

GRADO EN INGENIERÍA BIOMÉDICA, U.P.M.
FUNDAMENTOS DE ELECTRÓNICA
 CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA - PRIMERA PRUEBA
 JUNIO DE 2014

| | | | |
|------------|--|---------|--|
| APELLIDOS: | | NOMBRE: | |
|------------|--|---------|--|

- Escriba su nombre y apellidos en los recuadros.
- Solamente se recogerá el cuadernillo.
- No separe las hojas ni añada hojas adicionales.
- Dispone de todo el espacio en blanco que hay en el cuadernillo para responder.

Todas las respuestas deben estar convenientemente justificadas

EJERCICIO 1. (2 puntos)

Se genera una onda periódica compuesta de periodo de repetición T . Dicha onda consta, tal como muestra la figura 1, de una señal en rampa de valor de pico A durante un cuarto del periodo, de una amplitud de $0V$ durante el siguiente cuarto de periodo, de una señal en rampa de valor de pico ($-A$) durante el siguiente cuarto de periodo y de una amplitud $0V$ en el último cuarto de periodo. Sabiendo que el valor eficaz de una onda triangular pura de amplitud pico-pico $2 \cdot A$ es $A/\sqrt{3}$ (observe que la señal de la figura no es triangular pura).

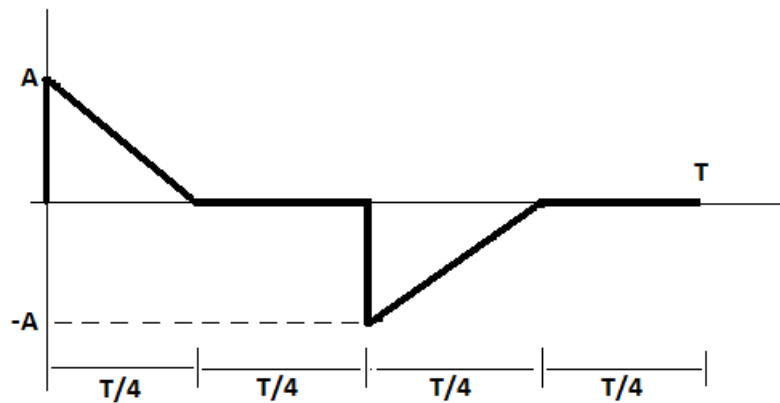


Figura 1

Obtenga razonadamente:

- 1) El valor medio de dicha onda. (0,5 p.)

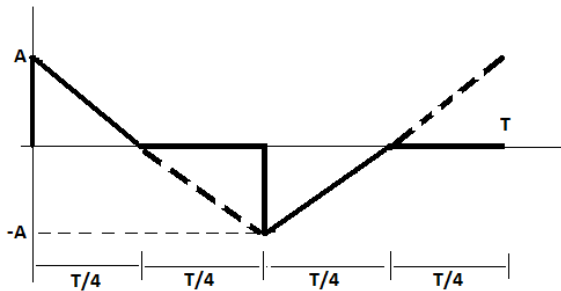
El valor medio es nulo porque en un periodo T se compensan las áreas (positivas y negativas) de los "triángulos".

Formalmente,

$$\begin{aligned} \overline{v(t)} = V_{DC} &= \frac{1}{T} \int_0^T v(t) \cdot dt = \frac{1}{T} \left[\int_0^{T/4} v(t) \cdot dt + \int_{T/4}^{T/2} 0 \cdot dt + \int_{T/2}^{3T/4} v(t) \cdot dt + \int_{3T/4}^T 0 \cdot dt \right] = \\ &= \frac{1}{T} [\text{Área del triángulo positiva} - \text{Área del triángulo negativa}] = 0 \end{aligned}$$

2) El valor eficaz de dicha onda..... (1 p.)

Observamos que la onda es "la mitad" de una onda triangular cuyo valor eficaz sería $A/\sqrt{3}$. (El tramo discontinuo representa la otra "mitad" que "completa" la onda).



