

1er PARCIAL DE ELECTRONICA 1
11/05/04



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 miden sobre un total de 100 puntos.

PROBLEMA 1 (27 pts.)

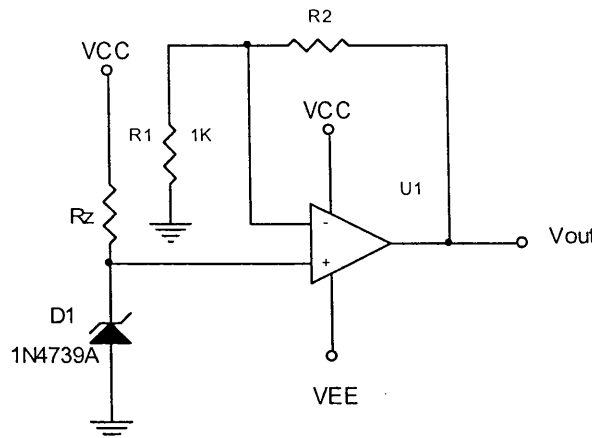
La función del circuito de la figura es suministrar una corriente constante a una carga R2 que es variable en el tiempo.

- Si para D1 se utiliza el zener 1N4739A, cuyos datos se adjuntan, y el amplificador operacional tiene el rango de entrada en modo común y excursión de salida que se indican, ¿entre qué valores pueden variar Rz y R2 para que el circuito funcione correctamente?
- Si se cumplen las condiciones calculadas en a), determinar el error relativo en la corriente por R2 que se tiene respecto al caso ideal si la ganancia del amplificador operacional (A) no es considerada infinita.
- Si R2 varía según la expresión siguiente: $R2 = 100\Omega \cdot (2 + \cos(2\pi \cdot f \cdot t))$, ¿Cuál es la máxima frecuencia f a la que puede variar R2 para que el error relativo en la corriente por R2 sea menor al 10%, si el amplificador tiene un producto de ganancia por ancho de banda de valor f_T ?

DATOS:

VCC = -VEE = 15V

Amplificador Operacional: ICMR (Input Common Mode Range): [VEE+3V, VCC-3V]; OSW (Output Swing): [VEE+3V, VCC-2V]



Electrical Characteristics (Ta = 25°C)

| | Vz (V)* | Test Condition | Ir (µA) | Test Condition | ZzT (Ω) | Test Condition | ZzK (Ω) | Test Condition |
|---------|-------------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|
| | Iz (mA) | | Max | | Vr (V) | | Max | |
| 1N4739A | 9.1 ± 5 (%) | 28 | 10 | 7.0 | 5 | 28 | 700 | 0.5 |

Absolute Maximum Ratings (Ta = 25°C)

| Item | Symbol | Value | Unit |
|-------------------------|-----------|-------------|------|
| Power dissipation | Pd | 1.0 | W |
| Surge power dissipation | Pd(surge) | 12 | W |
| Junction temperature | Tj | 175 | °C |
| Storage temperature | Tstg | -55 to +175 | °C |

Note: Pw = 10ms

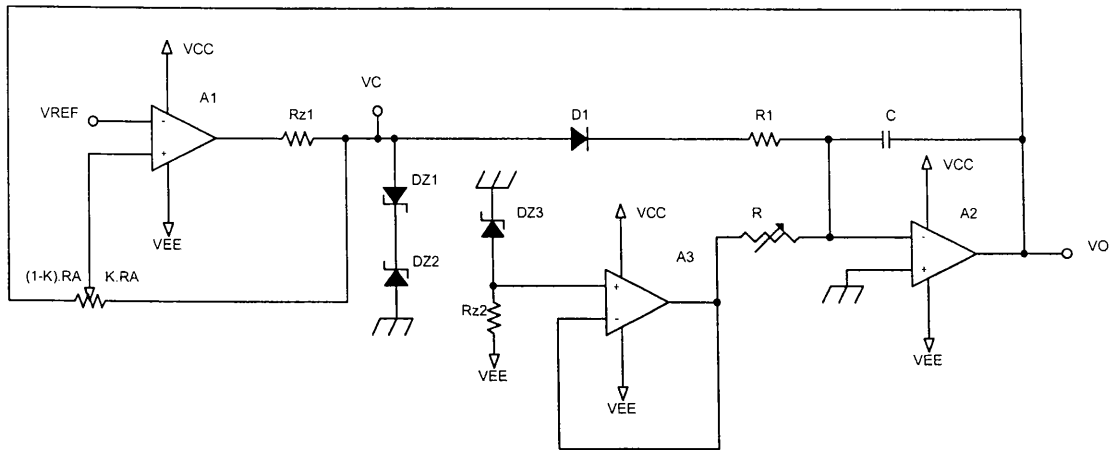


Figura 2

PREGUNTA (22 pts.)

a) Mostrar en un diagrama cómo varía:

- la concentración de portadores minoritarios con la posición y
- el ancho de las zonas de deplexión

a ambos lados de una juntura p-n polarizada en directo para los siguientes casos:

- i. la zona p está mucho más dopada que la n
- ii. la zona n está mucho más dopada que la p

Fundamente cualitativamente la respuesta.

Para que la respuesta se considere válida el diagrama deberá indicar claramente que magnitudes son mayores que otras o cuáles son iguales.

b) En un transistor bipolar npn, indicar quién está más dopado entre la base y el emisor, explicando porqué se hace así y graficar la evolución de la concentración de portadores minoritarios en el emisor y la base para el transistor en zona activa, explicando las razones para esta evolución.

