

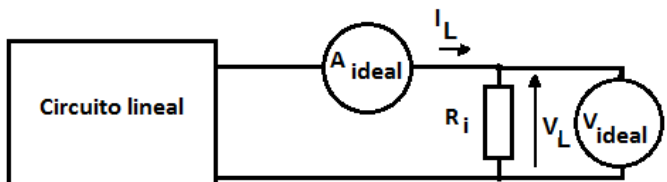
ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN BÁSICAS PRIMER PARCIAL – NOVIEMBRE 2014

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 conectan secuencialmente una serie de resistores de resistencia R_i a la salida de un circuito lineal de constitución desconocida y que proporciona una onda seno de frecuencia f . Se mide, tal como muestra esquemáticamente la figura, la corriente I_L que circula por dichos resistores con un amperímetro ideal y la tensión V_L en sus bornes empleando un osciloscopio que opera como voltímetro y al que supondremos resistencia de entrada infinita. La tabla I resume las lecturas (observe las unidades) obtenidas para varios valores de R_i .

 <p style="text-align: center;">Figura</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>R_i</th> <th>$V_L(V_{pp})$</th> <th>$I_L(mA_{RMS})$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R_1</td> <td>5</td> <td>35,46</td> </tr> <tr> <td>R_2</td> <td>7,5</td> <td>26,595</td> </tr> <tr> <td>R_3</td> <td>12,5</td> <td>8,865</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Tabla I</p>	R_i	$V_L(V_{pp})$	$I_L(mA_{RMS})$	R_1	5	35,46	R_2	7,5	26,595	R_3	12,5	8,865
R_i	$V_L(V_{pp})$	$I_L(mA_{RMS})$											
R_1	5	35,46											
R_2	7,5	26,595											
R_3	12,5	8,865											

Obtenga:

1. El valor de las tres resistencias conectadas (0,5 p)

Como suponemos instrumentos ideales (amperímetro=cortocircuito, voltímetro=circuito abierto), no se produce efecto de carga y la relación de lectura de tensión y lectura de corriente es la resistencia. No obstante, observamos que la tensión en la tabla I está en voltios pico-pico y la corriente en miliamperios eficaces (RMS); debemos expresar ambas magnitudes en el mismo tipo antes de obtener la relación V/I . Como es una onda seno, Valor pico-pico = $2 \cdot \sqrt{2} \cdot$ Valor eficaz, que aplicamos a la corriente:

R_i	$V_L(V_{pp})$	$I_L(mA_{RMS})$	$I_L(mA_{pp})$	$R_i = V_{pp}/I_{pp}$
R_1	5	35,46	$35,46 \cdot 2 \cdot \sqrt{2}$	$5V/35,46 \cdot 2 \cdot \sqrt{2} mA_{pp} = 49,85\Omega \approx \mathbf{50\Omega}$
R_2	7,5	26,595	$26,595 \cdot 2 \cdot \sqrt{2}$	$7,5V/26,595 \cdot 2 \cdot \sqrt{2} mA_{pp} = 99,705\Omega \approx \mathbf{100\Omega}$
R_3	12,5	8,865	$8,865 \cdot 2 \cdot \sqrt{2}$	$12,5V/8,865 \cdot 2 \cdot \sqrt{2} mA_{pp} = 498,5\Omega \approx \mathbf{500\Omega}$

2. La tensión equivalente Thévenin (V_{Th}) expresada en V_{pp} y la resistencia equivalente Thévenin (R_{Th}) del circuito (1,5 p)

Usando el equivalente Thévenin podemos poner:

Usamos dos de $V_{leída} = V_{Th} \frac{R_i}{R_i + R_{Th}}$ los valores para expresar la tensión leída en función de R:

$$V_{leída1} = 5V_{pp} = V_{Th} \cdot \frac{50\Omega}{50\Omega + R_{Th}}$$

$$V_{leída2} = 7,5V_{pp} = V_{Th} \cdot \frac{100\Omega}{100\Omega + R_{Th}}$$

Resolviendo el sistema se obtienen $V_{Th} \approx 15V_{pp}$, $R_{Th} \approx 100\Omega$ (estos valores pueden ser ligeramente distintos, por ejemplo $V_{Th} = 14,9985V_{pp}$, dependiendo de la resolución al operar o de si no se ha redondeado el valor de R_i etc.)

