ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN BÁSICAS
PRIMER PARCIAL – ENERO 2015

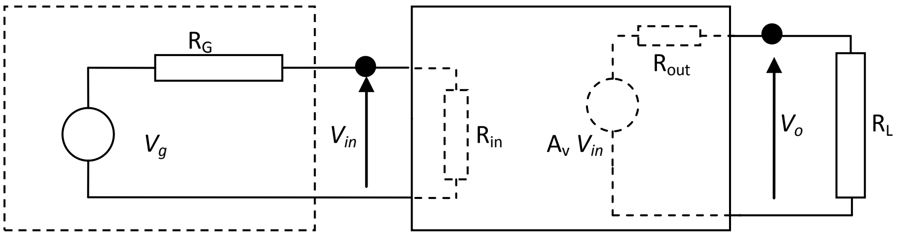
APELLIDOS:		NOMBRE:	

- Escriba su nombre y apellidos en los recuadros.
- No quite la grapa. No separe las hojas.
- Responda a cada cuestión en el espacio reservado para ello (bajo el enunciado y en la cara posterior de la hoja).
- Solamente se recogerá este cuadernillo, no admitiéndose la incorporación de hojas sueltas adicionales.

CUESTIÓN 1. (3 puntos)

Se pretende medir las resistencias de entrada y la de salida de un amplificador de tensión como el de la figura que está conectado a una carga R_L que puede tomar dos valores fijos a voluntad del usuario (470Ω y 2200Ω).

Para ello se dispone de un generador de señal sinusoidal de amplitud constante y resistencia de salida seleccionable R_G que puede tomar dos valores (500kΩ y 1MΩ) y un voltímetro ideal.



1. Hallar la resistencia de salida del amplificador (R_{out}) si manteniendo constantes unos determinados ajustes del generador de entrada se obtienen en el voltímetro conectado a la salida del amplificador lecturas de valores 3,2V_{rms} para la carga de 47**Ω** y de 6,87 V_{rms} para la carga de 2200Ω. .... (1 p.)

De la figura se ve que $V_o = A_V V_{in}\dfrac{R_L}{R_L+R_{out}} \Rightarrow A_V V_{in} = V_o\dfrac{R_L+R_{out}}{R_L}$ *de donde tomando dos medidas e igualando queda* $V_{o1}\dfrac{R_{L1}+R_{out}}{R_{L1}} = V_{o2}\dfrac{R_{L2}+R_{out}}{R_{L2}}$ *y despejando* $R_{out} = \dfrac{V_{o1}-V_{o2}}{\dfrac{V_{o2}}{R_{L2}}-\dfrac{V_{o1}}{R_{L1}}} = \dfrac{6{,}87-3{,}2}{\dfrac{3{,}2}{470}-\dfrac{6{,}87}{2200}}\Omega = 995{,}7\Omega \approx 1k\Omega$

2. Hallar la resistencia de entrada (R_{in}) del amplificador y la tensión de salida en circuito abierto del generador de excitación si las lecturas en el voltímetro conectado a la entrada del amplificador son de 1,33 V_{rms} para una resistencia de salida del generador (R_G) de 500kΩ y de 1 V_{rms} para 1MΩ. .... (1 p.)

En la entrada se verifica que $V_g = V_{in} + I_{in}R_G = V_{in} + \frac{V_{in}}{R_{in}}R_G$ *y tomando dos medidas para dos resistencias internas del generador (*V_g*=Cte) tenemos que* $V_{in1} + \frac{V_{in1}}{R_{in}}R_{G1} = V_{in2} + \frac{V_{in2}}{R_{in}}R_{G2}$ *y despejando queda* $R_{in} = \frac{V_{in2}R_{G2} - V_{in1}R_{G1}}{V_{in1} - V_{in2}} = \frac{1V \bullet 1M\Omega - 1{,}33V * 0{,}5M\Omega}{1{,}33V - 1V} = 1{,}015M\Omega \approx 1M\Omega$ *por lo que* $V_g = V_{in} + I_{in}R_G = V_{in} + \frac{V_{in}}{R_{in}}R_G = 1V_{rms} + \frac{1V_{rms}}{1M\Omega} \bullet 1M\Omega = 2V_{rms}$

Considere sólo en el apartado siguiente que el generador de excitación tiene una resistencia interna de 500kΩ y proporciona en vacío una señal sinusoidal de V_g=2V_{rms} y de frecuencia 10 kHz y que la resistencia de entrada del amplificador es de 1MΩ.

