

EXAMEN DE ELECTRONICA 1
19/12/14

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 (40 puntos)

En el amplificador de la figura determinar:

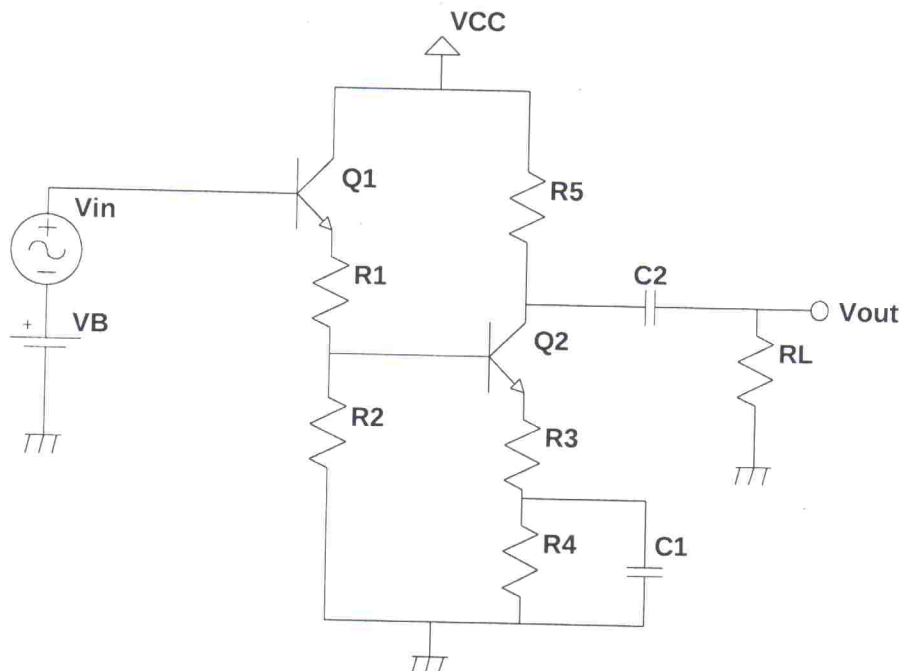
- La corriente IC por los transistores y la tensión en cada una de sus terminales (en DC).
- La ganancia V_{out}/V_{in} a frecuencias medias.
- La resistencia de entrada vista desde la fuente V_{in} a frecuencias medias.
- La frecuencia de corte inferior.

Datos:

$V_{DD}=15V$, $V_B=5V$, $C_1=C_2=10\mu F$

$R_1=2.7k\Omega$, $R_2=5.6k\Omega$, $R_3=150\Omega$, $R_4=1.0k\Omega$, $R_5=3.3k\Omega$, $R_L=10.0k\Omega$

$Q_1, Q_2: \beta=100$, $V_{BE}=0.7V$, $V_{CEsat}=0.3V$, Tensión de Early infinita.



PROBLEMA 2 (40 puntos)

El circuito de la figura permite modificar la ganancia V_o/V_i según la llave S esté abierta o cerrada.

- a) Considerando que el amplificador operacional OA es ideal calcular la ganancia V_o/V_i para ambas configuraciones (llave S abierta y S cerrada).

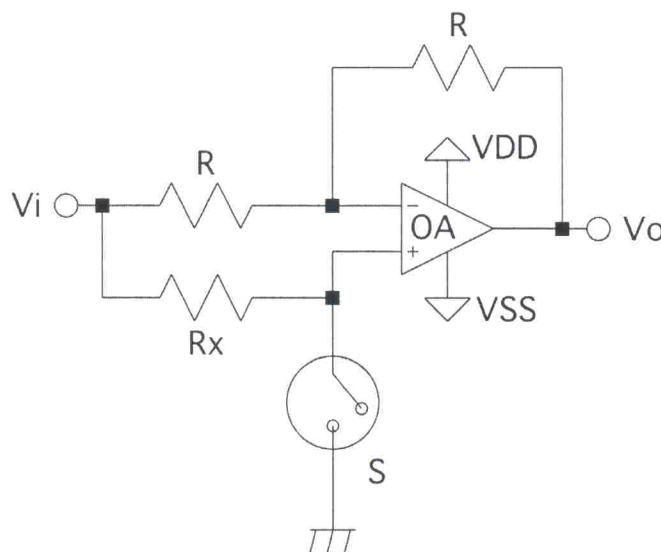
En lo que sigue se considera el OA real con los datos que se proporcionan al final del problema.

- b) Determinar el ancho de banda del circuito para ambas configuraciones.
 c) Considerando una señal de entrada V_i sinusoidal con nivel de continua cero, deduzca la máxima amplitud de V_i para que el circuito funcione correctamente en ambas configuraciones.
 d) ¿Qué condición debe cumplir el SR del OA para que el circuito funcione correctamente para señales sinusoidales de entrada de frecuencia menor o igual al ancho de banda determinado en b) y amplitud V_i menor o igual a la determinada en c)?
 e) Indicar cómo cambia el valor de la salida, si se consideran las corrientes de polarización y la tensión de offset de los amplificadores operacionales para el caso en S está abierta. ¿Cuánto debe valer R_x para minimizar este efecto y cuánto cambia la salida en este caso?