PROBLEMA 2 (24 pts.)

- Determinar la transferencia del circuito de la Figura 1 si el bloque señalado como x2 es un amplificador ideal de ganancia 2.
- Si el amplificador por 2 se implementa con el circuito de la Figura 2, donde el amplificador operacional tiene frecuencia de transición f_T , hasta que frecuencia se puede considerar que la respuesta será la de la parte a).
- Estudiar el efecto de la tensión de offset y corrientes de polarización del amplificador operacional de la Fig. 2 en el circuito de la Fig. 1. ¿El circuito es utilizable, sin modificaciones, en la práctica? Explicar.

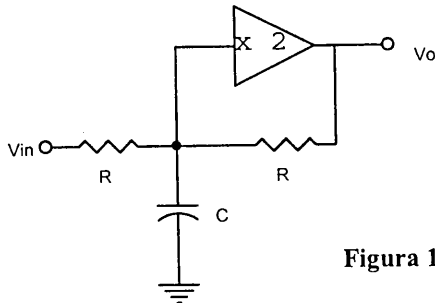


Figura 1

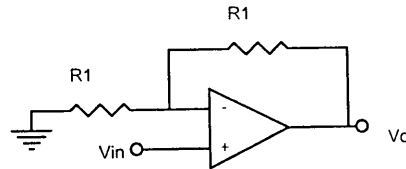


Figura 2

PROBLEMA 3 (27 pts.)

- En el circuito de la Figura 1 determinar la característica entrada - salida, V_B en función de V_A , donde V_{REF} es una tensión constante de referencia.
- Se utiliza el circuito de la Figura 1 en la Figura 2. Graficar V_O y V_C en función del tiempo si $R \gg R_1$, indicando claramente las tensiones y tiempos significativos e indicar la frecuencia de la señal en V_O .
- Determinar que condición debe cumplir el slew-rate del amplificador A_2 para que no se altere la frecuencia calculada en b). A_1 y A_3 se supondrán ideales.

DATOS:

- DZ1, DZ2, DZ3: son idénticos con tensión zener V_Z (para corriente en reverso I_{ZT}) y tensión en directo V_F
- D1: tensión en directo V_F
- $V_{CC} = -V_{EE} > V_Z$
- A_1, A_2, A_3 : ideales, salvo cuando se indique.
- R_{z1} y R_{z2} son tales que garantizan una corriente superior a I_{ZT} por los diodos zener correspondientes

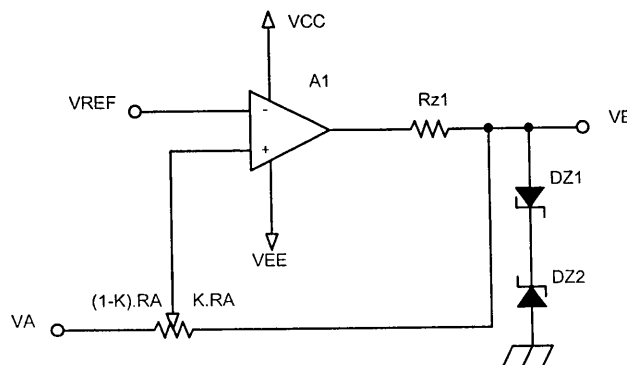


Figura 1

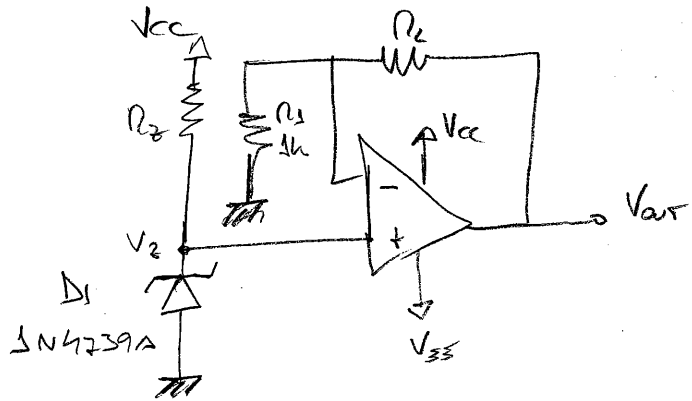
Problem 1

(0)

$V_{CC} = -V_{EE} = 15V$

ICM: $[V_{EE} + 3V, V_{CC} - 3V]$

OSW: $[V_{EE} + 3V, V_{CC} - 2V]$

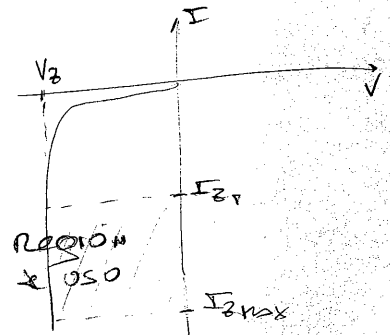


$V_Z = 9.1 \rightarrow I_{ZT} = 28mA$

R_Z minimum est due to la puissance perdue
a' cause de la dissipation de zener: $P_Z = 1W$

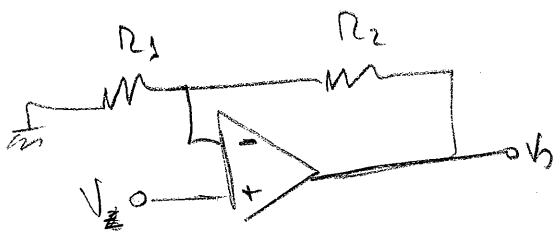
$\Rightarrow I_{Zmax} = \frac{P_Z}{V_Z} = 110mA \Rightarrow R_{Zmin} = \frac{V_{CC} - V_Z}{I_{Zmax}}$