3. Halle el valor de la tensión V_{in} (en V_{PP}) medida con un osciloscopio con la sonda en X1 (1MΩ//100pF).. (1 p.)

En este caso nos encontramos con que en paralelo con la impedancia de entrada de 1MΩ aparece la sonda del osciloscopio por lo que la tensión en la entrada del amplificador será:

$$V_{in} = V_g \frac{Z_{in}}{R_G + Z_{in}} = V_g \frac{R_{in} // R_{osc} // \frac{1}{j\omega C_{osc}}}{R_G + \left(R_{in} // R_{osc} // \frac{1}{j\omega C_{osc}} \right)} = V_g \frac{\left(R_{in} // R_{osc}\right)}{R_G + \left(R_{in} // R_{osc}\right) + j\omega\left(R_{in} // R_{osc}\right)R_G C_{osc}}$$

y sustituyendo $V_{in} = 2V_{rms} \frac{0{,}5M\Omega}{1M\Omega + j2\pi \bullet 10^4 \bullet 0{,}5M\Omega \bullet 5 \bullet 10^5\Omega \bullet 10^{-10}F} = 2\frac{0{,}5}{1 + j0{,}5\pi}V_{rms}$ *por lo que*

$$\left|V_{in}\right| = \left|2\right|\frac{\left|0{,}5\right|}{\left|1 + j0{,}5\pi\right|}V_{rms} = \frac{1}{\sqrt{1 + 0{,}25\pi^2}}V_{rms} = 0{,}537V_{rms} = 2\sqrt{2} \bullet 0{,}537V_{pp} = 1{,}519V_{pp} \approx 1{,}52V_{pp}$$

.

CUESTIÓN 2. (3 puntos)

Un resistor cuyas especificaciones nominales a T=70ºC son resistencia R_N=100Ω y potencia W_N=0.25W, tiene una resistencia térmica R_{th}=320ºC/W y un coeficiente de variación con la temperatura de α=+0.1%/ºC y le supondremos tolerancia nula.

Se pide:

1. Temperatura máxima T_{max} que puede alcanzar el componente sin deteriorarse irreversiblemente. ....(0,5 p.)

Un punto en la recta de desvataje:
[Potencia Nominal = 0,25 W, Temperatura ambiente/Nominal= 70ºC]

Y sabiendo que R_{th}=320ºC /W

Aplicándolos en la expresión del desvataje:
Potencia = (T_{max} -70ºC)/R_{th} => 0.25W·320ºC /W=Tmax -70ºC=> ***T_{max} =150ºC***

2. Valor de la resistencia R cuando el componente está a una temperatura de 150ºC. (Puede suponer que la ley de variación lineal de R con T es aplicable en todo el margen de temperaturas de operación). ....(0,5 p.)

La dependencia de R con T (Suponiendo comportamiento lineal):

$$\mathrm{R(T)} = \mathrm{R_0}\cdot(1+\alpha\cdot\Delta T) \qquad \text{donde } \mathrm{R_o} = 100\Omega \ \text{ y } \ \alpha = 0.001\%/^{o}\mathrm{C}$$
$$\mathbf{R(\ T = 150^{o}C)} = 100\cdot(1+0.001/^{o}C\cdot(150^{o}C-70^{o}C)) = \mathbf{108\Omega}$$

3. Potencia máxima que se puede aplicar al componente a una temperatura ambiente de 110ºC y temperatura a la que se encuentra el resistor en tal situación. ... (1 p.)

Aplicándolos en la expresión del desvataje:

Potencia@110ºC = W_{max} = (T_{max} -T_{amb})/R_{th} =(150ºC -110ºC)/320ºC/W =>

W_{max} (T=110ºC) = 0,125W

Se aplica al resistor una onda periódica de periodo de repetición T_r=2·T, tal como muestra la figura, en la que durante un semiperiodo de T_r la onda es un seno de periodo T y amplitud A, y durante el otro semiperiodo de T_r la amplitud es nula.

Suponga en lo que sigue que el periodo T_r de dicha señal es mucho menor que la constante de tiempo de respuesta térmica τ del componente.