Fundamente todas las respuestas.

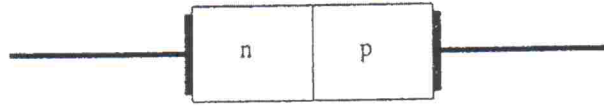
Datos:

- $OSW=[VSS+0.7V, VDD-0.7V]$
- $ICMR=[VSS+1.5V, VDD-0.5V]$
- $VDD=-VSS=5V$
- $f_T=1MHz$
- $R=1M\Omega$, $V_{offset}=5mV$, $I_{bias}=0.5\mu A$, $I_{offset}=0.1\mu A$
- Llave S ideal.



PREGUNTA (20 puntos)

En la figura se muestra un diodo de Silicio.



- a) ¿Qué lado de la juntura se dopó con fósforo (siendo fósforo una impureza donadora)? Justifique claramente
- b) Suponga que la juntura p-n está conectada en directo a un fuente V:
 - a. ¿A qué lado de la juntura se le conecta el borne positivo de la fuente V?
 - b. Graficar cómo es la distribución de portadores minoritarios a lo largo del diodo dada esta configuración. Indicar en la gráfica las cantidades: n_{p0} , p_{n0} , $n_p(x=0)$, $p_n(x=0)$. Supongo el caso que $N_A > N_D$.
 - c. Para dos corrientes I_1 e I_2 , con $I_2 > I_1$ mostrar cómo varía la distribución de portadores minoritarios graficada en ii)
- c) ¿Indicar si las corrientes de difusión y de arrastre (drift) a través de la juntura aumentan, disminuyen o no varían si se disminuye el voltaje V aplicado entre los bornes? Justifique su respuesta.

Prob. 1

$$a) I_{E1} = \frac{V_B - V_{BE}}{R_1 + R_2} \quad (\text{H}) \quad I_{B2} \text{ despreciable}$$

$\approx V_{E1} = 4.3V$

$$\Rightarrow I_{E1} = 0.52 \text{ mA}$$

$$V_{B2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{E1} = 2.3V$$

$$I_{E2} = \frac{V_{B2} - V_{BE}}{R_3 + R_4} = 1.9 \text{ mA} \quad \approx V_{E2} = 2.2V$$

$$V_{E1} = V_{DD} = 15V, \quad V_{C2} = V_{DD} - R_5 \cdot I_{C2} \approx$$

$$V_{DD} - R_5 \cdot I_{E2} \approx 8.7V$$

Verificación (H):

$$I_{B2} = \frac{I_{E2}}{\beta + 1} = 1.9 \mu A \ll I_{E1} = 520 \mu A$$

\Rightarrow se verifica \checkmark

b)

$$V_{T1} = \frac{\beta \cdot V_T}{I_{C1}} = 5k$$

$$I_{C1} = \frac{I_{C1}}{V_T} = 0.025$$

$$V_{T2} = \frac{\beta \cdot V_T}{I_{C2}} = 1.36k$$

$$R_{V_{BE}} = V_{T2} + (\beta + 1) R_3 = 16.5k$$

$$g) \frac{V_{e1}}{V_{in}} = \frac{\beta_{m1} R_{e1}}{1 + \beta_{m1} R_{e1}} \approx 1$$

$$R_{e1} = R_1 + R_2 // R_{B2} = 6.9k$$

$$\beta_{m1} R_{e1} = 137 \gg 1$$

$$\frac{V_{b2}}{V_{e1}} = \frac{R_{e1}}{R_1 + R_{e1}} = 0.72$$

$$\frac{V_{out}}{V_{b2}} = \frac{-\beta (R_5 // R_4)}{1 + \beta + (\beta + 1) R_3} = -15.0$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{V_{out}}{V_{b2}} \cdot \frac{V_{b2}}{V_{e1}} \cdot \frac{V_{e1}}{V_{in}} = -10.8}$$

700k

$$c) \boxed{R_i = R_{T1} + (\beta + 1) R_{e1} = \dots}$$

d) polo de C_2 a C_2 :

$$f_{c2} = \frac{1}{2\pi C_2 (R_5 + R_4)} = 1.2 \text{ Hz}$$

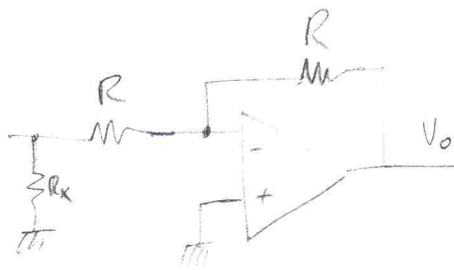
polo de C_1 a C_1 :

$$f_{c1} = \frac{1}{2\pi C_1 (R_3 // R_4)} = 122 \text{ Hz}$$

$\hookrightarrow R_{T2} \ll (\beta + 1) R_3$

$$\Rightarrow f_{-3dB} = 122 \text{ Hz}$$

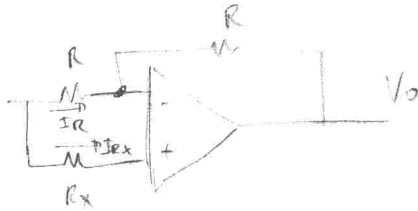
(a) SON (CERRADA) V_i



$$\Rightarrow \boxed{\frac{V_o}{V_i} = -1}$$

} SON

OFF (ABIERTA) V_i



NO ENTRA CORRIENTE POR PATA DEL OLA \Rightarrow
 $\Rightarrow I_{R_x} = I_R = 0 \Rightarrow \boxed{\frac{V_o}{V_i} = 1}$
 } SON