$\Rightarrow R_{Zmin} = 53,6 \Omega$



$R_{Zmax} = \frac{V_{CC} - V_Z}{I_{ZT}}$

$R_{Zmax} = 210 \Omega$



$V_Z = 9.1V$

$V_{EE} + 3 = -12 < V_Z < 12 = V_{CC} - 3$

$\Rightarrow V_Z \in \text{ICM} \checkmark$

$V_O = (1 + \frac{R_2}{R_1}) V_Z \in \text{OSW}$

$\Rightarrow -12V < (1 + \frac{R_2}{R_1}) V_Z < 13V$

Problems 1

(e) (segue)

$$\rightarrow -\left(\frac{12}{V_3} + 1\right) R_1 < R_2 < \left(\frac{13}{V_3} - 1\right) R_1$$

$$\rightarrow \boxed{R_{2\max} = 0,43 \text{ k}\Omega}$$

$$R_{2\min} = -2,31 \text{ k}\Omega \quad \times \quad \text{no hay minimo}$$

(b)

ASS IDEAL

$$\boxed{I_{R_2} = \frac{V_3}{R_1}}$$

ASS $\Delta \neq \infty$; $I_{R_2} = e^-/R_1$

$$\left. \begin{aligned} e^+ &= V_3 \\ e^- &= V_0 \frac{R_1}{R_1 + R_2} \\ V_0 &= \Delta(e^+ - e^-) \end{aligned} \right\} \rightarrow e^- = \frac{\Delta(V_3 - e^-) R_1}{R_1 + R_2}$$

$$e^- \left(1 + \frac{\Delta R_1}{R_1 + R_2}\right) = \frac{\Delta V_3 R_1}{R_1 + R_2}$$

$$\rightarrow e^- = \frac{\Delta R_1}{R_1(\Delta + 1) + R_2} V_3$$

$$\rightarrow \boxed{I_{R_2} = \frac{V_3}{R_1 + \frac{R_1 + R_2}{\Delta}}}$$

$$\text{error: } \text{err} = \frac{\frac{V_3}{R_1} - \frac{V_3}{R_1 + e}}{\frac{V_3}{R_1 + e}} = \frac{e}{R_1} = \frac{1}{\Delta} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) = \text{err}$$

Problemas

(c)

$$A = A(j\omega) = \frac{A_0}{1 + j\frac{\omega}{\omega_T} A_0} \quad (\omega_T = 2\pi f_T)$$

$$\text{err} < 0,1$$

$$\text{err} = \frac{1 + 0,1(2 + \omega S(\omega T))}{|A(\omega)|} < 0,1$$

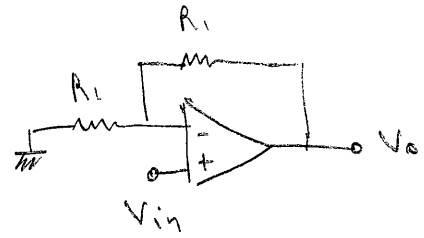
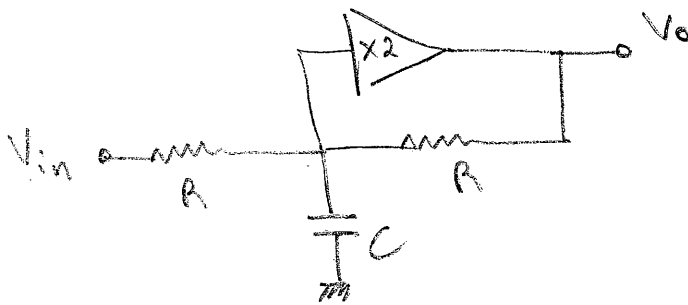
$$|A(\omega)| > 10 + 2 + \omega S(\omega T)$$

$$\Rightarrow |A(\omega)| > 13$$

$$\omega \gg \frac{\omega_T}{A_0} : |A(j\omega)| \approx \frac{\omega_T}{\omega} > 13 \Rightarrow \boxed{f_{\text{max}} = f_T/13}$$



Problema 2.



a)

$$V_o = 2V_A \Rightarrow V_A = \frac{V_o}{2}$$

$$\frac{V_o - V_A}{R} = \frac{V_A - V_{in}}{R} + V_A \cdot C_s$$

$$\frac{V_o - \frac{V_o}{2}}{R} = \frac{\frac{V_o}{2} - V_{in}}{R} + \frac{V_o}{2} \cdot C_s$$

$$\frac{V_o}{R} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R} - \frac{C_s}{2} \right) = -\frac{V_{in}}{R}$$