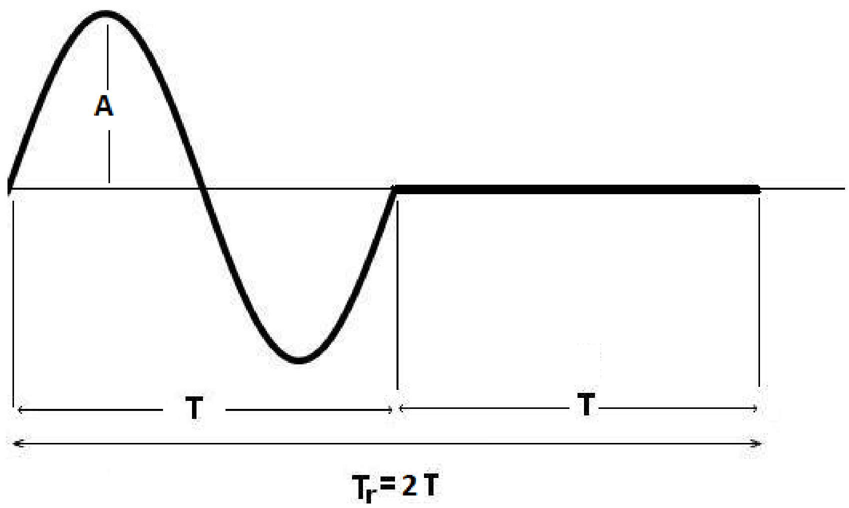
4. ¿Cuál es el valor máximo que puede darse a la amplitud A a una temperatura ambiente T=110ºC? .... (1 p.)

La potencia máxima que puede disipar a 110ºC es de 125mW (calculado en el apartado anterior). En estas condiciones, el resistor se encuentra a T_{max}=150ºC (calculado en el apartado 2).Como T<< τ, el componente responderá al valor medio de la potencia:

$$\overline{\mathrm{W}} = \frac{1}{\mathrm{T_r}}\int_0^{\mathrm{T_r}} \mathrm{W(t)dt} = \frac{1}{\mathrm{T}}\left[\int_0^{\mathrm{T}} \mathrm{W(t)}\cdot\mathrm{dt} + \int_{\mathrm{T}}^{\mathrm{T_r}} 0\cdot\mathrm{dt}\right] = \frac{1}{2}\cdot\left\{\frac{1}{\mathrm{T}}\left[\int_0^{\mathrm{T}} \mathrm{W(t)}\cdot\mathrm{dt}\right]\right\} = \frac{1}{2}\left(\frac{\mathrm{A}}{\sqrt{2}}\right)^2 = \frac{\mathrm{A}^2}{4} = \mathrm{v_{ef}^2}$$

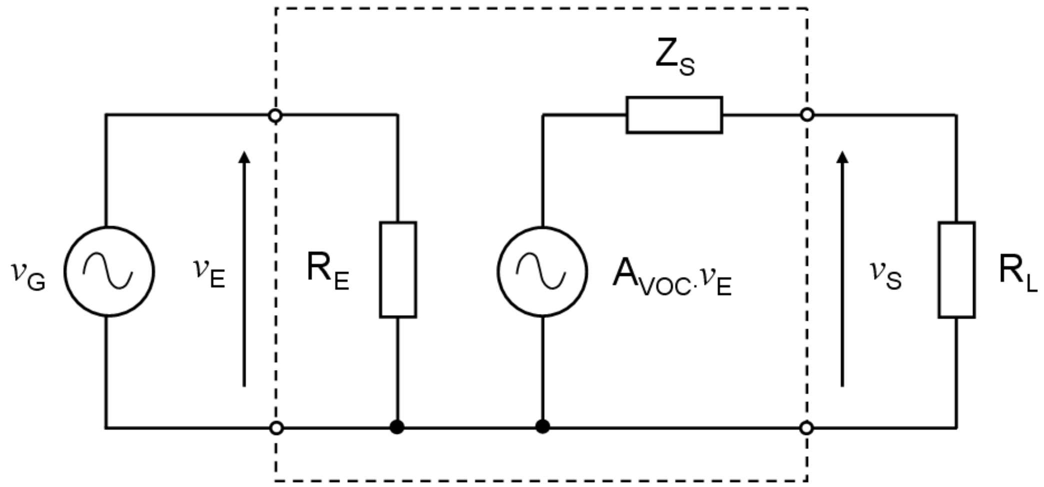
La potencia disipada será: $\mathrm{W} = \dfrac{\mathrm{v_{ef}^2}}{\mathrm{R}} = \dfrac{\mathrm{A}^2}{4\cdot\mathrm{R}}$

Dando valores: $0.125\text{W} = \dfrac{A^2}{4 \cdot 108\Omega} \Rightarrow A^2 = 4 \cdot 0{,}125 \cdot 108 = 54 \Rightarrow \mathbf{A = 7{,}3V}$



CUESTIÓN 3. (4 puntos)

El funcionamiento de cierto amplificador puede modelarse mediante un circuito equivalente de amplificador de tensión, con una ganancia en tensión con la salida en circuito abierto de valor A_{VOC}, una impedancia de entrada resistiva pura (R_E) y una impedancia de salida capacitiva pura ($Z_S=1/j\omega C_S$) que se suponen conocidas. Se excita el amplificador con un generador de tensión ideal que proporciona una señal sinusoidal en régimen permanente de amplitud v_G y frecuencia variable y se conecta a la salida del amplificador una carga resistiva R_L de valor conocido.



