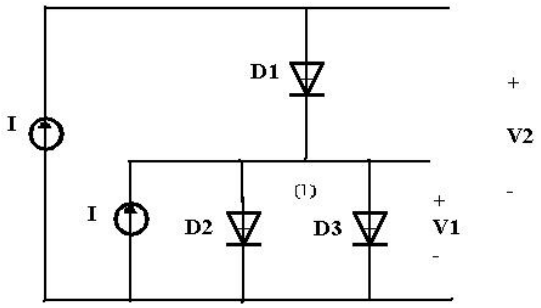
Pauta Control 1

Profesor: Patricio Parada
Auxiliar: Patricio Pérez
Ayudantes: Alex Becerra, Emerson Madrid, Simón Norambuena .

Pregunta 1

a) (3 puntos)
Hacemos el análisis DC del circuito:



Notamos que

$$I_{D1} = I \rightarrow I_{D1} = I_s e^{\frac{V_{D1}}{v_T}}, V_T = 25mV \Rightarrow V_{D1} = V_T \ln\left(\frac{I_{D1}}{I_s}\right)$$

Reemplazando valores dados: $V_{D1} = 0{,}625V$. Notamos que $V_2 = V_{D1} + V_1$.
Como $D_2 = D_3 \Rightarrow$

$$I_{D2} = I_{D3},$$

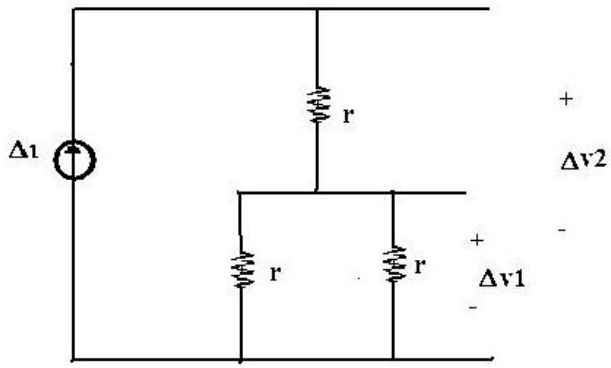
y además por LCK:

$$2I = I_{D2} + I_{D3} \Rightarrow I_{D2} = I_{D3} = I$$

Luego, $V_{D2} = V_{D3} = V_{D1} = 0{,}625V$

$$\Rightarrow V_1 = 0{,}625V \, y V_2 = 1{,}25V$$

b) (3 puntos)
Utilizando el modelo de señal pequeña para diodos, se tiene el siguiente circuito:



Donde $r = \frac{V_T}{I_o}$

$$\Rightarrow \Delta v_2 = (r + \frac{r}{2}) = \frac{3r}{2}\Delta i$$

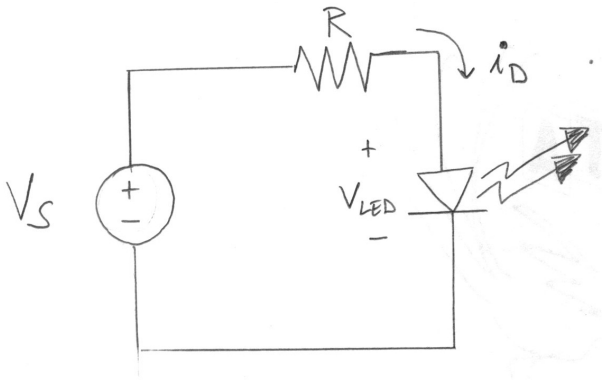
$$\Delta v_1 = \frac{r}{2}\Delta i$$

Y finalmente

$$\frac{\Delta v_1}{\Delta v_2} = \frac{r/2}{3r/2} = \frac{1}{3}$$

Pregunta 2

a) (3 puntos)
Se tiene el siguiente circuito.



Los datos del problema son

$$V_S = 5[\text{V}]$$
$$V_{DO} = 1,6[\text{V}]$$
$$i_V = 40 \cdot i_D[\text{mcd}]$$

Si se necesita que el diodo led emita 1 [mcd], la corriente circulante por él debe ser

$$i_D = \frac{1}{40} = 25[\text{mA}]$$

Por lo tanto, el valor de la resistencia es

$$\text{R} = \frac{V_S - V_{DO}}{i_D} = \frac{5 - 1,6}{25 \cdot 10^{-3}} = 136[\Omega]$$

