

50700341

1^{er} Parcial de Electrónica 1
20/05/2000

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 puntos)

- En el circuito de la figura 1, calcular i_C si el transistor opera en la zona activa y el amplificador operacional es ideal. ¿Qué función realiza el circuito?
- ¿Para qué rango de valores de v_I se cumple la hipótesis anterior de que el transistor opera en la zona activa?
- ¿Cómo cambia el resultado de la parte a) si se considera la tensión de offset y la corriente de polarización del amplificador operacional?
- Determinar el ancho de banda de la transferencia i_C/v_I considerando la respuesta en frecuencia del amplificador operacional. Considerar para el transistor el modelo de D.C. (es decir, se desprecia la variación de V_{BE} debida a la señal).
- Si se aplica un pequeño escalón de amplitud V_{ESC} en v_I , ¿cuánto tiempo se requiere para tener la corriente i_C final con un error menor al 5%?
Suponer que el slew-rate del amplificador no influye. ¿Cuál es el máximo valor de V_{ESC} que asegura que la suposición de que el slew-rate no influye es correcta?

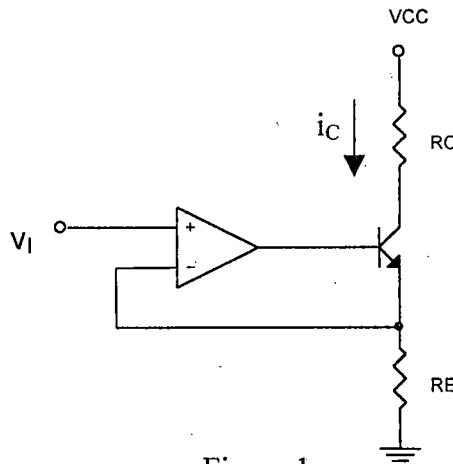


Figura 1

Problema 2: (25 puntos)

En el circuito de la figura 2 se controla la ganancia variando la resistencia dinámica o de pequeña señal del diodo D.

a) Indicar que variación debe tener E para que la ganancia V_o/V_{in} varíe entre -1 y -10. Tener en cuenta que por los valores de las resistencias involucradas se puede despreciar la conductancia de la salida del transistor debido al efecto Early.

Suponer los condensadores infinitos y el operacional ideal.

b) ¿Cómo elegiría $R_{más}$ para minimizar el efecto de las corrientes de polarización?

¿Cuál es en este caso la tensión D.C. a la salida en función de la corriente de offset y la tensión de offset?

Datos: $V_{cc} = 15V$, $V_{BE} = 0.7V$.

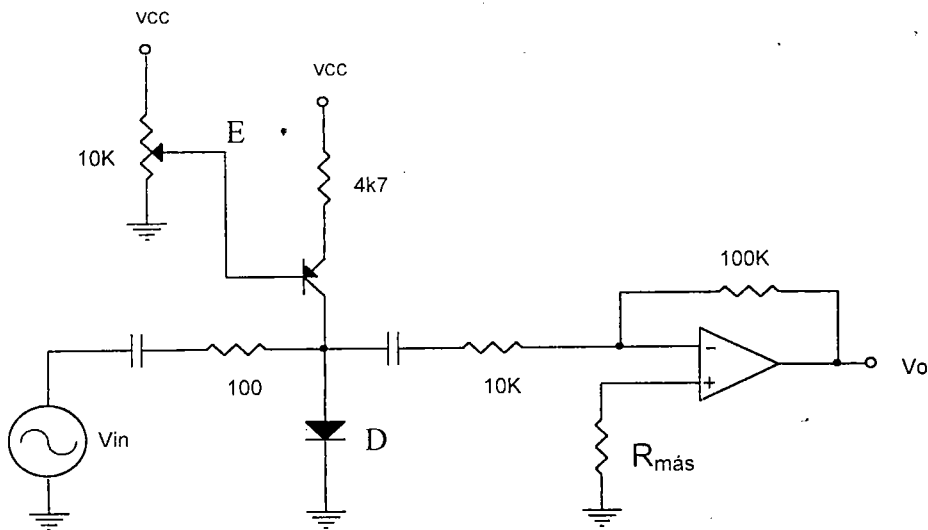


Figura 2

Problema 3: (25 puntos)

En los circuitos de las figuras 3.a y 3.b, los diodos se supondrán idénticos y los amplificadores operacionales ideales.