3. Si se emplease un voltímetro de $100k\Omega$ de resistencia de entrada, ¿Cuál sería la lectura que presentaría en pantalla el instrumento al medir en bornes del circuito en vacío empleando la escala de 100VAC con una resolución de 5 dígitos y medio?(0,5 p)

Aplicando de nuevo la expresión del apartado anterior, donde $R_i=500k\Omega$, y suponemos $V_{Th}=15V_{pp}$ y $R_{Th}=100\Omega$

$$V_{leída} \text{ (valor eficaz)} = V_{Th} \frac{R_i}{R_i + R_{Th}} = \frac{15V_{pp}}{2 \cdot \sqrt{2}} \cdot \frac{100 \cdot 10^3 \Omega}{100 \cdot 10^3 \Omega + 100\Omega} = 5,2979V$$

Al trabajar en la escala de 100VAC con 5½ dígitos leeremos: **005.297V**, (valor eficaz de la componente ac), donde el primer 0 corresponde al ½ dígito (puede valer 0 ó 1) y el 05297 corresponden a los 5 dígitos. El punto marca la escala de 100VAC (fondo de escala 100.000VAC).

4. ¿Cuánto es el error relativo, expresado en ppm (partes por millón), que se comete por efecto de carga si se supone que la lectura realizada en el apartado anterior es la tensión Thévenin? (0,5 p)

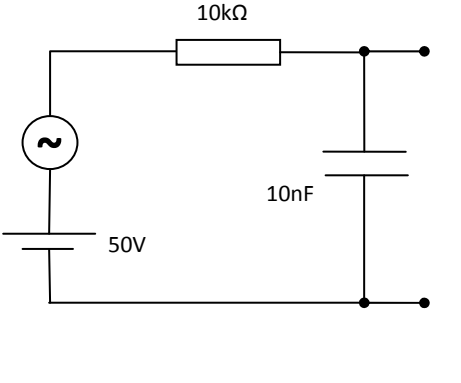
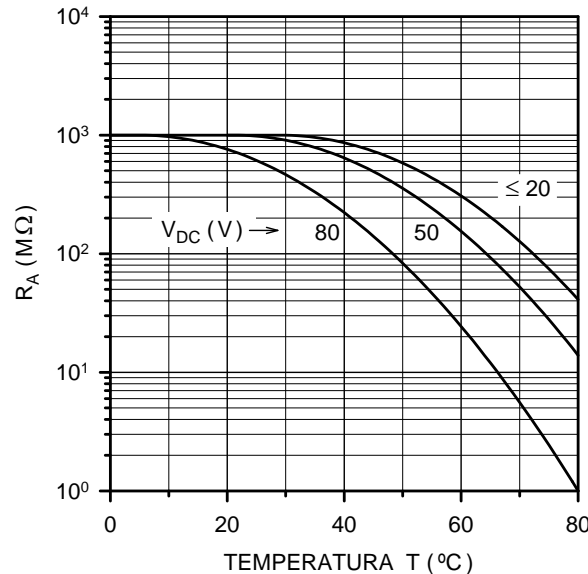
La lectura en V_{pp} es: $5,297 \cdot 2 \cdot \sqrt{2} = 14,98217V_{pp}$

$$\text{Desviación relativa}^{(*)} = \left| \frac{15 - 14,98217}{15} \right| = 1,188 \cdot 10^{-3} = 1,188 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{10^6}{10^6} \cong 1200 \text{ ppm}$$

(*) El valor numérico de la desviación puede ser ligeramente distinto si se parte de un valor de V_{Th} sin redondear, en lugar de $V_{Th}=15V_{pp}$. En todo caso se observa que el error es pequeño.