$$\frac{V_o}{V_{in}} = + \frac{2}{R C_s}$$

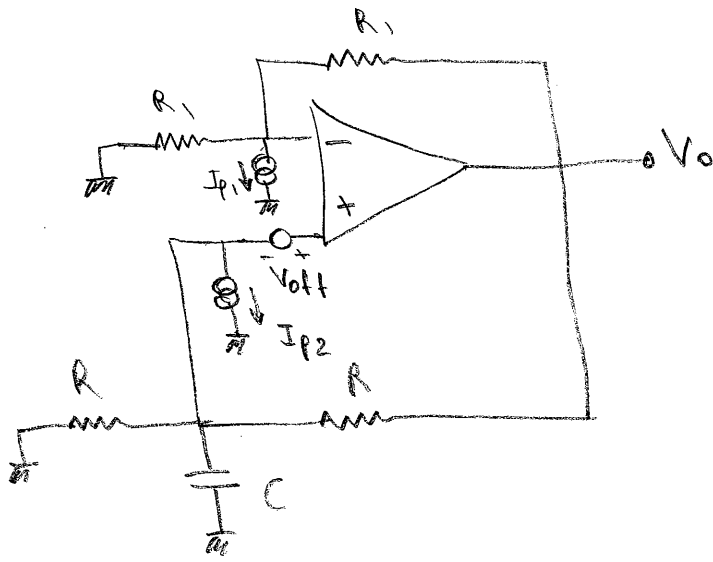
Integrar para todo f

b) Para mantener la respuesta se debe cumplir que la ganancia sea 2, para lo cual la ganancia del operacional sea $\gg 2$

$$A_{op} = \frac{A_o}{1 + \frac{s}{\omega_p}} \approx \frac{\omega_T}{s} = \frac{2\pi f_T}{2\pi \cdot f} \gg 2$$

$$\Rightarrow f \ll \frac{f_T}{2} \Rightarrow f = \frac{f_T}{2 \cdot C}$$

c)



Superp.

$$I_{p1} \neq 0$$

$$\frac{V_o(s) - V_A(s)}{R_1} = \frac{I_{p1}}{s} + \frac{V_A(s)}{R_1}$$

$$\frac{V_o(s) - V_A(s)}{R_1} = V_A(s) C \cdot s + \frac{V_A(s)}{R_1}$$

$$\frac{V_o(s)}{R_1} = V_A(s) \left(C \cdot s + \frac{2}{R_1} \right)$$

$$V_A(s) = \frac{V_o(s)}{R_1 C s + 2}$$

$$\frac{V_o(s) \left(1 - \frac{2}{R_1 C s + 2} \right)}{R_1} = \frac{I_{p1}}{s}$$

$$V_o(s) = \frac{R_1 I_{p1}}{s} \cdot \frac{R_1 C s + 2}{R_1 C s + 2} = \frac{R_1 C s I_{p1}}{R_1 C s + 2} + \frac{2 R_1 I_{p1}}{R_1 C s + 2}$$

$$V_o(t) = R_1 I_{p1} + \frac{2 R_1 I_{p1} t}{R_1 C}$$

$$I_{p2} \neq 0$$

$$\frac{V_o(s) - V_A(s)}{R_1} = \frac{V_A(s)}{R_1} \Rightarrow \frac{V_o(s)}{R_1} = \frac{2V_A(s)}{R_1} \Rightarrow V_A(s) = \frac{V_o(s)}{2}$$

$$\frac{V_o(s) - V_A(s)}{R} = \frac{I_{p2}}{s} + \frac{V_A(s)}{R} + V_A(s)Cs$$

$$\frac{V_o(s) \left(1 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2} - \frac{Rcs}{2}\right)}{R} = \frac{I_{p2}}{s}$$

$$-\frac{V_o(s) Rcs}{2R} - \frac{I_{p2}}{s} \Rightarrow V_o(s) = \frac{2I_{p2}}{Cs^2}$$

$$V_o(t) = \frac{2I_{p2}t}{C}$$

Volt $\neq 0$

$$\frac{V_o(s) - V_{off}}{R} = \frac{V_{off}}{R} + \frac{V_o(s)}{s} + \frac{V_o(s)}{2}$$

$$\left(V_o(s) - \frac{V_{off}}{s}\right) \left(\frac{1}{R} + Cs\right) = \left(V_{off} - \left(\frac{1}{2} + \frac{V_{off}}{s}\right)\right) \frac{1}{R}$$

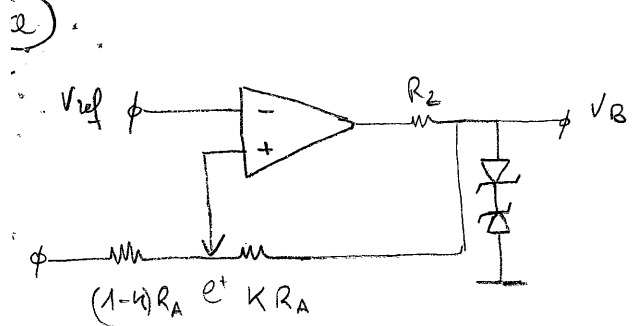
$$V_o(s) \left(\frac{1+Rcs}{2R} - \frac{1}{R} + \frac{1}{2R}\right) = \frac{V_{off}}{s} \left(\frac{1}{R} + \frac{1+Rcs}{2R}\right)$$

$$V_o(s) \frac{Rcs}{2R} = \frac{V_{off}}{s} \frac{(2+1+Rcs)}{2R}$$

$$V_o(s) = V_{off} \left(\frac{3}{Rcs^2} + \frac{1}{s}\right)$$

$$V_o(t) = \frac{3}{Rc} V_{off} t + V_{off}$$

No es utilizable porque integra las corrientes
 + por ende el voltaje en el capacitor
 crece indefinidamente