- Para el circuito de la figura 3.a, hallar la salida V_o en función de las entradas V_1 y V_2 .
- El circuito de la figura 3.a se realimenta con un amplificador operacional como muestra la figura 3.b. Calcular V_{o2} en función de las entradas V_A y V_B .
- Observando el resultado de la parte b), ¿cómo implementaría un circuito que calcule la raíz cuadrada de la tensión de entrada?

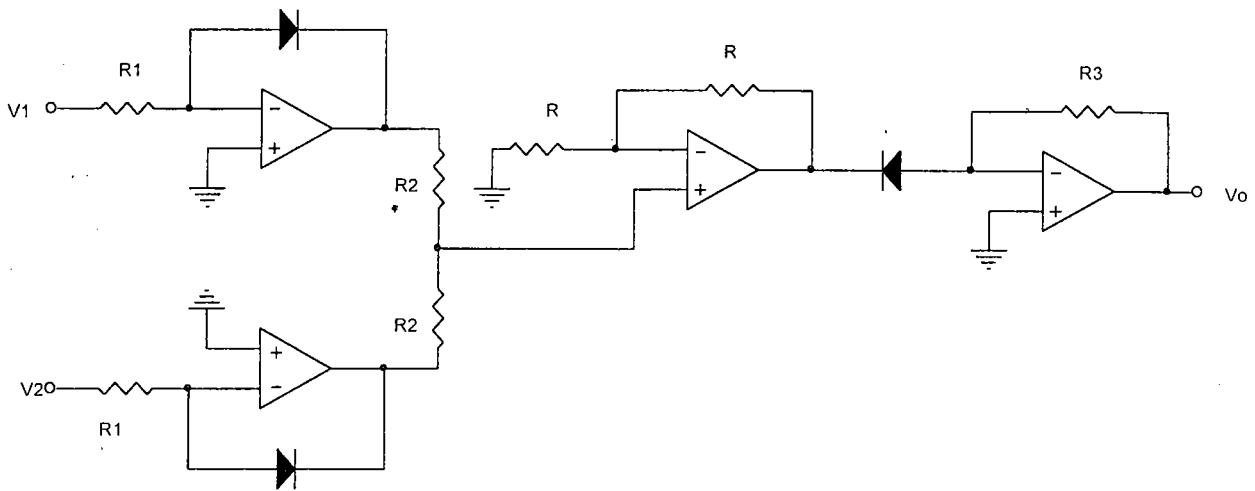


Figura 3.a

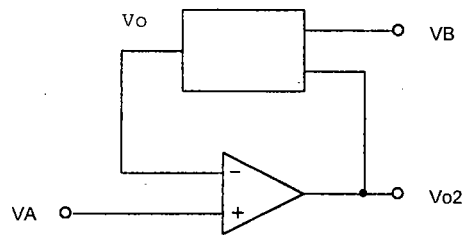


Figura 3.b

Pregunta: (20 puntos)

Se tiene una juntura pn en que la región n esta bastante más dopada que la región p. Indicar en un diagrama los anchos relativos de las zonas de deplexión a ambos lados de la juntura y como varían las concentraciones de portadores minoritarios a ambos lados de la juntura, cuando esta está polarizada en directo.

Indicar claramente la relación entre las distintas magnitudes que se muestran en el diagrama (es decir en la respuesta debe quedar claro que valores son más grandes y cuáles son más pequeños). Explicar cualitativamente los mecanismos que producen la variación indicada para la concentración de portadores minoritarios.

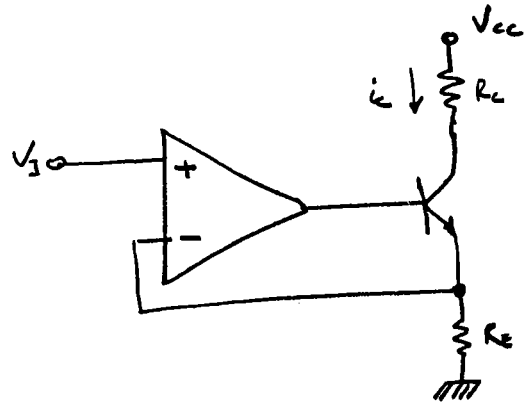
① 1^{er} PARCIAL ELECTRÓNICA 4 - 2000

2) $I_C = \beta I_B$ e $I_E = I_C + I_B \Rightarrow$

$\Rightarrow I_C = \frac{\beta}{\beta+1} \cdot I_E \approx I_E$
 \uparrow
 $\beta \gg 1$

Tierra virtual:

$$I_C \approx I_E = \frac{V^-}{R_E} = \frac{V^+}{R_E} = \frac{N_i}{R_E}$$



Es una fuente de corriente dependiente de V_i .