1.- Obtenga una expresión para la ganancia en tensión efectiva del amplificador, definida como el cociente entre la tensión de salida y la de entrada. .... (0,5 p.)

La tensión en la salida es, por simple inspección del circuito:

$$v_S = A_{VOC} \cdot v_E \cdot \frac{R_L}{Z_S + R_L}$$

De aquí se deduce la ganancia efectiva:

$$A_V = \frac{v_S}{v_E} = A_{VOC} \cdot \frac{R_L}{Z_S + R_L}$$

Sustituyendo la impedancia de salida por $Z_S=1/j\omega C_S$ y operando se obtiene la expresión final de dicha ganancia efectiva:

$$A_V = \frac{v_S}{v_E} = A_{VOC} \cdot \frac{j\omega C_S R_L}{1 + j\omega C_S R_L}$$

2.- Obtenga las expresiones del módulo y la fase de dicha ganancia en tensión efectiva en función de la pulsación del régimen sinusoidal permanente. .... (1 p.)

El módulo de la ganancia (relación entre los módulos de las tensiones de salida y entrada) es:

$$|A_V| = A_{VOC} \cdot \frac{\omega C_S R_L}{\sqrt{1 + (\omega C_S R_L)^2}}$$

La fase de la ganancia (desfasaje entre la tensión de salida y la de entrada) es:

$$\Delta\phi = \frac{\pi}{2} - arctan\left(\omega C_S R_L\right)$$

3.- Indique razonadamente si la respuesta del amplificador en función de la frecuencia es de tipo paso-alto, paso-bajo o paso-banda. .... (0,5 p.)

Si ω→0, el módulo de la ganancia efectiva tiende a 0. Si ω→∞, el módulo de la ganancia efectiva tiende a A_{VOC}. Por tanto se trata de una respuesta de tipo paso-alto.

4.- Exprese el módulo de la ganancia en tensión en dB. Obtenga las dependencias asintóticas de la ganancia en tensión efectiva con la pulsación para valores muy grandes y muy pequeños de dicha pulsación. .... (1,5 p.)

El módulo de la ganancia expresado en dB es:

$$\left|A_V\right|_{dB} = 20 \cdot log\left|A_V\right| = 20 \cdot log\left(A_{VOC} \cdot \frac{\omega C_S R_L}{\sqrt{1+\left(\omega C_S R_L\right)^2}}\right)$$

Si ω→0, la dependencia con la pulsación es del tipo:

$$\left|A_V\right|_{dB} \to K + 20 \cdot log(\omega)$$

La ganancia en este intervalo de pulsaciones (zona asintótica de la banda atenuada) aumenta al aumentar la pulsación a razón de 20dB/década (6dB/octava).

Si ω→∞, la ganancia tiende al valor constante (banda de paso):

$$\left|A_V\right|_{dB} \to 20 \cdot log\left(A_{VOC}\right)$$

5.- Calcule la (o las) frecuencia(s) de corte e indique claramente los valores que toman el módulo y la fase de la ganancia en tensión efectiva del amplificador a dicha(s) frecuencia(s). .... (0,5 p.)

La respuesta de tipo paso-alto tiene únicamente una pulsación de corte. A dicha pulsación (ω_C), la ganancia se reduce en 3dB respecto al valor que toma en la banda de paso, es decir:

$$20 \cdot log\left(A_{VOC}\right) - 3 = 20 \cdot log\left(A_{VOC} \cdot \frac{\omega_C C_S R_L}{\sqrt{1+\left(\omega_C C_S R_L\right)^2}}\right)$$

Operando se calcula la pulsación de corte inmediatamente:

$$-3 = 20 \cdot log\left(\frac{\omega_C C_S R_L}{\sqrt{1+\left(\omega_C C_S R_L\right)^2}}\right)$$

$$10^{-0,15} = 0,707 = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\omega_C C_S R_L}{\sqrt{1+\left(\omega_C C_S R_L\right)^2}} \to \omega_C = \frac{1}{C_S R_L}$$

La frecuencia de corte se obtendría dividiendo la pulsación por 2π:

$$f_C = \frac{1}{2\pi C_S R_L}$$