* EE operacional saturada $\rightarrow V_B = \pm (V_Z + V_F)$

$$e^+ = \frac{V_B \cdot (1-k)R_A}{R_A} + \frac{V_A \cdot kR_A}{R_A}$$

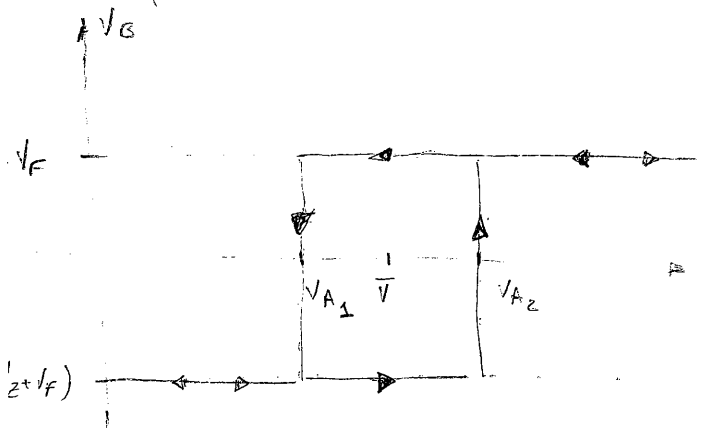
$$e^+ = V_B(1-k) + kV_A$$

i) $e^+ > V_{ref} \Rightarrow V_B = V_Z + V_F$

ii) $e^- < V_{ref} \Rightarrow V_B = -(V_Z + V_F)$

si que: 1) $(V_Z + V_F)(1-k) + kV_A > V_{ref} \Rightarrow V_A > \frac{V_{ref} - (V_Z + V_F)(1-k)}{k} = \underline{\underline{V_{A1}}}$

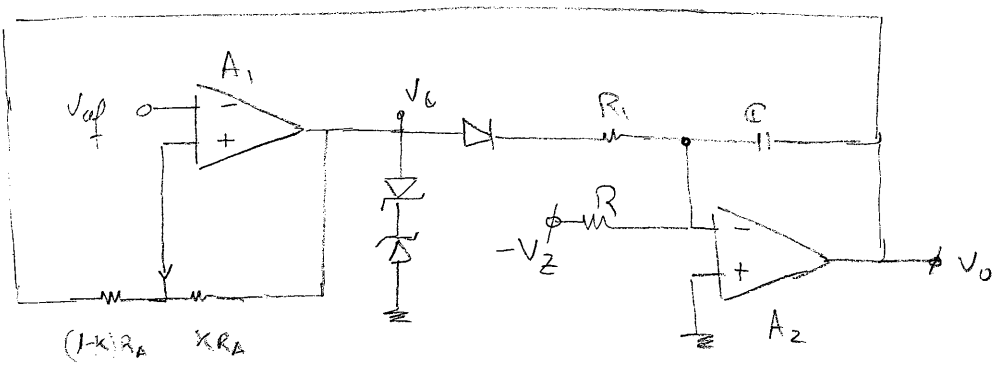
2) $-(V_Z + V_F)(1-k) + kV_A < V_{ref} \Rightarrow V_A < \frac{V_{ref} + (V_Z + V_F)(1-k)}{k} = \underline{\underline{V_{A2}}}$

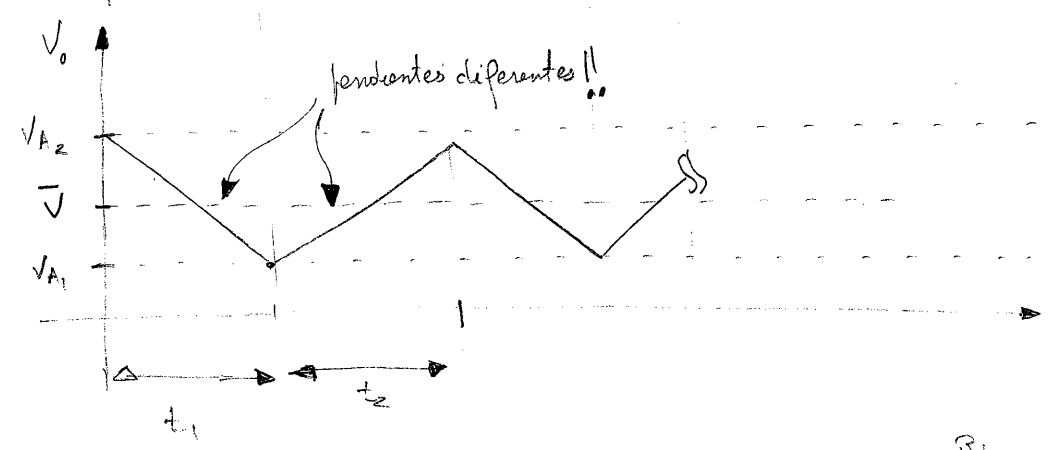
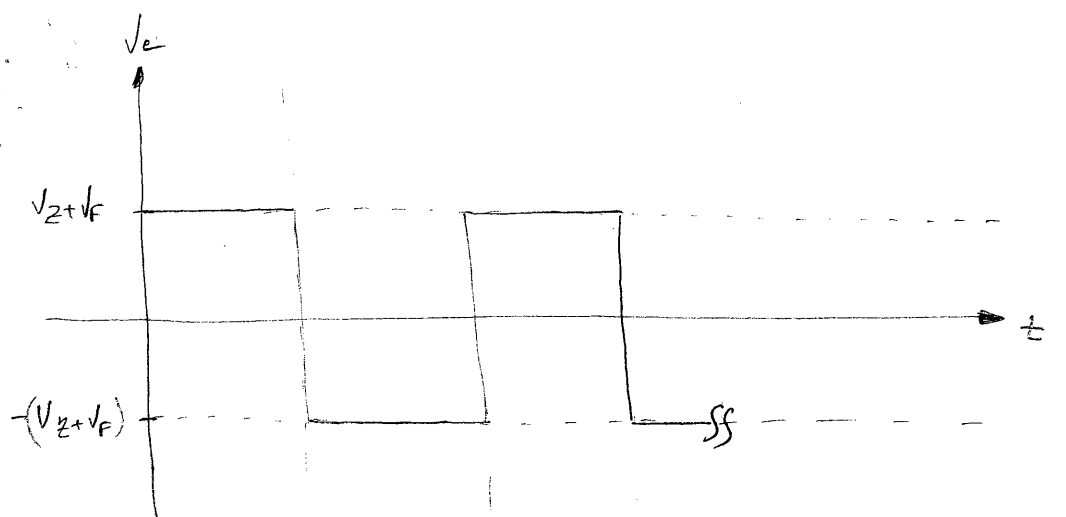