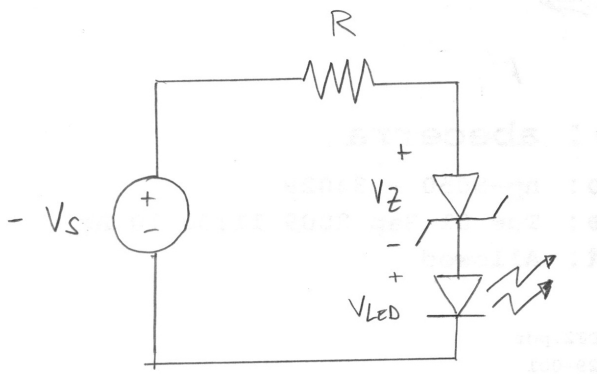
b) (3 puntos)
El diodo zener debe conectarse como lo indica la figura (ánodo con cátodo). Notemos que si $Vs < 0$, como aparece en la figura, el zener queda polarizado en la región de ruptura y se tiene

$$V_{led} = V_S - V_Z - V_R < V_S - V_Z = 0,8[\text{V}]$$

lo cual es menor que el máximo voltaje inverso soprtado por el led (3 [V]).

Cuando el circuito funcione de la forma correcta, es decir con una fuente de voltaje positiva, el diodo zener se polarizará en directa, incorporando una caida de tensión adicional al circuito de 0,6 [V], luego , la nueva corriente que circula por el led esta dada por la siguiente ecuación.

$$i_D = \frac{V_S - V_{led}^{(directa)} - V_{zener}^{(directa)}}{R} = \frac{5 - 1,6 - 0,6}{136} = 20,6[\text{mA}]$$



finalmente, la nueva intensidad luminosa del diodo led es

$$i_V = 40 \cdot i_D = 40 \cdot 20,6 \cdot 10^{-3} = 0,824[\text{mcd}]$$

Pregunta 3

a) (2 puntos)

Si $I_{TEL} = 0 \quad \Rightarrow \quad I_o = I_X$

Con lo cual

$$V_{OUT} = 2{,}4 \ [V] \quad \Rightarrow \quad I_X = \frac{V_{ad} - V_{OUT}}{R} = 6 \ [mA]$$

Si

$$I_D = I_S \cdot \exp\left(\frac{V_D}{V_T}\right) = 6 \ [mA] \quad \Rightarrow \quad I_S = 2{,}6 \cdot 10^{-16} \ [A]$$

b) (2 puntos)

Sabemos que

$$I_X = I_S \cdot \exp\left(\frac{V_{OUT}/3}{V_T}\right) \quad \Rightarrow \quad V_{OUT} = 3 \cdot V_T \cdot \ln\left(\frac{I_X}{I_S}\right)$$

Por otro lado,

$$I_X = \frac{V_{ad} - V_{OUT}}{R}$$

Resolviendo por método iterativo tenemos:

$$V_{OUT}{}^{(k+1)} = 3 \cdot V_T \cdot \ln\left(\frac{V_{ad} - V_{OUT}{}^{(k)}}{R \cdot I_S}\right)$$

probemos con $V_{OUT}{}^{(0)} = 2{,}4 \ [V]$ y veamos cuanto cambia el voltaje de salida al incorporar el voltaje de adaptador igual a 3.1 [V].

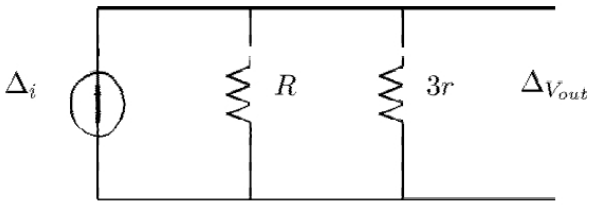
$$\begin{aligned} & V_{OUT}{}^{(1)} = 3 \cdot 26\,[mV] \cdot \ln\left(\tfrac{3{,}1-2{,}4}{100}\right) = 2{,}412 \ [V] \\ \Rightarrow \quad & I_X{}^{(1)} = \tfrac{3{,}1-2{,}412}{100} = 6{,}88 \ [mA] \\ \Rightarrow \quad & V_{OUT}{}^{(2)} = 3 \cdot V_T \cdot \ln\left(\tfrac{I_X{}^1}{I_S}\right) = 2{,}411 \ [V] \end{aligned}$$

Dada la pequeña variación del voltaje de salida en ambas iteraciones, concluímos que el voltaje de salida Vout = 2.411 [V].

c) (2 puntos)

Si $I_{TEL} = 0{,}5 \ [mA]$, podemos hacer un análisis de señal pequeña:

$$I_D = 6 \ [mA] \quad ; \quad \Delta i = 0{,}5 \ [mA]$$



$$\Delta V_{OUT} = (3r//R) \cdot \Delta i$$

Notar que

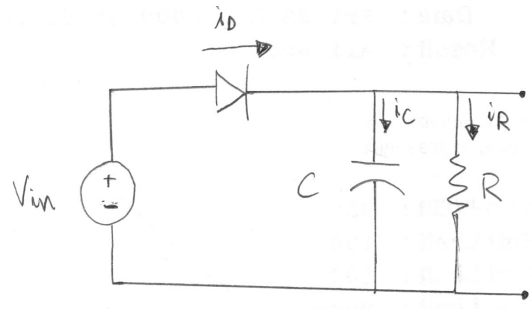
$$r = \frac{V_T}{I_D} = \frac{26\ [mV]}{6\ [mA]} = 4{,}3\ [\Omega]$$