Si expresamos la potencia media (proporcional al valor eficaz si se aplica a una carga unidad) de una onda triangular en dos mitades. Cada mitad correspondería a la onda del problema.

$$\overline{w(t)} = \overline{w_{mitad}(t)} + \overline{w_{mitad}(t)} = (v_{ef})^2 \Rightarrow (v_{ef})^2 = 2 \cdot \overline{w_{mitad}(t)} = 2 \cdot (v_{ef_mitad})^2 = \left(\frac{A}{\sqrt{3}}\right)^2 = \frac{A^2}{3}$$

$$(v_{ef_mitad})^2 = \overline{w_{mitad}(t)} = \frac{A^2}{6} \Rightarrow v_{ef_mitad} = v_{ef_onda} = \frac{A}{\sqrt{6}}$$

3) El valor eficaz de la componente alterna de dicha onda. (0,5 p.)

El valor eficaz total, v_{ef_T} , se puede descomponer en una componente de continua, v_{ef_dc} , y una componente de alterna, v_{ef_ac} :

$$v_{ef_T} = \sqrt{v_{ef_dc}^2 + v_{ef_ac}^2}$$

Como la componente continua es nula, $v_{ef_T} = v_{ef_ac}$ Es decir, es el valor obtenido en el apartado anterior.

NOTA: Se aconseja que realice los cálculos haciendo el menor número de integrales posible. Si quiere, puede emplear condiciones de simetría,... para resolver el ejercicio sin hacer integrales.

EJERCICIO 2. (2 puntos)

Se monta el circuito cuyo esquema se muestra en la figura 1, donde E e I son generadores independientes. El de tensión E tiene un valor de 10V y el de corriente I tiene un valor de 1A. Considere que R tiene un valor de 10Ω .

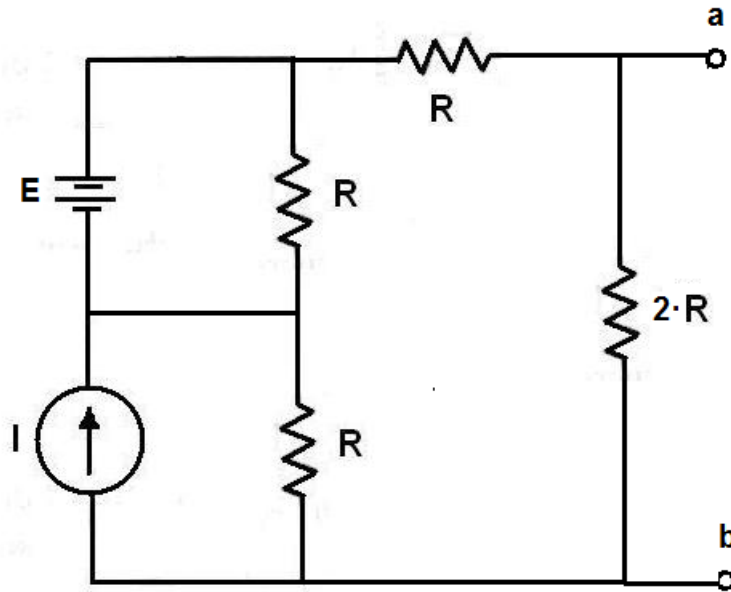
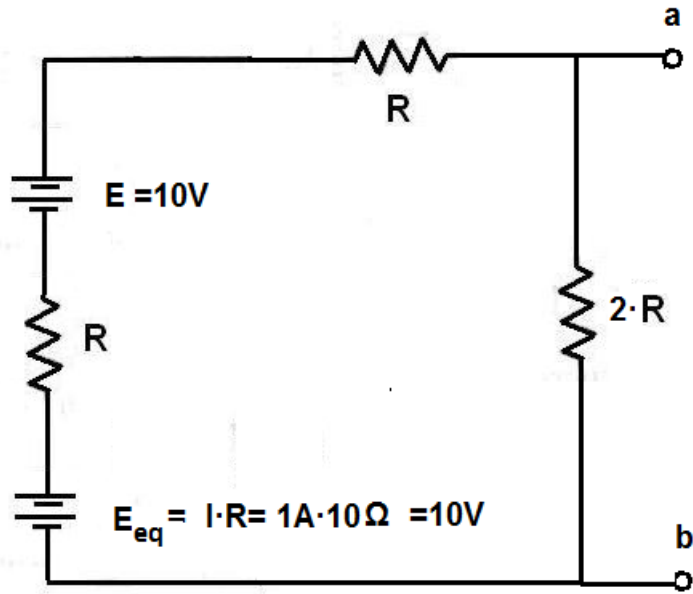


Figura 1

Calcule:

- 1) Tensión Thévenin entre los puntos a y b. (1 p.)