CUESTIÓN 2. (4 puntos)

Se realiza un filtro RC paso bajo con un condensador de 10nF y un resistor de valor óhmico medido e igual a 10kΩ y cuyas características se adjuntan. En su entrada se conecta el conjunto formado por un generador de tensión alterna en serie con otro de tensión continua. El conjunto ha de trabajar entre 0°C y 80°C de temperatura ambiente, con una temperatura típica de trabajo de 50°C y entre 10 Hz y 100 kHz.

	<p style="text-align: center;"><u>Características de Componentes</u></p> <p>Condensador</p> <p>Capacidad Nominal: 10 nF, Tolerancia: ±10% Temperatura Nominal: 20°C Frecuencia Nominal: 1 kHz. Temperatura máxima: 100°C Coeficiente de temperatura de la capacidad: -100 ppm.K⁻¹ Tensión Nominal: 100V Pérdidas: tgδ=10⁻² (independiente de la frecuencia y de la temperatura) Resistencia de aislamiento R_A (Ver figura)</p>
<p>Resistor</p> <p>Valor Nominal: 10 kΩ Valor medido: 10 kΩ</p>	

Se pide:

- Halle las capacidades máxima y mínima en las condiciones posibles de operación.(0.5 p)

El valor observable de la capacidad del condensador se ve afectado por la temperatura y su desviación inicial con respecto al nominal debido a la tolerancia. Como el coeficiente de temperatura es negativo la capacidad mínima se obtendrá a la máxima temperatura y con el valor menor valor posible del condensador a la temperatura nominal:

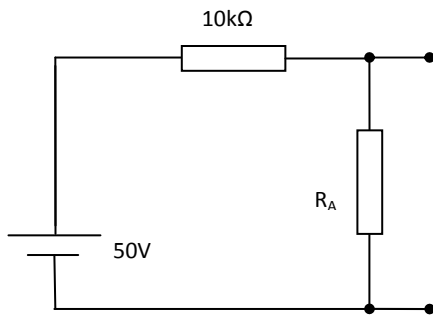
$$C_{min} = C_{nom} (1 - tol) (1 - CoefTemp(T_{max} - T_{nom})) = 10nF(1 - 0,1)(1 - 10^{-4} K^{-1}(80^{\circ}C - 20^{\circ}C)) = 9nF(1 - 6 * 10^{-3}) = 8.946nF$$

Análogamente, lo contrario para el valor máximo:

$$C_{max} = C_{nom}(1 + tol)(1 - CoefTemp(T_{min} - T_{nom})) = 10nF(1 + 0,1)(1 - 10^{-4} K^{-1}(0^{\circ} C - 20^{\circ} C)) = 11nF(1 + 2 * 10^{-3}) = 11.022nF$$

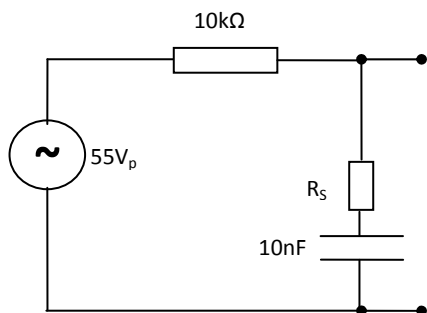
Se mide el condensador a 50°C y resulta C=10nF.

2. Dibuje el circuito equivalente en continua a 50°C y halle la corriente continua que atraviesa el circuito, la tensión continua de salida y la potencia disipada en el condensador.(1 pto)
L



La resistencia de aislamiento a 50°C es según la figura de, aproximadamente, $3,5 * 10^2 M\Omega = 3,5 * 10^8 \Omega$. La corriente será, aproximadamente de $I_{fugas} = 50V / (10^4 \Omega + 3,5 * 10^8 \Omega) \approx 50V / 3,5 * 10^8 \Omega = 143nA$. La tensión de salida, teniendo en cuenta que $3,5 * 10^8 \Omega$ es muchísimo mayor que los $10k\Omega = 10^4 \Omega$ del otro resistor del divisor, será de $V_{DC} \approx 50V$. La potencia disipada en continua en el condensador será de:
 $W = I_{fugas} * V_{DC} = 143nA * 50V = 7,14 \mu W$.