(b) SON (CERRADA)

$$f_{-3db} = \frac{f_T}{1 + \frac{R}{R_x}}$$

$$\Rightarrow \boxed{f_{-3db} = \frac{f_T}{2}}$$

} SON

OFF (ABIERTA)

$$V_o = A(s) (V_+ - V_-) = A(s) \cdot (V_i - V_-)$$

$$\Rightarrow V_o = A(s) \cdot \left(\frac{V_i}{2} - \frac{V_o}{2} \right) \Rightarrow$$

$$\frac{V_i - V_-}{R} = \frac{V_- - V_o}{R} \Rightarrow V_i = 2V_- - V_o \Rightarrow V_- = \frac{V_i + V_o}{2}$$

$$\Rightarrow V_o + \frac{A(s)V_o}{2} = \frac{A(s)V_i}{2} \Rightarrow \frac{V_o}{V_i} = \frac{A(s)/2}{1 + \frac{A(s)}{2}} = \frac{\frac{1}{2} A_0}{1 + \frac{A_0}{2}} = \frac{\frac{1}{2} A_0}{1 + \frac{A_0}{2}}$$

$\frac{1}{2} A_0 \gg 1$

$$\Rightarrow \frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{1}{2} A_0}{1 + \frac{A_0}{2}} \approx \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{1 + \frac{A_0}{2}}$$

$$\Rightarrow \boxed{f_{-3db} = \frac{f_T}{2}}$$

} OFF

(c) $OSW = [-4,3V; 4,3V]$, $ICNR = [-3,5V; 4,5V]$

SON $V_i \in ICNR, |V_o| = |V_i| \in [-4,3V; 4,3V]$

OFF $V_i \in ICNR = [-3,5V; 4,5V], |V_o| = |V_i| \in [-4,3; 4,3V]$

condición + restrictiva (señal sinusoidal)

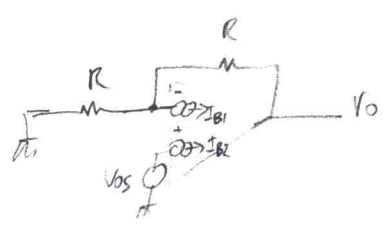
$$\Rightarrow \boxed{-3,5V \leq V_i \leq 3,5V}$$

+

(d) $f_{IN} \leq \frac{f}{2}$, $-3,5V \leq V_i \leq 3,5V$ \Rightarrow $\boxed{SR_{DA} > 11 \frac{V}{MS}}$

$SR_{DA} > V_{IN}^{MAX} \cdot 2\pi f_{IN}$

(e) S ON
(CERRADA)



Superposición:

- $V_{0S} : V_0 = 2V_{0S}$
- $I_{B2} : V_0 = 0$
- $I_{B1} : V_0 = +R I_{B1}$

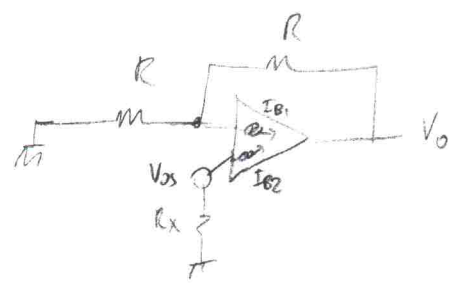
PERO CASO
 $I_{B1} = I_B + \frac{I_{OS}}{2}$

ESTE CASO NO SE PEDIA EN EL EXAMEN

$\Rightarrow V_0 = 2V_{0S} + R(I_B + \frac{I_{OS}}{2}) \Rightarrow \boxed{V_0 = 560mV}$

S ON

S OFF
(ABIERTA)



Superposición:

- $V_{0S} : V_0 = 2V_{0S}$
- $I_{B2} : \frac{R_x I_{B2}}{R} = \frac{-R_x I_{B2} - V_0}{R} \Rightarrow V_0 = -R_x I_{B2}$
- $I_{B1} : +R I_{B1}$

$\Rightarrow \boxed{V_0 = 2V_{0S} + R I_{B1} - R_x I_{B2}}$

Considerando $R_x = \frac{R}{2}$ se minimiza el efecto de las corrientes de polarización \Rightarrow
 xq' la salida deja de depender de I_{B1} y pasa a depender solo de I_{offset} que es más chica

$\Rightarrow V_0 = 2V_{0S} + R(I_{B1} - I_{B2}) = 2V_{0S} + R I_{offset} \Rightarrow \boxed{V_0 = 110mV}$

S OFF

A