

**1er PARCIAL DE ELECTRONICA 1**  
30/04/2010

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 ( 26 puntos)**

Se desea diseñar una fuente de alimentación regulada mediante un diodo Zener (ver figura 1) para  $R_L$  variando entre  $R_{L_{\min}}$  y  $R_{L_{\max}}$ , con  $V_{in} = V_p \cdot \sin(\omega t)$ , asumiendo que  $V_p$  es lo suficientemente alto para permitir el correcto funcionamiento del circuito.

1. Calcular el valor del condensador  $C$  para que el ripple en  $V_c$  en ningún caso supere  $V_{T_{\max}}$ , siendo  $V_{T_{\max}}$  mucho menor que  $V_p$ .

En el resto del problema se considerará que  $C$  es tal que el ripple en  $V_c$  es  $V_{T_{\max}}$

2. Indicar en qué rango de valores puede variar  $R_s$  para que el circuito funcione correctamente para todo el rango de  $R_L$ .
3. Si  $R_s = R_{sx}$  que cumple la condición hallada en la parte anterior y  $R_L = R_{Lx}$  (está entre  $R_{L_{\min}}$  y  $R_{L_{\max}}$ ) determinar el mínimo valor de  $V_p$  que permite el correcto funcionamiento del circuito.

Datos:

- D1:  $V_D = V_f @ I_D > 0$
- DZ:  $I_{z_{\min}}$  (corriente mínima de zona Zener),  $V_z$  (tensión Zener),  $P_{z_{\max}}$  (potencia máxima).

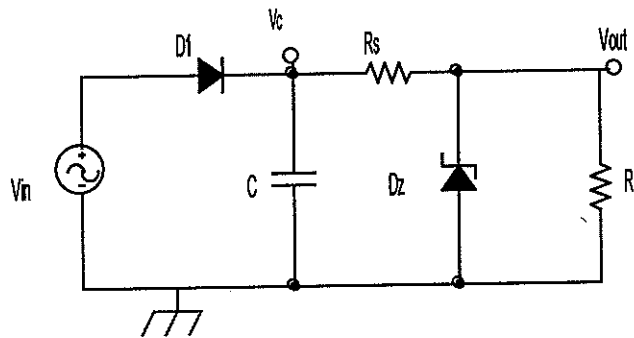


Figura 1

**PROBLEMA 2 ( 27 puntos)**

Para el circuito de la figura se pide:

- a) Mostrar que el circuito permite implementar un rectificador de onda completa y determinar la relación que debe haber entre  $R_2$  y  $R_1$  para ello.

En lo que sigue se asume que  $R_1$  y  $R_2$  cumplen esta relación hallada anteriormente.

- b) Determinar el rango de entrada en modo común y la excursión de salida (Output Swing, OSW) necesarios en OA1 y OA2 para que el circuito funcione correctamente.
- c) Si OA1 y OA2 tienen una tensión de offset  $V_{off1}$  y  $V_{off2}$  respectivamente, Determine la nueva condición para que D1 esté ON. ¿Cómo cambia  $V_{out}$  debido a  $V_{off1}$  y  $V_{off2}$  si  $V_{in}$  es tal que D1 está ON? (Asuma que el ICMR y el OSW son lo suficientemente amplios como para que no afecten el resultado).

Datos:

- a) D1:  $V_D = V_\gamma @ I_D > 0$
- b) OA1, OA2: Ideales excepto cuando la letra indica lo contrario.
- c)  $V_{in} = 5 \cdot \sin(\omega t)$

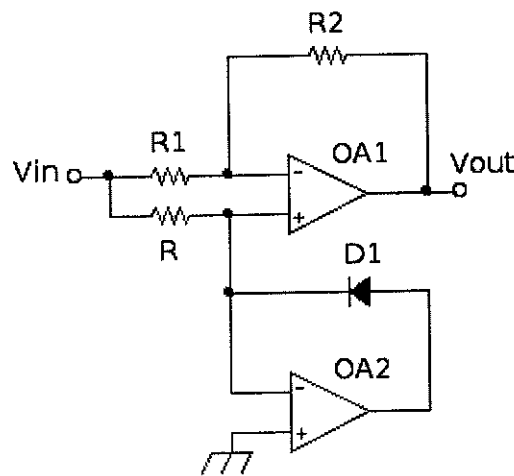


Figura 2

### PROBLEMA 3 ( 27 puntos)

Para el circuito de la figura 3:

- a) Determine  $V_o$  asumiendo que  $R_{1a} = R_{1b} = R_1$  y  $R_{2a} = R_{2b} = R_2$ .
- b)  $V_{noise}$  es una tensión de ruido (interferencia) que aparece donde se indica el circuito.  $R_{1a}$  y  $R_{1b}$  son resistencias de valor nominal  $R_1$  y tolerancia  $\delta$  (es decir que están en el rango  $[R_1 \cdot (1 - \delta), R_1 \cdot (1 + \delta)]$ ) y  $R_{2a}$  y  $R_{2b}$  son resistencias de valor nominal  $R_2$  y tolerancia  $\delta$ . Determina el efecto de  $V_{noise}$  en la salida  $V_o$  para el peor caso.

En todo el problema:

- $I$  y  $k$  son mayores que cero y tales que los diodos conducen francamente.
- Los operacionales son ideales.
- D1 y D2 son idénticos.

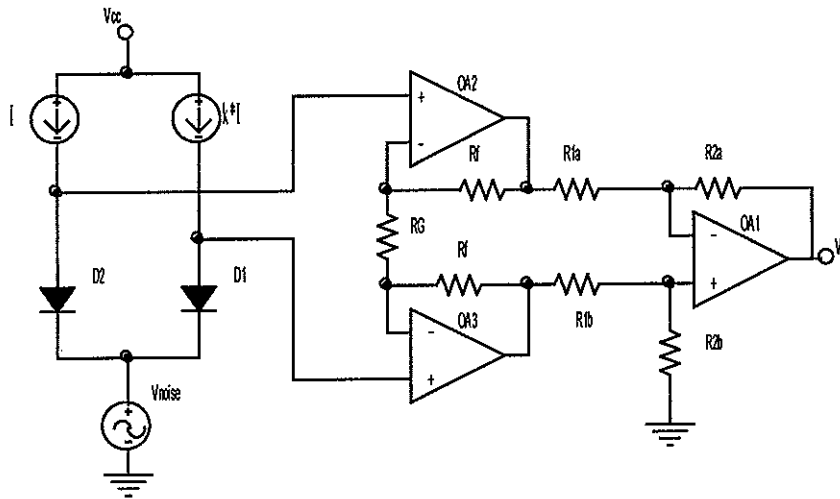


Figura 3

**PREGUNTA ( 20ptos)**

a) Para una juntura p-n, con  $N_A < N_D$ , indicar en la Tabla 1 la relación entre las variable indicadas, colocando en los casilleros de la tabla un signo de mayor (>), menor (<) o igual según corresponda.

Magnitud 1	Relación (<, > o =)	Magnitud 2	
Concentración de portadores minoritarios al borde de la zona de deplexión del lado n		Concentración de portadores minoritarios al borde de la zona de deplexión del lado p	
Ancho de la zona de deplexión del lado n		Ancho de la zona de deplexión del lado p	*
Carga en la zona de deplexión del lado n		Carga en la zona de deplexión del lado p	
Corriente de drift, juntura en cortocircuito		Corriente de difusión, juntura en cortocircuito	
Corriente de drift, juntura en directo		Corriente de difusión, juntura en directo	
Corriente de drift, juntura en inverso		Corriente de difusión, juntura en inverso	
Corriente de difusión, juntura en cortocircuito		Corriente de difusión, juntura en directo	*

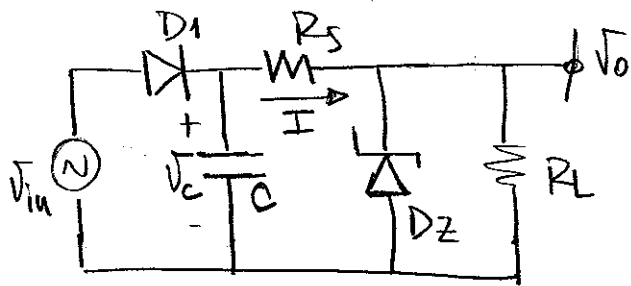
b) Justificar la respuesta dada en los casos marcados como \* en la tabla.

c) Se tiene una barra de semiconductor tipo p no uniformemente dopado en circuito abierto. Determinar como se relaciona la concentración de huecos en dos puntos de la barra con la diferencia de potencial en estos puntos.