3. Halle el circuito equivalente serie del condensador a 1kHz y 50°C y la tensión en bornas del mismo si la amplitud de la tensión proporcionada por el generador de alterna es de 55V.(1 pto)



Como $tg\delta = 10^{-2} \ll 1 \Rightarrow C_s = C_p = C = 10nF$ y $R_s = tg\delta / \omega C_s = 159,15\Omega$.
En lo que respecta al valor de la tensión alterna en sus bornas:

$$V_c = \frac{V_g * Z_C}{10k + Z_C} = \frac{V_g * \left(R_s + \frac{1}{j\omega C_s} \right)}{10k\Omega + \left(R_s + \frac{1}{j\omega C_s} \right)} = \frac{V_g * (j\omega C_s R_s + 1)}{(10k\Omega + R_s)j\omega C_s + 1} = \frac{V_g * (j10^{-2} + 1)}{(10k\Omega + R_s)j\omega C_s + 1} \Rightarrow |V_c| \approx \frac{V_g}{|j\omega C_s 10k\Omega + 1|} = \frac{55V_p}{1.18} = 46,57V_p$$

Si tenemos en cuenta la tensión continua, la tensión en bornas del condensador varía en función del tiempo desde $50 - 46,57 = 3,43V$ hasta $50 + 46,57 = 96,57V$ con una frecuencia de 1kHz.

4. Halle la corriente que atraviesa el condensador y la potencia disipada en el mismo en el caso anterior.....(0,75 pts)

La corriente en el condensador puede ponerse como:

$$I_c = \frac{V_g}{10k + Z_C} = \frac{V_g}{10k\Omega + \left(R_s + \frac{1}{j\omega C_s} \right)} = \frac{V_g * j\omega C_s}{(10k\Omega + R_s)j\omega C_s + 1} \Rightarrow |I_c| \approx \frac{V_g * \omega C_s}{|j\omega C_s 10k\Omega + 1|} = \frac{55V_p * 2\pi * 10^{-5}}{1.18} = 2,93 mA_p = 2,07 mA_{RMS}$$

Es decir $W = |I_{CRMS}|^2 * R_s = (2,07 * 10^{-3})^2 A_{RMS}^2 * 159,15\Omega = 0,68mW$

5. Determine la frecuencia mínima de operación del circuito para esos valores de las tensiones en los generadores.(0,75ptos)

De la expresión del módulo de la tensión alterna en bornas del condensador, se deduce que a menor frecuencia mayor será esa tensión (es un filtro paso bajo) y que su valor de pico se suma a la tensión continua que cae en él. Es decir que bajando la frecuencia de operación puede llegar un momento en el que la tensión máxima en sus bornas sea igual a la Tensión Nominal y para frecuencias por debajo se superará ese valor, produciéndose la avería del condensador por exceder dicha Tensión Nominal. Esa frecuencia será la que haga que la tensión de pico de la componente alterna sea de $V_p = V_N - V_{DC} = 100V - 50V = 50V$.

$$|V_c| \approx \frac{55V_p}{|j\omega_m C_s 10k\Omega + 1|} = 50V_p \Rightarrow \frac{55V_p}{50V_p} = \sqrt{(\omega_m C_s 10k\Omega)^2 + 1} = 1,1 \Rightarrow \sqrt{1,21 - 1} = \omega_m C_s 10k\Omega$$

