



UNIVERSIDAD DE ALCALÁ, E. P. S.
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA
Grado en Ingeniería Electrónica y Automática Industrial

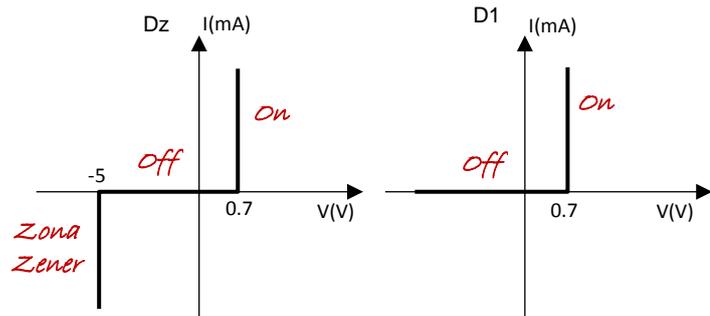
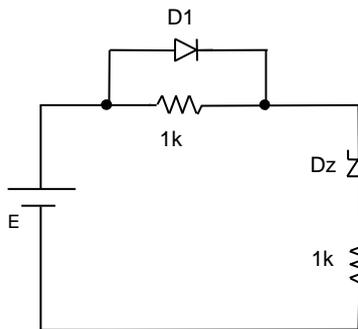


Asignatura:	ELECTRÓNICA ANALÓGICA	Fecha:	19-junio-2013
Apellidos:	- Soluciones -	Nombre:	
Prueba:	Examen Extraordinario	Nº de lista:	

Duración: 180 minutos

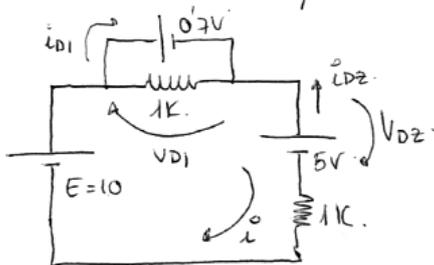
¡Atención!: No se admitirán respuestas no justificadas adecuadamente

Problema 1.-(20 puntos)-Para el circuito de la siguiente figura, cuyos diodos tienen las curvas características mostradas, se pide:



- (10 pts.) Punto de polarización de ambos diodos cuando $E=10V$.
- (10 pts.) Punto de polarización de ambos diodos cuando $E=-10V$.

a) Suponemos $\left. \begin{array}{l} D_1 \text{ en ON} \\ D_2 \text{ en ZENER.} \end{array} \right\}$



$$i = \frac{E - 0.7 - 5}{1k} = \frac{10 - 5.7}{1k} = 4.3 \text{ mA}$$

$$D_1 \left\{ \begin{array}{l} V_{D1} = 0.7V \\ i_{D1} = i - \frac{V_{D1}}{1k} = 4.3 - 0.7 = 3.6 \text{ mA} \end{array} \right.$$

Suposición correcta para D1

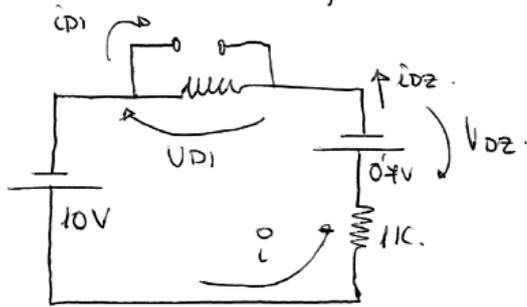
$$D_2 \left\{ \begin{array}{l} V_{D2} = -5V \\ i_{D2} = -i = -4.3 \text{ mA} \end{array} \right.$$

Suposición correcta para D2.

luego

$$\begin{array}{l} D_1 = (0.7V, 3.6 \text{ mA}) \\ D_2 = (-5V, -4.3 \text{ mA}) \end{array}$$

b) Suponemos $\left. \begin{array}{l} D_1 \text{ en OFF.} \\ D_2 \text{ en ON} \end{array} \right\}$



$$i = \frac{10 - 0.7}{2k} = 4.65 \text{ mA}$$

$$D_1 \left\{ \begin{array}{l} V_{D1} = -1k \cdot i = -4.65 \text{ V} \\ i_{D1} = 0 \end{array} \right.$$

Suposición correcta para D1

$$D_2 \left\{ \begin{array}{l} V_{D2} = 0.7 \text{ V} \\ i_{D2} = i = 4.65 \text{ mA} \end{array} \right.$$

