frac{I \cdot R_{ON}}{2} = 5mV \ll 100mV$

$$\Rightarrow I_{corte} = \frac{N_{ref}}{R_{ON}} \frac{R_1}{R_2} - \frac{N_{II}}{R_{ON} \cdot CMRR} \quad G_{cm} = 0,5$$

$$\frac{N_{II}}{R_{ON}} \frac{1}{CMRR} = 0,05 \cdot \frac{N_{ref}}{R_{ON}} \frac{R_1}{R_2} \Rightarrow CMRR = \frac{1}{0,05} \frac{N_{II}}{N_{ref}} \frac{R_2}{R_1} = 200$$

a)



Polarización

$$V_{B1} = V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad // \quad V_{E2} = V_{B1} - V_{BE1} - V_{BE2} \quad // \Rightarrow I_{C2} = \frac{V_{EE}}{R_{E1} + R_{E2}}$$

$$\Rightarrow \left. \begin{array}{l} I_{C2} = 1,4 \text{ mA} \\ I_{C1} = I_{C2} / \beta = 14 \text{ } \mu\text{A} \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} V_{\pi 2} = 1,88 \text{ k}\Omega \\ V_{\pi 1} = 188 \text{ } \Omega \end{array}$$

$$R_{V2} = V_{\pi 2} + \beta R_{EE2} \Rightarrow R_{V1} = V_{\pi 1} + \beta R_{V2} = V_{\pi 1} + \beta (V_{\pi 2} + \beta R_{EE2})$$

$$R_{in} = R_S + R_1 // R_2 // R_{V1} \Rightarrow R_{in} = 2,2 \text{ k}\Omega$$

$$2) \quad N_{out} = -R_c(\dot{N}_{c1} + \dot{N}_{c2})$$

$$\dot{N}_{c1} = \frac{\dot{N}_{c2}}{\beta} \Rightarrow N_{out} \approx -R_c \dot{N}_{c2}$$

$$N_{b1} = \frac{(R_1 \parallel R_2 \parallel R_{v1}) N_{im}}{R_s + (R_1 \parallel R_2 \parallel R_{v1})}$$

$$\dot{N}_{b1} = \frac{N_{b1}}{R_{v1}} \Rightarrow \dot{N}_{e1} = \dot{N}_{b2} = \frac{\beta \cdot N_{b1}}{R_{v1}}$$

$$\Rightarrow \dot{N}_{c2} = \beta \dot{N}_{b2} = \frac{\beta^2 N_{b1}}{R_{v1}} \Rightarrow N_{out} = -R_c \frac{\beta^2 N_{b1}}{R_{v1}}$$

$$N_{out} = -R_c \beta^2 \frac{(R_1 \parallel R_2 \parallel R_{v1}) N_{im}}{R_s + (R_1 \parallel R_2 \parallel R_{v1})}$$

$$\Rightarrow \frac{N_{out}}{N_{im}} = - \frac{\beta^2 R_c (R_1 \parallel R_2 \parallel R_{v1})}{[r_{\pi 1} + \beta(r_{\pi 2} + \beta R_{E2})][R_s + (R_1 \parallel R_2 \parallel R_{v1})]}$$

$$\frac{N_{out}}{N_{im}} = -3,9$$

$$b) f_c = \frac{1}{2\pi R_{in} C} = 0,07 \text{ Hz}$$

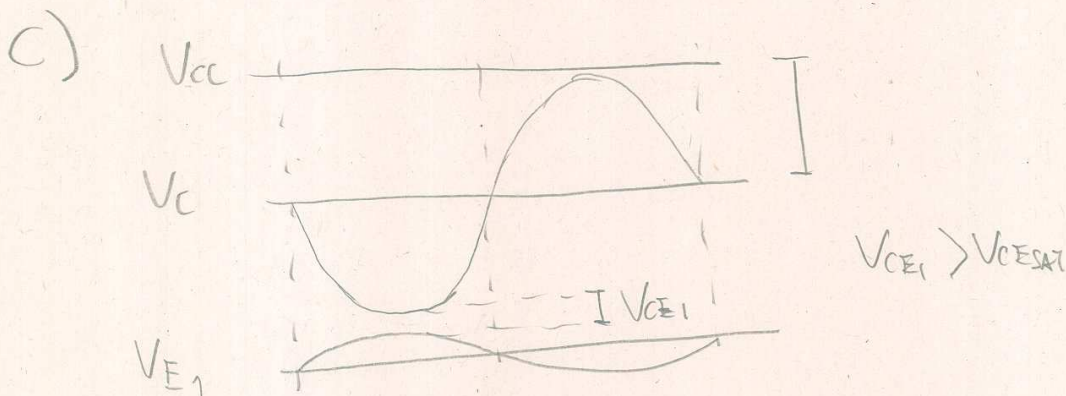
$$f_{CE} = \frac{1}{2\pi (R_{E1} \parallel (R_{E2} + R_{V3})) C_E}$$

$$R_{V3} = \frac{1}{g_{m2}} + \frac{1}{\beta g_{m1}} + \frac{1}{\beta} (R_1 \parallel R_2 \parallel R_5) \ll R_{E2}$$

$18,8 \Omega$

$$\Rightarrow f_{CE} \approx \frac{1}{2\pi (R_{E1} \parallel R_{E2}) C_E} = 28,3 \text{ Hz}$$

$$\Rightarrow f_L \approx 28,3 \text{ Hz}$$



Análisis saturación de Q_1

$$V_{CE1} = (V_c - V_{op}) - \left(V_{E1} + \frac{V_{op}}{|G|} \right) = V_c - V_{E1} - V_{op} \left(\frac{|G| + 1}{|G|} \right) > V_{CESAT}$$

$$\Rightarrow V_{op} < (V_c - V_{E1} - V_{CESAT}) \frac{|G|}{1 + |G|}$$

c) Análisis corte

$$V_c + V_{op} < V_{cc} \Rightarrow V_{op} < V_{cc} - V_c$$

$$\Rightarrow V_{op}^{MAX} = \min \left\{ \underbrace{V_{cc} - V_c}_3 ; \underbrace{\frac{|G|}{|G+1|} (V_c - V_E - V_{CESAT})}_{3,26} \right\}$$

$$\Rightarrow \boxed{V_{op}^{MAX} = 3V}$$