La R en paralelo con E se puede quitar (al estar paralelo con un generador ideal, la tensión y corriente en R son constantes). Seguidamente transformamos el generador de corriente:

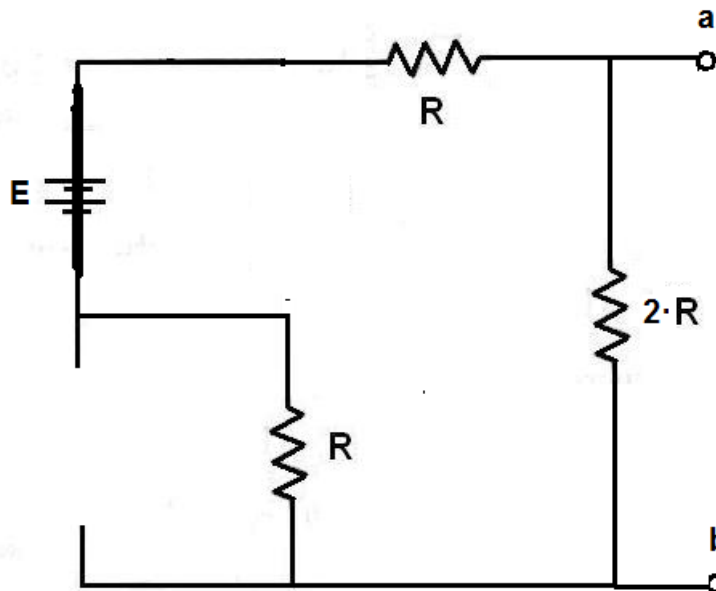


La tensión en a respecto de b:

$$V_{ab} = I \cdot 2R = \frac{E + E_{eq}}{R + R + 2R} \cdot 2R \Rightarrow V_{ab} = V_{Th} = \frac{E + E_{eq}}{2} = E = 10V$$

2) Resistencia equivalente Thévenin entre los puntos a y b. (1 p.)

Cortocircuitamos el generador independiente de tensión y dejamos en abierto el generador independiente de corriente:



La resistencia Thevenin será la resistencia que se observa entre a y b:

$$R_{Th} = (R + R) // (2R) = \frac{2R \cdot 2R}{2R + 2R} = R = 10\Omega$$

EJERCICIO 3. (2 puntos)

Se monta el circuito de la figura 1 utilizando un generador de funciones idéntico a los disponibles en el Laboratorio, que opera como generador de tensión sinusoidal a 50 Hz de frecuencia, y dos resistores cuyos valores de resistencia se indican. Las características del generador se muestran en la parte superior de la página siguiente.

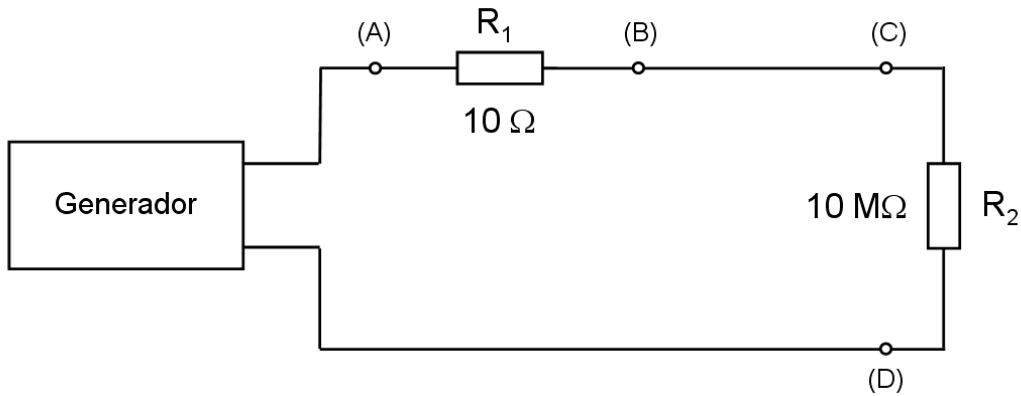


Figura 1

Se utiliza un multímetro idéntico a los usados en el Laboratorio, cuyas características se adjuntan en la parte inferior de la página siguiente, con objeto de medir alguna de las magnitudes de dicho circuito. En la imagen que aparece en la página siguiente se muestra el aspecto de la carátula frontal del instrumento durante la realización de la medida en cuestión.