Suposición correcta para D2

luego

$D_1 = (-4.65 \text{ V}, 0 \text{ A})$ $D_2 = (0.7 \text{ V}, 4.65 \text{ mA})$

Problema 2.-(25 puntos)- Los operacionales del circuito de la figura son de características ideales, salvo por tener (según sus *data sheet*) una tensión de offset máxima $V_{OS} = 5mV$ y una corriente de polarización $I_B = 1\mu A$. Ambos se encuentran alimentados simétricamente con $\pm 9V$.

a) (5 pts.) Aplicando superposición, obtenga la relación:

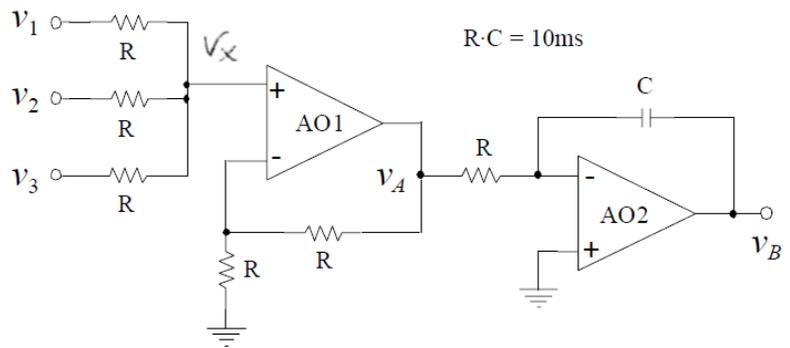
$$v_A = f(v_1, v_2, v_3)$$

b) (5 pts.) Obtenga la relación

$$v_B(t) = f(v_A(t))$$

c) (5 pts.) Calcule el valor máximo de la tensión de error que, debida al offset, aparece en la salida, v_A , del primer operacional (AO1).

d) (10 pts.) Supuesta una tensión nula en v_A , determine la forma de onda $v_B(t)$ sabiendo que en el segundo operacional la tensión de offset real (la medida) es $V_{OS} = +3mV$.

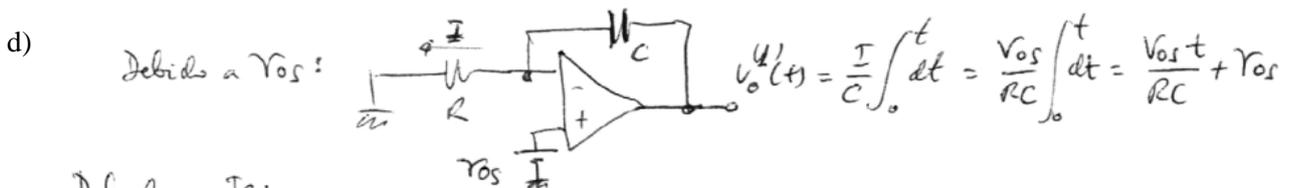
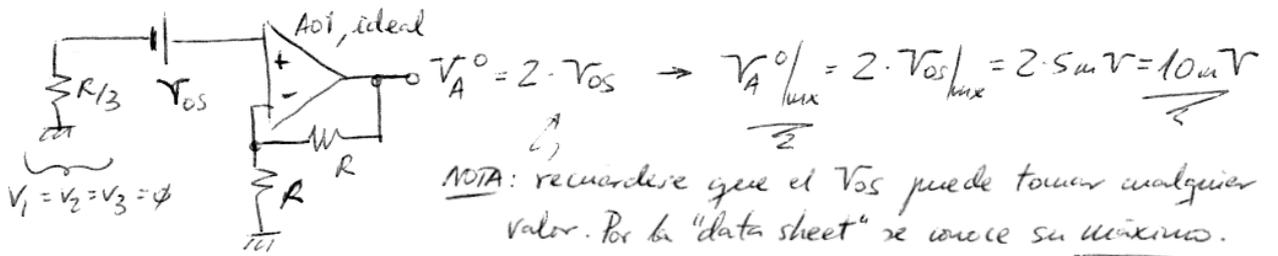


a) Para cada $V_i \rightarrow V_i \xrightarrow{R} V_x = V_i \cdot \frac{R/2}{R+R/2} = V_i \cdot \frac{R}{2R+R} = \frac{1}{3} V_i$