b) Para que el transistor opere en zona activa debe cumplirse que $I_E > 0 \Rightarrow N_i > 0$ (no corte)

Además se debe cumplir que $V_{CE} > 0 \Rightarrow$

$\rightarrow (V_{CC} - R_C I_C) - (N_i + V_{BE}) > 0 \Rightarrow$

$\rightarrow V_{CC} - \frac{R_C \cdot N_i}{R_E} - N_i - V_{BE} > 0 \rightarrow$

$$N_i < \frac{V_{CC} - V_{BE}}{1 + \frac{R_C}{R_E}}$$

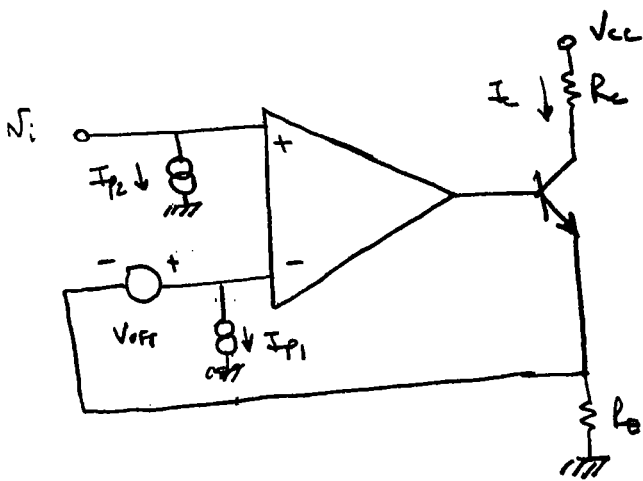
* Otra opción (en vez de imponer que la futura Base-Colector esté en inversa) es establecer $V_{CE} > V_{CEsat}$.

$\rightarrow V_{CC} - R_C I_C - N_i > V_{CEsat} \Rightarrow V_{CC} - \frac{R_C N_i}{R_E} - N_i > V_{CEsat} =$

$\Rightarrow V_{CC} - \left(\frac{R_C}{R_E} + 1\right) N_i > V_{CEsat} \Rightarrow$

$$N_i < \frac{V_{CC} - V_{CEsat}}{1 + \frac{R_C}{R_E}}$$

un poco más grande que el caso anterior.



Superposición: $I_{P1} = I_{P2} = 0$

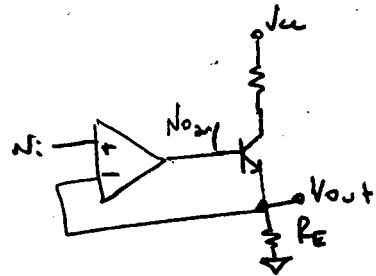
$$I_E = I_E = \frac{N_i - V_{off}}{R_E} = \frac{N_i - V_{off}}{R_E} = \frac{N_i - V_{off}}{R_E}$$

$$V_{off} = 0$$

$$I_E \approx I_E = \frac{N_i}{R_E} + I_{P1} = \frac{N_i}{R_E} + I_{P1}$$

$$I_E = \frac{N_i - V_{off}}{R_E} + I_{P1}$$

$$N_{oamp} = (N_i - N_{out}) \cdot \frac{A_o}{1 + \frac{s}{\omega_p}}$$



Como para el transistor se considera el modelo en DC \Rightarrow

$\Rightarrow \Delta N_{be} \approx 0$, en señal se tiene un cortocircuito entre V_{amp} y V_{out}

$$\Rightarrow N_{out} = (N_i - N_{out}) \cdot \frac{A_o}{1 + \frac{s}{\omega_p}} \Rightarrow N_{out} \left(1 + \frac{A_o}{1 + \frac{s}{\omega_p}}\right) = N_i \frac{A_o}{1 + \frac{s}{\omega_p}}$$

$$\Rightarrow \frac{N_{out}}{N_i} = \frac{A_o}{1 + \frac{s}{\omega_p}} \cdot \frac{1 + \frac{s}{\omega_p}}{A_o + 1 + \frac{s}{\omega_p}} = \frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_T}}$$

$$\Rightarrow i_c = \frac{N_{out}}{R_E} \rightarrow \frac{i_c}{N_i} = \frac{\frac{1}{R_E}}{1 + \frac{s}{\omega_T}} \Rightarrow$$

\rightarrow El ancho de banda es $\boxed{\omega_T = A_o \omega_p}$

i es la respuesta al escalón de un sistema de primer orden
(tengo solo un polo)

$$i = \frac{N_{esc}}{R_E} (1 - e^{-t \cdot \omega_T}) \text{ cuando } i \text{ alcanza el}$$