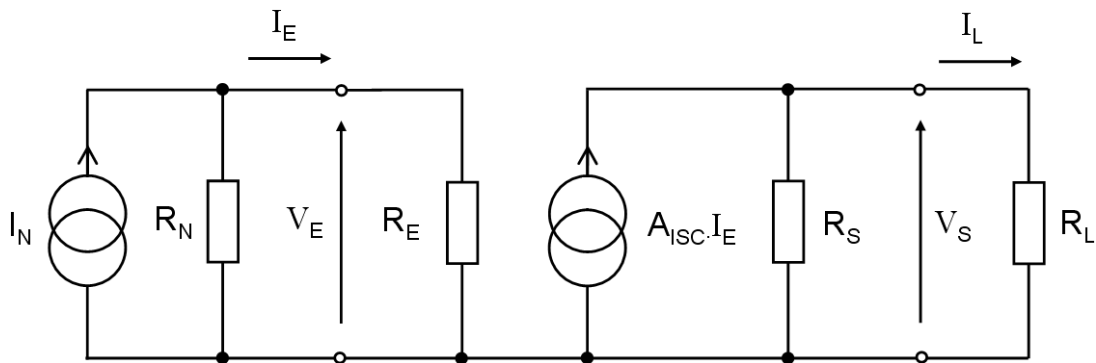
y por tanto

$$f_m = \frac{\sqrt{0,21}}{2\pi * 10^4 \Omega * 10^{-10} F} = 729Hz$$

CUESTIÓN 3. (3 puntos)

El funcionamiento de cierto amplificador puede modelarse mediante un circuito equivalente de amplificador de corriente, en el que la resistencia de entrada (R_E), la resistencia de salida (R_S) y la ganancia en corriente con la salida en cortocircuito (A_{ISC}) son conocidas. Se excita el amplificador con un generador de corriente cuyo circuito equivalente de Norton está formado por un generador de corriente de valor I_N y una resistencia R_N . A la salida del amplificador se conecta una carga resistiva R_L de valor conocido.

1.- Dibuje el circuito equivalente del amplificador de corriente completo, con generador de excitación y carga, e indique en él los parámetros principales y todas las magnitudes de interés. (1 punto).



2.- Calcule la ganancia en corriente efectiva del amplificador, definida como el cociente entre la corriente que circula por la carga (I_L) y la corriente entregada por el generador equivalente Norton ($A_I = I_L / I_N$). (1 punto).

Las ecuaciones que permiten obtener la expresión de esta ganancia se obtienen por simple inspección del circuito:

$$I_L = A_{ISC} \cdot I_E \cdot \frac{R_S}{R_S + R_L}$$

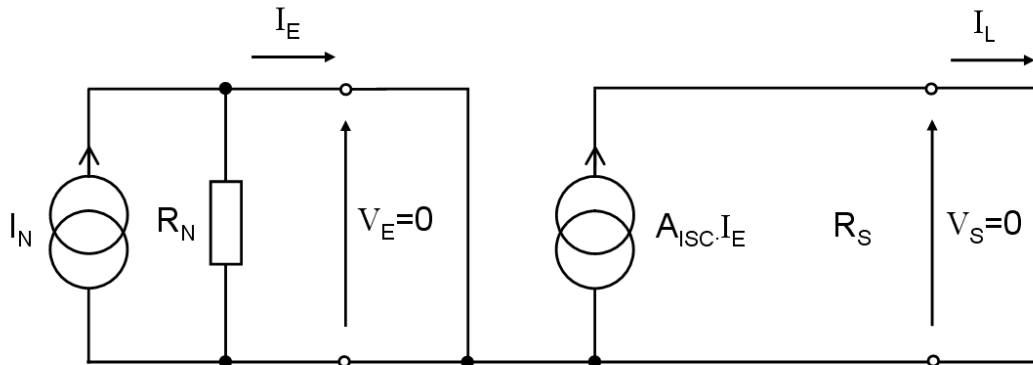
$$I_E = I_N \cdot \frac{R_N}{R_N + R_E}$$

Combinando ambas:

$$A_{ISC} = \frac{I_L}{I_N} = A_{ISC} \cdot \frac{R_S}{R_S + R_L} \cdot \frac{R_N}{R_N + R_E}$$

3.- Indique cuáles son los valores de la resistencia de entrada y de la resistencia de salida correspondientes al caso de amplificador de corriente ideal. Suponiendo que se dan estas condiciones, calcule la corriente que proporcionaría el amplificador anterior si se cortocircuitase su salida. (1 punto).

Si el amplificador de corriente fuera ideal tendría resistencia de entrada nula y resistencia de salida infinita. Con la salida cortocircuitada, el circuito quedaría como sigue.



En este caso particular, las ecuaciones anteriores se transforman en:

$$I_L = A_{ISC} \cdot I_E$$

$$I_E = I_N$$

El resultado es:

$$I_L = A_{ISC} \cdot I_N$$