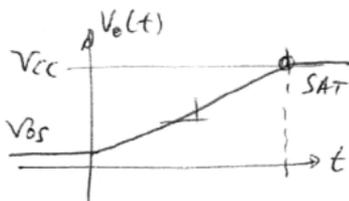
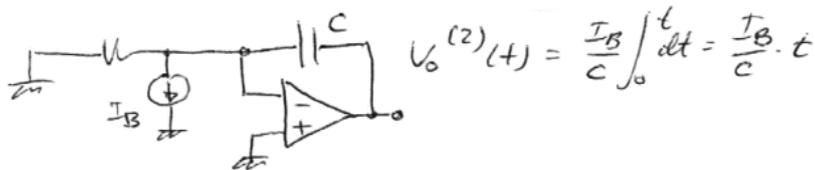
$\Rightarrow V_x = \frac{1}{3} \sum_1^3 V_i \Rightarrow \boxed{V_A = \frac{2}{3} \sum_1^3 V_i}$

b) $V_B = -\frac{1}{RC} \int_0^t v_A(t) dt + V_{B\phi}$

c) Como queremos saber el valor de la tensión de error debida al offset en el AO1, anulamos las fuentes de señal y añadimos V_{OS} :



Debido a I_B :



$v_o(t) = \left(\frac{V_{OS}}{RC} + \frac{I_B}{C} \right) \cdot t + V_{OS} = \left(\frac{3mV}{10\mu s} + \frac{10^{-6}}{C} \right) \cdot t + 3mV$

(t en segundos)

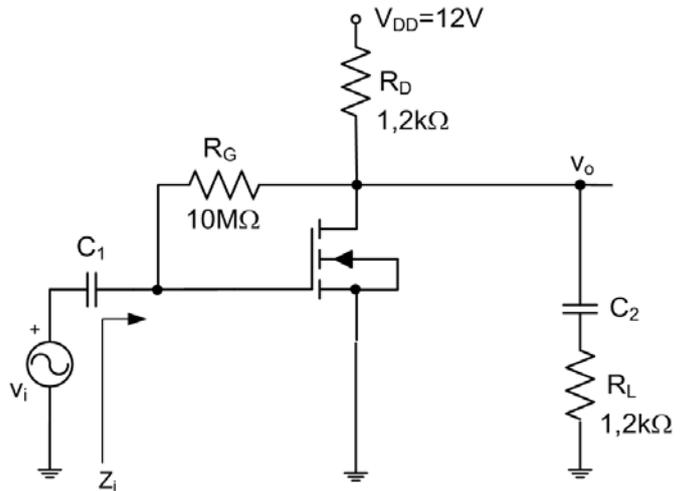
Problema 3.-(25 puntos)-En el circuito amplificador de la figura adjunta, las capacidades de acople C_1 y C_2 son muy elevadas y la señal v_i es de frecuencias medias.

Datos:

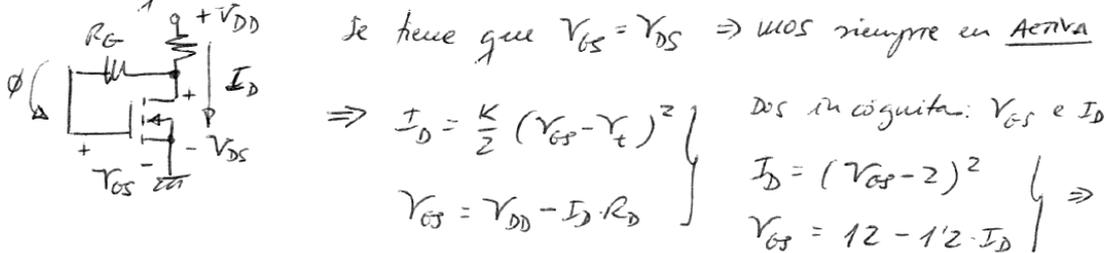
$R_D = R_L = 1,2k\Omega$; $R_G = 10M\Omega$; $C_1 = C_2 \rightarrow \infty$
 $V_{DD} = 12V$;
 Transistor: $k = 2mA/V^2$, $V_t = 2V$, $V_A \rightarrow \infty$

Obtenga:

- (10 pts.) Punto de polarización del transistor (V_{DSQ} , V_{GSQ} , I_{DQ}) indicando su zona de funcionamiento.
- (2 pts.) Valor de los parámetros en pequeña señal del transistor.
- (3 pts.) Circuito equivalente en pequeña señal del amplificador.
- (10 pts.) A partir del circuito equivalente obtenido en el apartado anterior, obtenga las expresiones algebraicas de: Impedancia de entrada (Z_i); Ganancia de tensión (v_o/v_i)