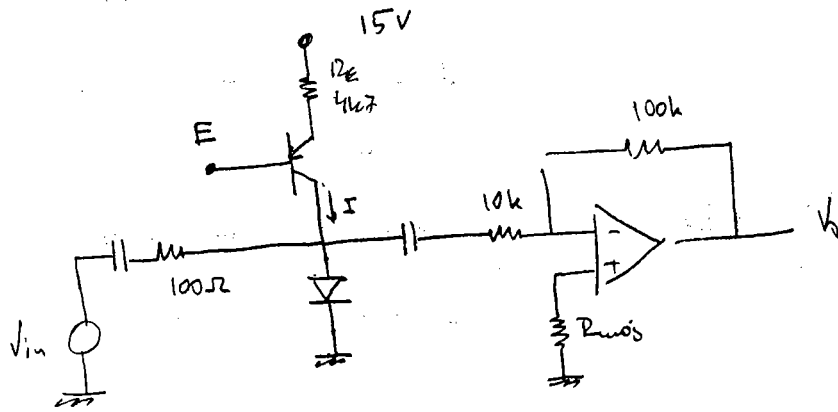
valor final a menos de un 5% $\rightarrow e^{-t \cdot \omega_T} = 0,05$

$$\rightarrow t \cdot \omega_T = \ln(20) \rightarrow \boxed{t = \frac{1}{\omega_T} \cdot \ln(20)}$$

Para que el S_r del operacional no influya,
la máxima pendiente a la salida del operacional
no deberá superarlo.

$$\text{máxima pendiente} = N_{esc} \cdot \omega_T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{S_r > N_{esc} \cdot \omega_T}$$



Análisis de continuo.

$$V_{EB} = 0,7 \text{ V} \Rightarrow V_E = 15 - 0,7 - E$$

$$I_E = \frac{15 - 0,7 - E}{R_E}$$

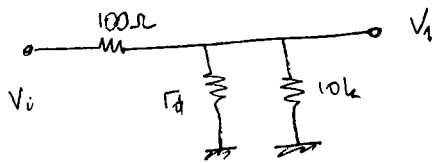
$$\beta \gg 1 \quad I_C = I_E = I$$

$$\Rightarrow E = 14,3 - 4,7 I$$

Pequeña señal

El transistor trabaja como fuente de corriente, además por letro

$$V_A = -\infty \Rightarrow h_{oe} = \infty$$



La resistencia dinámica del diodo

$$r_d = \frac{\partial V_b}{\partial I} = \frac{V_T}{I_D} = \frac{26 \text{ mV}}{I_D}$$

Supongo $r_e = 1$

$V_T = 26 \text{ mV} @ 20^\circ\text{C}$

Polo $G = -10$ $r_d \ll 10 \text{ k}$

$$V_b = \frac{r_d}{R_s + r_d} V_i \Rightarrow G = \frac{-10 r_d}{R_s + r_d} = -10 \Rightarrow r_d \gg r_e$$

$$r_d \approx 1 \text{ k} \Rightarrow I = \frac{26 \text{ mV}}{1 \text{ k}} = 26 \mu\text{A}$$

$$\Rightarrow \boxed{E = 14,17 V}$$

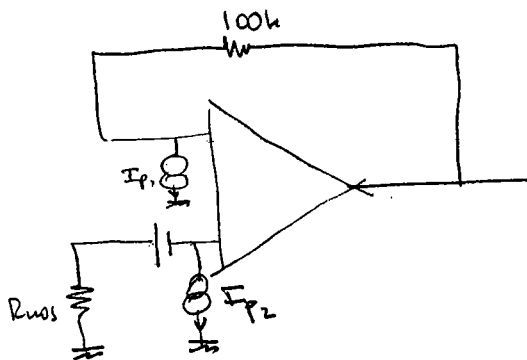
$$G = -1 \Rightarrow \frac{R_s + r_d}{r_d} = 10 \Rightarrow R_e = 9 r_d \quad r_d = 11 \Omega$$

$$I_D = \frac{26 mV}{11 \Omega} = 2,36 \mu A$$

$$\boxed{E = 3,2 V}$$

$$\boxed{3,2 V < E < 14,17 V}$$

b)