- 1) Considere que el multímetro puede ser conectado al circuito entre A y B, entre B y C (retirando previamente el cable que une ambos puntos) o entre C y D. A la vista del resultado de la medida, justifique razonadamente cuál de las funciones del multímetro ha sido seleccionada y cuál de las tres posibles conexiones indicadas es la que ha sido efectuada. (1 p.)

De la inspección de la hoja de características se desprende lo siguiente:

La medida del polímetro indica voltios AC y el valor medido es 3,53455 voltios eficaces. El generador de señal puede proporcionar como máximo 20 Vpp en circuito abierto (10Vpp sobre una resistencia de 50Ω), que son 7,07 voltios eficaces ya que al ser una onda seno el valor eficaz es el valor de pico dividido por raíz de dos. El voltímetro tiene una impedancia de entrada equivalente a la combinación en paralelo de un resistor de 1MΩ y un condensador de 100 pF. El módulo de la impedancia del condensador a la frecuencia de 50Hz es $3,18 \cdot 10^7 \Omega = 31,8 \text{ M}\Omega (>> 1 \text{ M}\Omega)$.

El voltímetro se conecta entre los bornes del elemento en el que se quiere medir la diferencia de potencial, es decir en paralelo. Solamente podría estar conectado entre A y B o entre C y D, quedando excluida la conexión entre B y C una vez retirado el cable que los une, ya que entonces se modificaría el circuito sobre el que se desea realizar la medida de tensión, el voltímetro quedaría conectado en serie en la malla y la lectura efectuada no tendría sentido y que la tensión entre B y C antes de retirar el cable es cero.

En principio, no consideraremos la resistencia interna del generador (50Ω), salvo que observemos que puede afectar significativamente a la lectura (no será el caso). Si se conectara el voltímetro entre A y B, el circuito equivalente entre dichos nodos consistiría en un resistor de 10Ω de resistencia aproximadamente (resultante de la combinación en paralelo de 10Ω con $1\text{ M}\Omega$ y con una impedancia capacitiva de módulo $31,8\text{ M}\Omega$) en serie con un resistor de $10\text{ M}\Omega$ (entre C y D). Si la lectura del voltímetro conectado entre A y B es $3,53455$ voltios eficaces, entonces la tensión entre los bornes del resistor de $10\text{ M}\Omega$ debería ser $3,53\cdot 10^6\text{V}$, valor muy superior al de la tensión máxima que puede proporcionar el generador.

En el caso de que se conectara el voltímetro entre C y D, el circuito resultante sería una resistencia de $0,909\text{ M}\Omega$ (resultante de la combinación en paralelo entre dichos nodos de una resistencia de $10\text{ M}\Omega$ con otra de $1\text{ M}\Omega$ y con una impedancia capacitiva de $31,8\text{ M}\Omega$), en serie con otra resistencia de 10Ω (entre A y B). La lectura del instrumento tendría sentido, ya que la caída de potencial en bornes de la resistencia de 10Ω sería despreciable comparada con la caída de potencial en bornes del instrumento y el generador de funciones sí podría entregar la tensión correspondiente. Esta conexión es la única posible.

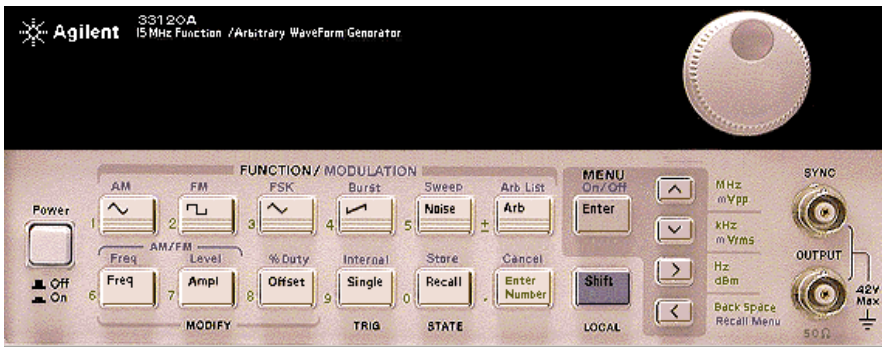
2) Exprese el valor del último dígito del resultado de la medida en las unidades correspondientes y utilizando el prefijo más adecuado. (0,5 p.)