$$\bar{V} = \frac{V_{A1} + V_{A2}}{2}$$

$$V_A \rightarrow \bar{V} = \frac{V_{ref}}{k}$$

3) El circuito a analizar es el siguiente:

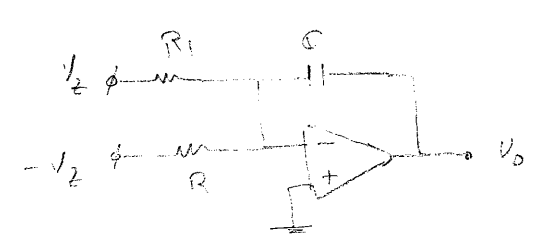




V_{A2}, V_{A1}, \bar{V} calculados en la parte a)

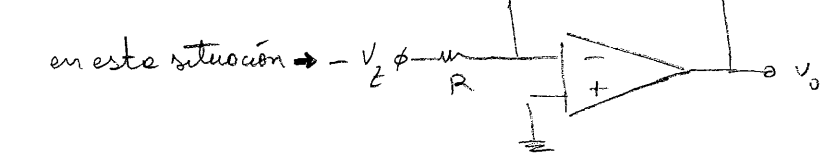
$V_c = V_2 + V_f \Rightarrow D_1 \text{ on}$
 $V_o > V_{A1}$

en esta situación \rightarrow



$V_o = V_{A2} - \left(\frac{V_2}{R_1} - \frac{V_2}{R} \right) \frac{t}{C}$
 pendiente $\left| \frac{dV_o}{dt} \right| = \left(\frac{V_2}{R_1} - \frac{V_2}{R} \right) \frac{1}{C}$
 el punto de conmutación anterior (son los puntos del bucle de histeresis)

* Si $V_c = -(V_2 + V_f) \Rightarrow D_1 \text{ off}$
 en esta situación \rightarrow
 el punto de conmutación anterior



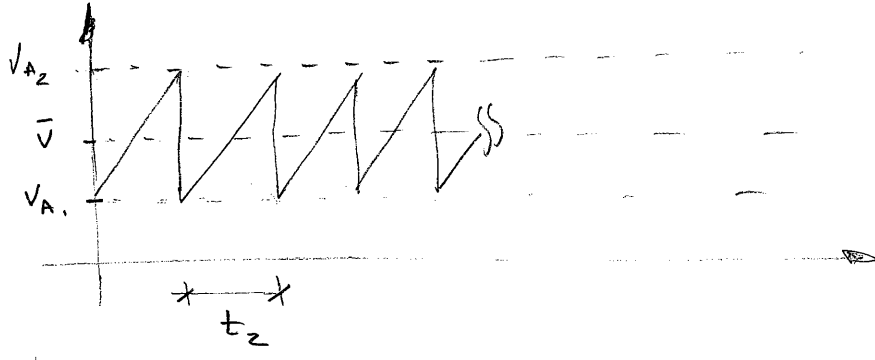
$V_o = V_{A1} + \frac{V_2}{R} \cdot \frac{t}{C}$
 pendiente $\left| \frac{dV_o}{dt} \right| = \frac{V_2}{RC}$

duración de t_1 : $\frac{V_{A1} - V_{A2}}{-\left(\frac{V_2}{R_1} - \frac{V_2}{R} \right)} = \frac{t_1}{C} \Rightarrow t_1 = \frac{2(V_2 + V_f)(1-k)}{\left(\frac{V_2}{R_1} - \frac{V_2}{R} \right) k} \cdot C \rightarrow t_1 = \frac{2(V_2 + V_f)(1-k)}{k V_2 / R_1} \cdot C$
 $R \gg R_1$

duración de t_2 :
 $V_{A2} = V_{A1} + \frac{V_2}{R} \cdot \frac{t_2}{C} \Rightarrow t_2 = \frac{2(V_2 + V_f)(1-k)}{k \cdot V_2 / R} \cdot C$

si observamos que $R \gg R_1 \Rightarrow t_1 = \frac{2(V_z + V_F)(1-k)C}{kV_z/R_1} \ll t_2 = \frac{2(V_z + V_F)(1-k)C}{kV_z/R}$

Así que la forma de onda será:



$T = t_2$
 $\Rightarrow f_{onda} = \frac{V_z k}{2RC(V_z + V_F)(1-k)}$

$S_r \gg \left| \frac{dV_o}{dt} \right|_{max} = \frac{V_z}{R_1 C} \Rightarrow \left| S_r > 10 \frac{V_z}{R_1 C} \right|$

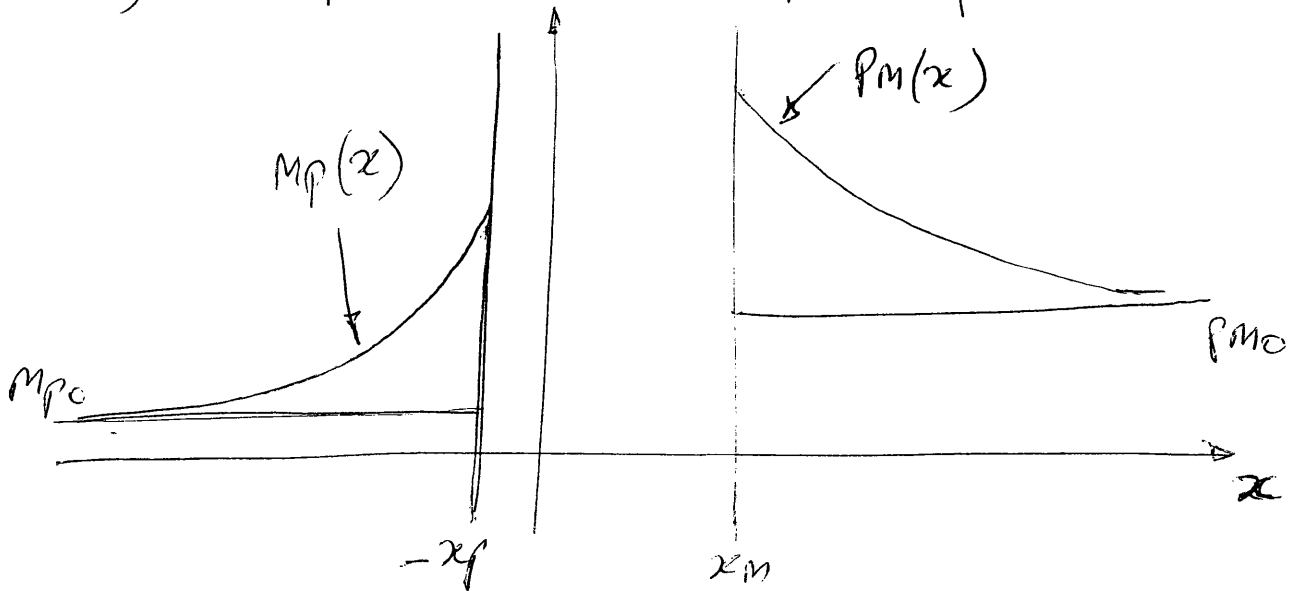


ELECTRÓNICA I

ser parcial ZCOM

Pregunta:

i) Zona p mucho más dopada que n:



Aunque zona de depleción: la carga total en la zona de depleción a cada lado de la juntura es igual y opuesta, por tanto el ancho será mayor en la zona menos dopada.

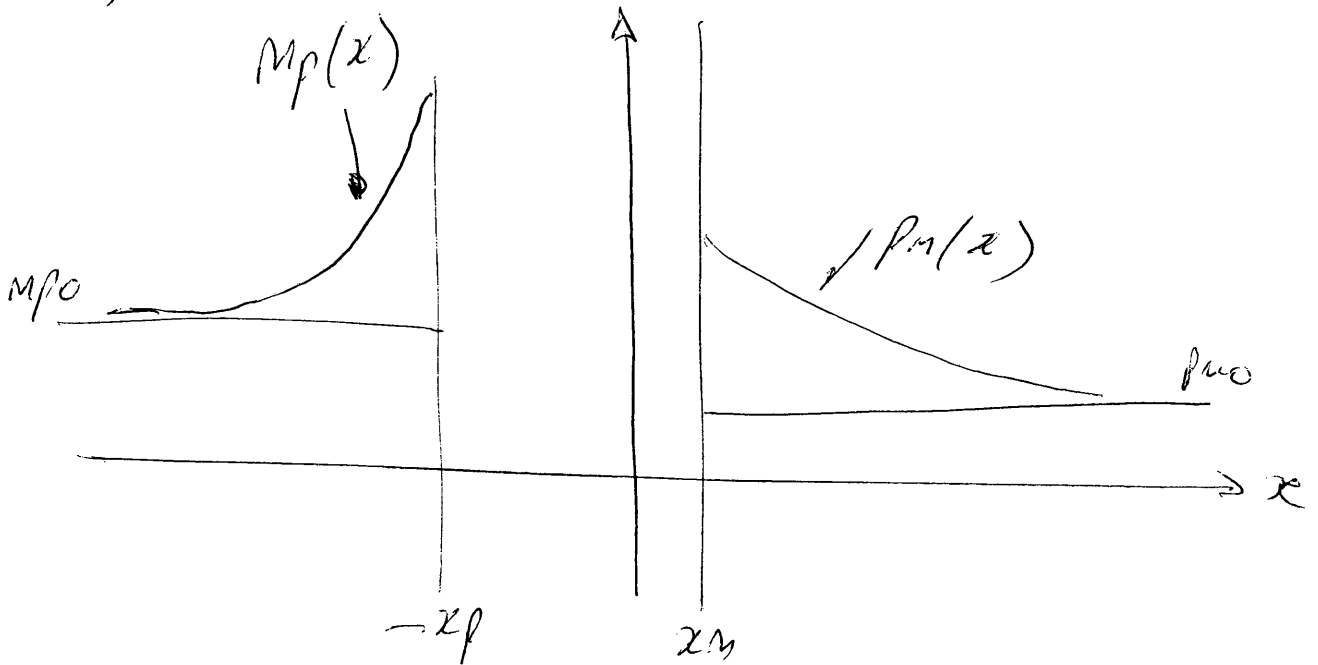
$$\frac{x_p}{x_n} = \frac{N_D}{N_A}, \text{ en este caso } N_A \gg N_D \rightarrow x_p \ll x_n$$