Recordar que:

- la densidad de corriente de drift de huecos está dada por  $q.p.\mu_p.E$ .
- la densidad de corriente de difusión de huecos está dada por  $-q.D_p.(dp/dx)$  donde se usa la nomenclatura usual aplicada en el curso.

# Problema 1



(a)  $D1: OFF$

Como  $V_p \gg V_{Rmax}$  es válido a proximar la descarga del C a corriente constante,

$$\Rightarrow V_R = \frac{IT}{C} = \frac{(V_p - (V_\gamma + V_Z))T}{R_s C}$$

$$\Rightarrow \boxed{C > \frac{(V_p - (V_\gamma + V_Z))T}{R_s V_{Rmax}}}$$

(b) corriente I debe ser,

\* mayor que  $I_{min} = I_{Zmin} + \frac{V_Z}{R_{Lmin}}$ .

$$\Rightarrow \boxed{R_s < \frac{V_p - (V_{Rmax} + V_Z + V_\gamma)}{I_{Zmin} + \frac{V_Z}{R_{Lmin}}}}$$

\* menor que  $I_{max} = \frac{P_{Zmax}}{V_Z} + \frac{V_Z}{R_{Lmax}}$

$$\Rightarrow \boxed{R_s > \frac{V_p - (V_Z - V_\gamma)}{\frac{P_{Zmax}}{V_Z} + \frac{V_Z}{R_{Lmax}}}}$$

(c) Dada un  $R_{Lx}$  y  $R_{sx}$ .  
la tensión del capacitor en un peor caso,  
debe satisfacer

$$\frac{V_{pmin} - (V_Z + V_\gamma + V_{Rp})}{R_{sx}} = I_{Zmin} + \frac{V_Z}{R_{Lx}}$$

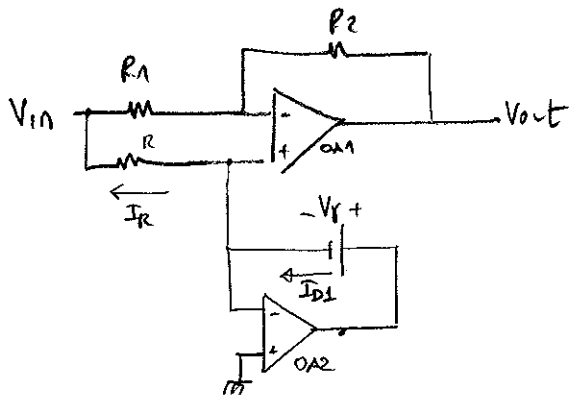
$$\Rightarrow \boxed{V_p > R_{sx} \left( I_{Zmin} + \frac{V_Z}{R_{Lx}} \right) + V_Z + V_\gamma + V_{Rmax}}$$

  
G. FERRO

# PROBLEMA 2

Problem 2. ELECTRONICA 4  
1er Parcial 2010

a) Si  $V_{in} < 0 \Rightarrow$  supongo D1 ON.

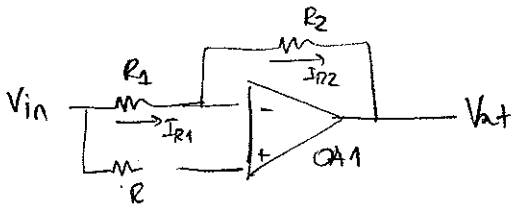


AMP INVERSOR CLÁSICO

$$V_{OA2}^+ = 0 \text{ y } V_{OA2}^+ = V_{OA2}^- = V_{OA1}^+ \Rightarrow V_{OA1}^+ = 0 \Rightarrow V_{out} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot V_{in} \left. \vphantom{V_{OA2}^+} \right\} \Rightarrow \underline{V_{out} = -V_{in} \text{ (} V_{in} < 0 \text{)}} \\ \text{Si } R_1 = R_2$$

Verifico hipótesis D1 ON: Asumo  $V_{D1} = V_r \Rightarrow I_{D1} = I_R = \frac{0 - V_{in}}{R} > 0 \checkmark$  verifica

Si  $V_{in} > 0 \Rightarrow$  supongo D1 OFF



$$I_R = 0 \Rightarrow V_{OA1}^+ = V_{in} \Rightarrow V_{OA1}^- = V_{in} \Rightarrow I_{D1} = I_{D2} = 0 \Rightarrow \underline{V_{out} = V_{in} \text{ (} V_{in} > 0 \text{)}} \checkmark$$