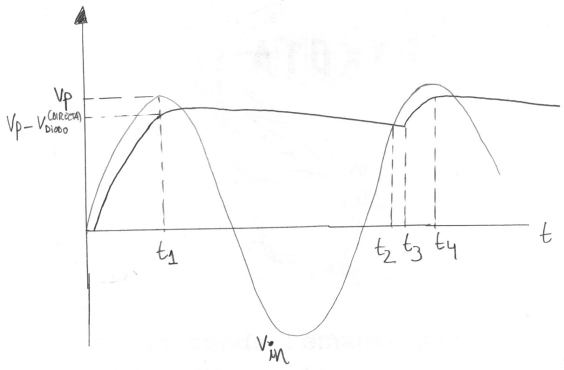
$$\Rightarrow \quad \Delta V_{OUT} = 11{,}42 \cdot 0{,}5\ [mV] = 5{,}7\ [mV]$$

Pregunta 4

a) (4,5 puntos)

Recordar que





El diodo conduce cuando esta polarizado en forma directa, y además, por LCK,

$$\begin{aligned} i_D &= i_C + i_R \\ &= C\frac{dV_{out}}{dt} + \frac{V_{out}}{R} \end{aligned}$$

Se vio, en clases, que la corriente en la carga resistiva es relativamente constante.

$$\frac{V_{out}}{R} \approx \frac{V_P - V_D^{(directa)}}{R}$$

El mayor valor de la corriente se alcanza cuando la corriente del condensador es máxima, es decir, exactamente en t=t3, que es cuando la pendiente de Vc es máxima.
Asumiendo que

$$V_D^{(directa)} << V_P$$

$$V_{in}(t_3) = V_P - V_R$$

Si

$$V_{in}(t) = V_P \cdot \sin(2\pi f_{in} t)$$
$$\Rightarrow V_P \cdot \sin(2\pi f_{in} t_3) = V_P - V_R$$
$$\Rightarrow \sin(2\pi f_{in} t_3) = 1 - \frac{V_R}{V_P}$$

Si se desprecia $V_D^{(directa)}$

$$\Rightarrow V_{out} \approx V_{in}$$

para instantes donde el diodo se encuentre polarizado en directa.

Luego,

$$\Rightarrow i_D(t) = C\frac{dV_{out}}{dt} + \frac{V_P}{R}$$
$$= C \cdot 2\pi f_{in} \cdot V_P \cdot \cos(2\pi f_{in} t) + \frac{V_P}{R}$$

$$i_{peak} = C \cdot 2\pi f_{in} \cdot V_P \cdot \cos(2\pi f_{in} t_1) + \frac{V_P}{R}$$

Usando

$$\cos(x) = \sqrt{1 - \sin^2(x)}$$

se tiene que

$$i_{peak} = C \cdot 2\pi f_{in} \cdot V_P \cdot \sqrt{1 - \left(1 - \frac{V_R}{V_P}\right)^2} + \frac{V_P}{R}$$

$$= C \cdot 2\pi f_{in} \cdot V_P \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot V_R}{V_P} - \left(\frac{V_R}{V_P}\right)^2} + \frac{V_P}{R}$$

Si $V_R << V_P$ se tiene que

$$\sqrt{\frac{2 \cdot V_R}{V_P} - \left(\frac{V_R}{V_P}\right)^2} \approx \sqrt{\frac{2 \cdot V_R}{V_P}}$$

y por lo tanto,

$$i_{peak} = C \cdot 2\pi f_{in} \cdot V_P \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot V_R}{V_P}} + \frac{V_P}{R}$$
$$= \frac{V_P}{R} \cdot \left(RC \cdot 2\pi f_{in} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot V_R}{V_P}} + 1\right) \quad (*)$$

b) (1,5 puntos)

el valor del condensador C se determina a partir del valor del voltaje de rizado que se da en el enunciado.

$$V_R = \frac{V_P}{fRC}$$

Luego, reemplazando los valores de $V_P = 5$ [V], f = 50 [Hz] y R = 40 [kΩ] se obtiene que

$$C = 25[\mu F]$$

finalmente, reemplazando todos los valores anteriores en la ecuación (*) se obtiene que

$$i_{peak} = 7,97[mA]$$