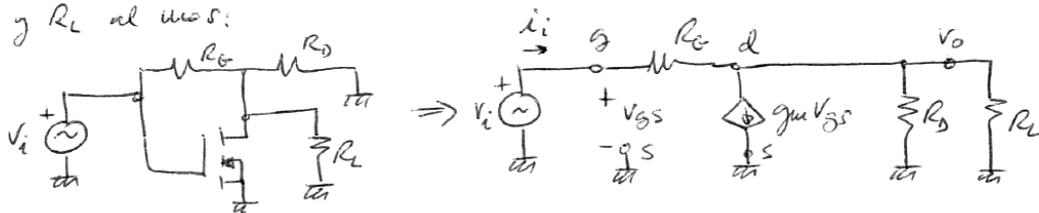
a) En D.C. (para polarización) C_1 y C_2 son circuitos abiertos. Por lo que el cb. equivalente es:



\Rightarrow Resolviendo para V_{GS} : $\frac{12 - V_{GS}}{1,2} = (V_{GS} - 2)^2 = V_{GS}^2 + 4 - 4V_{GS} \Rightarrow$
 $\Rightarrow 1,2V_{GS}^2 - 3,8V_{GS} - 7,2 = 0 \Rightarrow V_{GS} \rightarrow \begin{cases} +4,5 \text{ V} & \leftarrow \text{válida} \\ -1,35 \text{ V} < V_t = 2 \text{ V} & \text{¡No!} \end{cases}$
 Con $V_{GS} = 4,5 \Rightarrow \boxed{I_{DQ} = (4,5 - 2)^2 = 6,25 \mu A}$ y $\boxed{V_{DSQ} = V_{GSQ} = +4,5 \text{ V}}$

b) $\boxed{g_m = k(V_{GS} - V_t) = 2(4,5 - 2) = 5 \text{ mA/V}}$

c) En señal, C_1 y C_2 son cortocircuitos (C. de acople) y conectan v_i y R_L al mos:



d) Observando el ctr. en señal del apartado (c) se tiene:

$$\left. \begin{aligned} z_i = \frac{v_i}{i_i} \\ \left\{ \begin{aligned} v_{gs} = v_i = i_i \cdot R_G + (i_i - g_m v_{gs}) \cdot (R_D // R_L) \\ \downarrow \\ v_i = i_i [R_G + (R_D // R_L)] - g_m v_i \cdot (R_D // R_L) \end{aligned} \right. \Rightarrow \end{aligned} \right\}$$

Reordenando la ecuación se tiene: $v_i [1 + g_m (R_D // R_L)] = i_i [R_G + R_D // R_L]$

De donde:
$$\boxed{z_i = \frac{v_i}{i_i} = \frac{R_G + (R_D // R_L)}{1 + g_m (R_D // R_L)}} \quad (*)$$

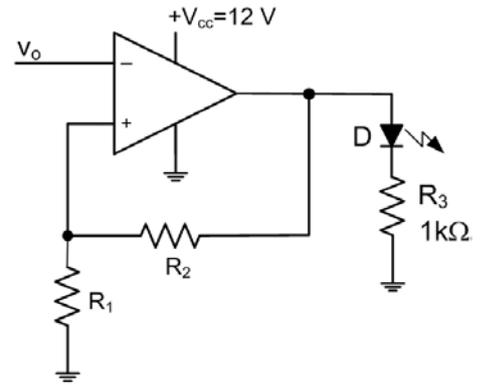
$$\left. \begin{aligned} G_r = \frac{v_o}{v_i} \\ \left\{ \begin{aligned} v_o = (i_i - g_m v_{gs}) (R_D // R_L) \\ v_i = v_{gs} \quad \text{y además } v_i = z_i \cdot i_i (*) \end{aligned} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} v_o = v_i \left(\frac{1}{z_i} - g_m \right) \cdot (R_D // R_L) \\ \frac{v_o}{v_i} = \frac{(R_D // R_L) (1 - g_m z_i)}{z_i} \end{aligned} \right.$$

Problema 4.-(15 puntos)-Sobre el circuito comparador de la figura se conocen los siguientes datos:

$R_3 = 1k\Omega$; $V_{CC} = 12V$; AO ideal.
 Diodo (D): $V_\gamma = 1V$, $I_{Dm\acute{a}x} = 20mA$

Obtenga la relación R_2/R_1 si se quiere que

- a) Si el diodo D está ON (encendido) debe pasar a OFF (apagado) cuando $v_o \geq 5V$.
- b) Si el diodo D está OFF (apagado) debe pasar a ON (encendido) cuando $v_o \leq 0V$