Verifico hipótesis D1 OFF: Asumo  $I_{D1} = 0$ ,  $V_{D1} = 0 - V_{in} < V_r \checkmark$  verifica

Resumiendo:  $V_{out} = |V_{in}|$  si  $R_1 = R_2$

b)  $V_{in} \leq 0$

OA1:  $OSW_{OA1}^{MAX} \geq V_{out} = \max\{|V_{in}|\} = 5V$   
 $OSW_{OA1}^{MIN} \leq V_{out} = \min\{|V_{in}|\} = 0V$

$ICMR_{OA1}^{MIN} \leq 0V, ICMR_{OA1}^{MAX} \geq 0V$

OA2:  $OSW_{OA2}^{MAX} \geq V_y, OSW_{OA2}^{MIN} \leq V_y$   
 $ICMR_{OA2}^{MIN} \leq 0V, ICMR_{OA2}^{MAX} \geq 0V$

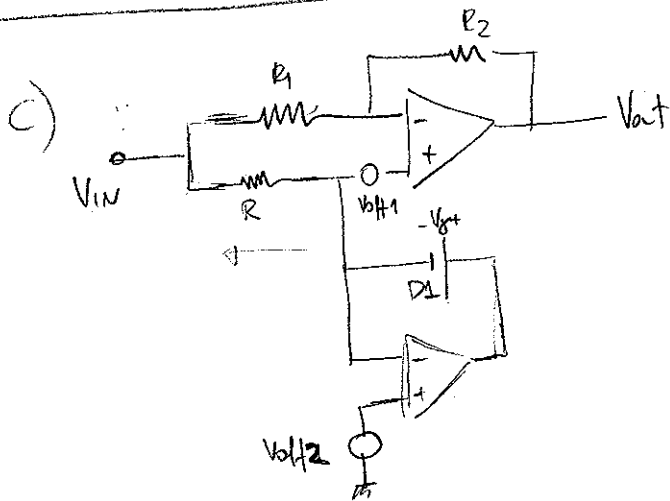
$V_{in} \geq 0$

OA1: OSW idem que  $V_{in} \leq 0$   
 $ICMR_{OA1} = \frac{V_{om}^+ + V_{om}^-}{2} = V_{in} \Rightarrow ICMR_{OA1} = [0, 5]$

OA2: No juega

Resumiendo: OA1:  $OSW = [0, 5]$   
 $ICMR = [0, 5]$

OA2:  $OSW = [0, V_y]$   
 $\emptyset \in ICMR$

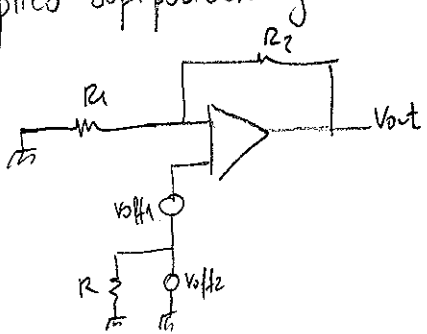


$D1 \text{ ON} \Leftrightarrow I_{D1} > 0 \Leftrightarrow \frac{V_{off2} - V_{in}}{R} > 0$

$\Leftrightarrow V_{in} < V_{off2}$

→ Nueva condición para D1 ON  
 → Cambia el punto respecto al cual el circuito rectifica.

Aplico superposición y considero  $V_{in} = 0$ :



AMPLIFICADOR NO INV.  
 $\Rightarrow V_{out} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) (V_{off1} + V_{off2})$