$$\frac{I_{p1} + I_{p2}}{2} = I_r$$

$$|I_{p1} - I_{p2}| = I_{off}$$

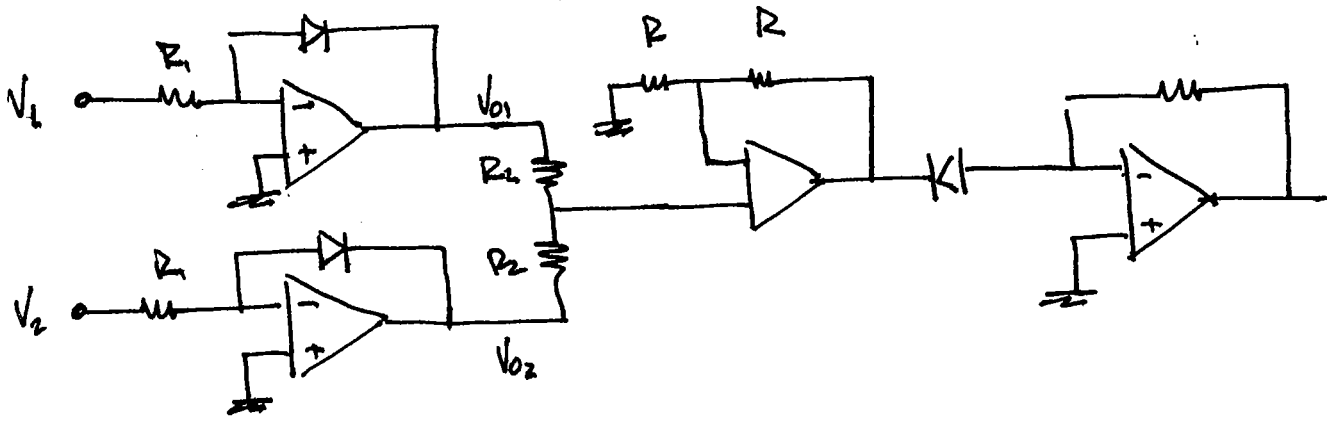
Para minimizar los corrientes de polarización se utilizan resistencias iguales en ambas entradas del OP AMP, debe ser iguales en corriente.

$$\Rightarrow \boxed{R_{mos} = 100 k \Omega}$$

$$\left. \begin{aligned} V^+ &= -V_{off} - R_{mos} I_{p2} \\ V^- &= V_o - I_{p1} \cdot 100k \end{aligned} \right\} -V_{off} - R_{mos} I_{p2} = V_o - I_{p1} \cdot 100k$$

$$V_o = 100k I_{p1} - R_{mos} I_{p2} - V_{off}$$

$$\boxed{V_o = 100k I_{off} - V_{off}}$$



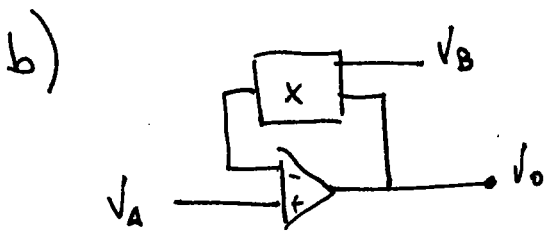
$$\left. \begin{aligned} I_S \left(e^{\frac{-V_{o1}}{V_T}} - 1 \right) &= I_1 = \frac{V_1}{R_1} \\ I_S \left(e^{\frac{-V_{o2}}{V_T}} - 1 \right) &= I_2 = \frac{V_2}{R_2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{aligned} V_{o1} &= -V_T \ln \left(\frac{V_1}{R_1 I_S} \right) \\ V_{o2} &= -V_T \ln \left(\frac{V_2}{R_2 I_S} \right) \end{aligned}$$

$V_1, V_2 > 0 \rightarrow$

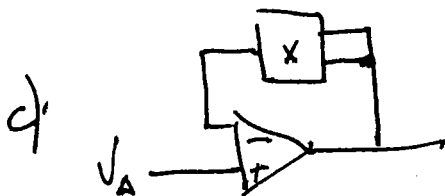
$$V = \frac{V_{o1} + V_{o2}}{2} = -\frac{V_T}{2} \ln \left(\frac{V_1 V_2}{R_1^2 I_S^2} \right)$$

$$I_S \left(e^{\frac{-2V}{V_T}} - 1 \right) = \frac{V_0}{R_3}$$

$$I_S \frac{V_1 V_2}{R_1^2 I_S^2} = \frac{V_0}{R_3} \Rightarrow \boxed{V_0 = \frac{R_3}{R_1^2 I_S} V_1 V_2}$$



$$V^- = k V_B V_0 = V_A \Rightarrow \boxed{V_0 = \frac{V_A}{k V_B}}$$



$$\boxed{V_0 = \frac{\sqrt{V_A}}{k}}$$