Se trata de un comparador con Realimentación Positiva (Trigger Schmitt), a través de los resistores R_1 y R_2 . Dicha realimentación provoca una histéresis en su función de transferencia, debido a que las tensiones de conmutación dependen de los valores de la tensión de salida. Además sabemos, considerando el OA ideal, que el valor de su salida (V_{SAO}) en cada estado (H y L) será el de sus alimentaciones, esto es:

$$V_{OH} = V_{CC} = 12V, \text{ y } V_{OL} = GND = 0.$$

De los datos (estado ON y OFF del LED) podemos sacar la función de transferencia deseada y de ahí, planteando las ecuaciones de conmutación para cada estado (H y L) obtendremos la relación de resistores buscada:

$V_{SAO} = V_{CC} \Rightarrow D \text{ ON}$
 $V_{SAO} = \phi \Rightarrow D \text{ OFF}$
 $V_b = 5^-; V_a = \phi$

$$V_{SAO} = V_{CC} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} V^+ = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_2} \cdot R_1 \\ V^- = V_o \end{array} \right\} \frac{V_{CC} R_1}{R_1 + R_2} = 5 \Rightarrow \boxed{\frac{R_2}{R_1} = \frac{7}{5}}$$

$$V_{SAO} = \phi \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} V^+ = \phi \\ V^- = V_o \end{array} \right\} \Rightarrow V_o = V_a = \phi$$

Problema 5.-(15 puntos)-La tabla 1 resume las características básicas de los inversores CMOS de tres familias lógicas:

Familia	V_{OHmin}	V_{OLmax}	V_{IHmin}	V_{ILmax}	I_{OHmax}	I_{OLmax}	I_{IHmax}	I_{ILmax}
A	2,7V	0,4V	2.0V	0.8V	-0,4mA	16mA	40 μ A	-1,6 μ A
B	4,9V	0,1V	3.5V	1V	-4 mA	4mA	1 μ A	-1 μ A
C	3,1V	0,2V	2V	0,8V	-50 mA	50mA	0,5 μ A	-0,5 μ A

a) (10 pts.) Justificar si es viable la conexión A (driver) con B (receiver) y de A (driver) con C (receiver).

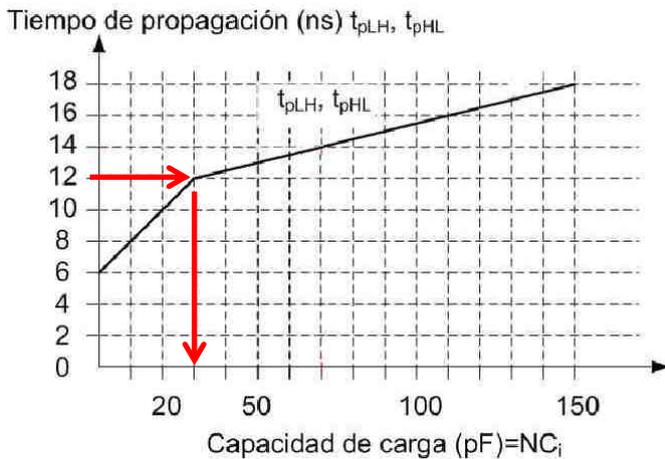
$V_{OHmin}(A) > V_{IHmin}(B) \rightarrow 2,7 > 3,5 \rightarrow NO$
 $V_{OLmax}(A) < V_{ILmax}(B) \rightarrow 0,4 < 1 \rightarrow SI$
 } No es viable

$V_{OHmin}(A) > V_{IHmin}(C) \rightarrow 2,7 > 2$
 $V_{OLmax}(A) < V_{ILmax}(C) \rightarrow 0,4 < 0,8$
 } si viable desde el punto de vista de tensiones

$|I_{OHmax}(A)| > |I_{IHmax}(B)| \rightarrow 16mA > 0,5\mu A$
 $|I_{OLmax}(A)| > |I_{ILmax}(B)| \rightarrow 0,4mA > 0,5\mu A$
 } si viable

RESUMEN
 $A \rightarrow B \rightarrow NO VIABLE$
 $A \rightarrow C \rightarrow SI VIABLE$

b) (5 pts.) La figura adjunta muestra el tiempo de propagación en función de la capacidad de carga de las puertas A. Calcular el fan-out de la conexión A-C (driver-receiver), asumiendo un tiempo de propagación de 12 ns del inversor A y suponiendo para los inversores tipo C una capacidad en su entrada de 2 pF.



$12\text{ ns} \rightarrow 30\text{ pF}$
 $NC_i \leq 30\text{ pF} \rightarrow N \leq \frac{30}{2} = 15$