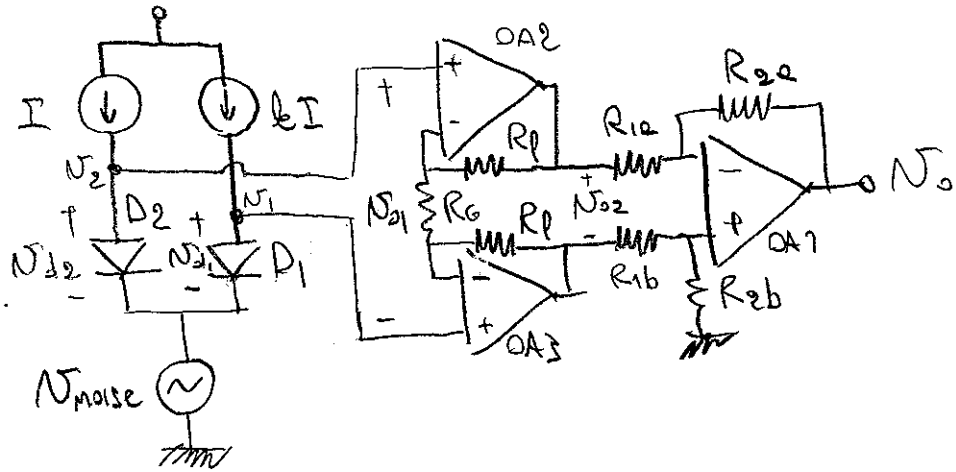
por letra  $R_1 = R_2$

$\Rightarrow V_{out} = -V_{in} + 2(V_{off1} + V_{off2})$

→ Aparece un nivel de continua a la salida

OREGGIANI

# Probleme 3



2)

$$N_{01} = N_{d2} - N_{d1}$$

$$\dot{N}_{d1} = I_S e^{\frac{N_{01}}{V_T}} \quad \dot{N}_{d2} = I_S e^{\frac{N_{02}}{V_T}} \quad \Rightarrow \quad \frac{\dot{N}_{d1}}{\dot{N}_{d2}} = k = e^{\frac{N_{01} - N_{02}}{V_T}} \Rightarrow N_{d1} - N_{d2} = V_T L(k)$$

$$\Rightarrow N_{01} = N_{d2} - N_{d1} = V_T L\left(\frac{1}{k}\right)$$

$$N_{02} = (2R_l + R_g) \dot{N}_{Rg} = (2R_l + R_g) \frac{N_{01}}{R_g} \Rightarrow \frac{N_{02}}{N_{01}} = \left[ 1 + \frac{2R_l}{R_g} \right]$$

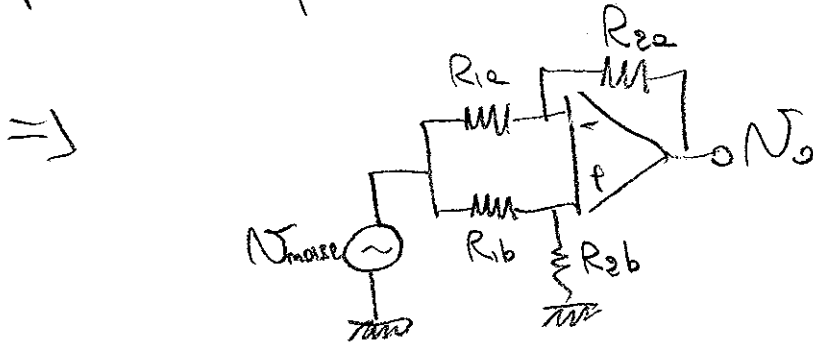
$$\frac{N_0}{N_{02}} = -\frac{R_e}{R_i} \Rightarrow N_0 = \frac{R_e}{R_i} N_{02} = -\frac{R_e}{R_i} \left[ 1 + \frac{2R_l}{R_g} \right] N_{01}$$

$$\Rightarrow N_0 = -\frac{R_e}{R_i} \left[ 1 + \frac{2R_l}{R_g} \right] V_T L\left(\frac{1}{k}\right)$$

# Problema 3

b)  $N_{\text{noise}}$  aparece como señal en modo común en  $N_1$  y  $N_2$

$\Rightarrow \dot{I}_{RG} = \phi \Rightarrow N_{o2} = \phi \Rightarrow$  aparece  $N_{\text{noise}}$  como señal en modo común a la entrada del amplificador diferencial implementado por OAI



$$\frac{N_o}{N_{\text{noise}}} = -\frac{R_{2a}}{R_{1a}} + \frac{R_{2b}}{R_{1b} + R_{2b}} \left[ 1 + \frac{R_{2a}}{R_{1a}} \right] = \frac{R_{2b}R_{1a} - R_{2a}R_{1b}}{R_{1a}(R_{1b} + R_{2b})}$$

Maximizo el numeración

$\Rightarrow$

$$\begin{aligned} R_{2b} &= R_2(1+\delta) \\ R_{1a} &= R_1(1+\delta) \\ R_{2a} &= R_2(1-\delta) \\ R_{1b} &= R_1(1-\delta) \end{aligned}$$

sustituyo y hago cuentas

$$\frac{N_o}{N_{\text{noise}}} = \frac{4\delta R_2}{R_1 + R_2}$$

*[Signature]*  
P. Castro

*[Handwritten mark]*