Los portadores minoritarios serán más en la zona menos dopada (en este caso) pues difunden en mayor cantidad desde el otro lado.

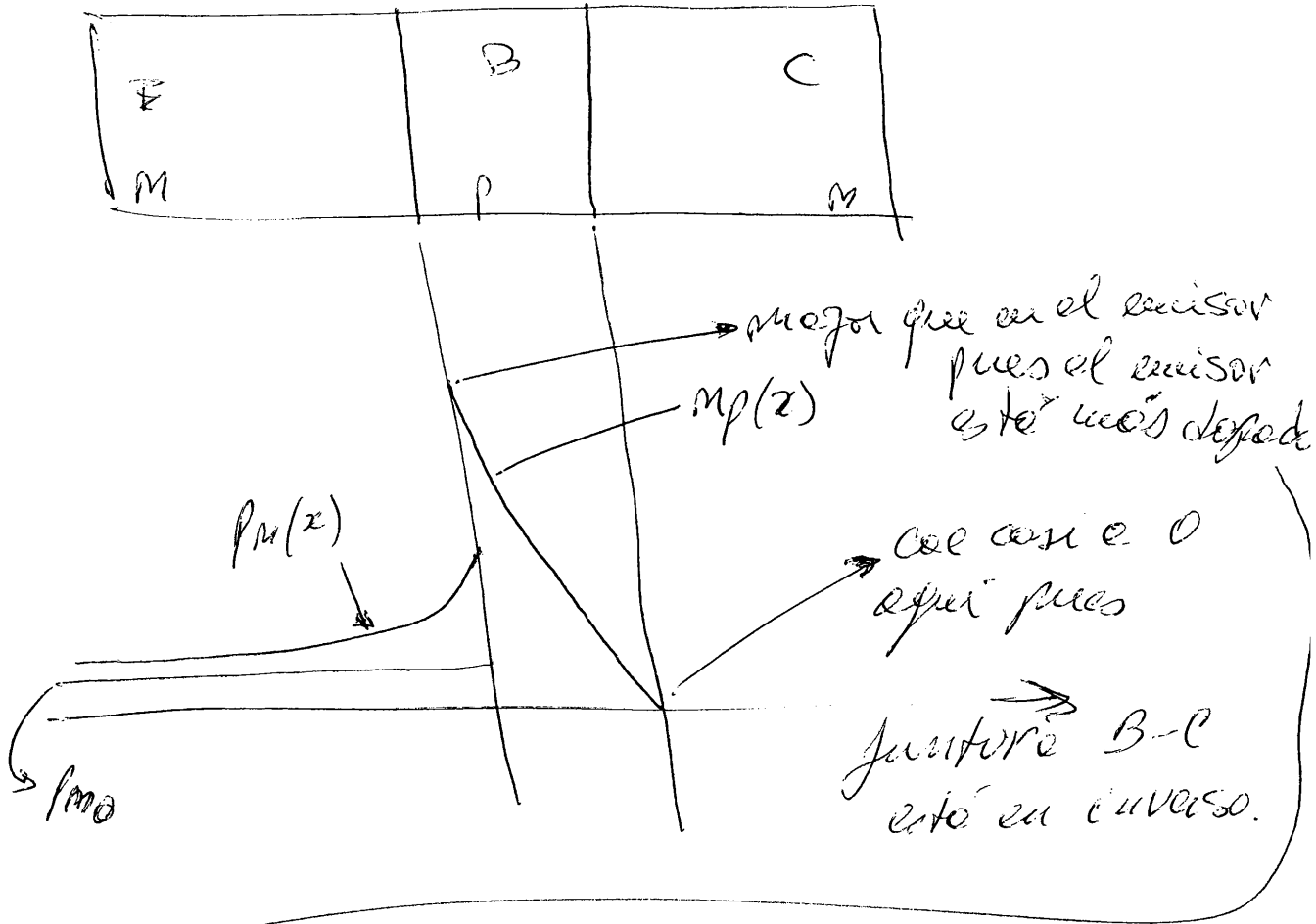
La concentración de minoritarios en equilibrio (p_{no} , n_{po}), lejos de la juntura, será mayor del lado menos dopado, pues allí los minoritarios tienen menor chance de recombinar.

$$\left. \begin{array}{l} p_{no} \cdot N_D = n_i^2 \\ M_{p0} \cdot N_A = n_i^2 \\ N_A \gg N_D \end{array} \right\} \Rightarrow M_{p0} \ll p_{no}$$

ii) zona n mucho más dopada que la p^o



b) la base está poco dopada para que los portadores que pasan por la base al difundir desde el emisor e ir hacia el colector, tengan poca probabilidad de recombinarse y de esta forma reducir la corriente de base.



entonces de funden más partes de E a B que de B a E