La última cifra corresponde a las decenas de microvoltios, por lo que el valor del último dígito es $50\ \mu\text{V}$.

3) Obtenga los valores de pico y eficaz de la tensión existente entre los terminales del generador. (0,5 p.)

Puesto que la caída de potencial en bornes de la resistencia de 10Ω es despreciable comparada con la caída de potencial en bornes del voltímetro conectado entre C y D, la señal en bornes del generador tendría $3,53455$ voltios eficaces y la tensión de pico sería de 5 V (es una señal sinusoidal).

Generador de funciones



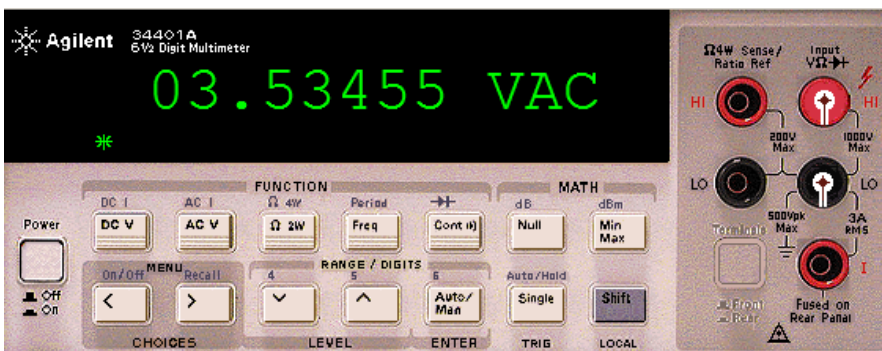
OUTPUT CHARACTERISTICS (1)

Amplitude (into 50Ω): (2) 50 mVpp – 10 Vpp
Accuracy (at 1 kHz): ± 1% of specified output
Flatness
 < 100 kHz: ± 1% (0.1 dB)
 100 kHz to 1 MHz: ± 1.5% (0.15 dB)
 1 MHz to 15 MHz: ± 2% (0.2 dB) Ampl ≥ 3Vrms
 1 MHz to 15 MHz: ± 3.5% (0.3 dB) Ampl < 3Vrms

Offset (into 50Ω): (3) ± 5 Vpk ac + dc
Accuracy: (4) ± 2% of setting + 2 mV

Output Impedance: 50 ohms fixed
Resolution: 3 digits, Amplitude and Offset
Output Units: Vpp, Vrms, dBm
Isolation: 42 Vpk maximum to earth
Protection: Short-circuit protected
 ± 15 Vpk overdrive < 1 minute

Multímetro digital



AC Characteristics

| Function | Range [3] | Frequency |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| True RMS AC Voltage [4] | 100.0000 mV | 3 Hz – 5 Hz |
| | | 5 Hz – 10 Hz |
| | | 10 Hz – 20 kHz |
| | | 20 kHz – 50 kHz |
| | 1.000000 V to 750.000 V | 3 Hz – 5 Hz |
| | | 5 Hz – 10 Hz |
| | | 10 Hz – 20 kHz |
| | | 20 kHz – 50 kHz |
| | | 50 kHz – 100 kHz [5] |
| | | 100 kHz – 300 kHz [6] |
| True RMS AC Current [4] | 1.000000 A | 3 Hz – 5 Hz |
| | | 5 Hz – 10 Hz |
| | | 10 Hz – 5 kHz |
| | 3.00000 A | 3 Hz – 5 Hz |
| | | 5 Hz – 10 Hz |
| | | 10 Hz – 5 kHz |

Measuring Characteristics

| | | |
|---|---|------------------|
| Measurement Noise Rejection [8] | AC CMRR | 70 dB |
| True RMS AC Voltage Measurement Method: | AC-coupled True RMS – measures the ac component of input with up to 400 Vdc of bias on any range. Maximum 5:1 at full scale | |
| Crest Factor: | 3 Hz – 300 kHz | |
| AC Filter Bandwidth: | Slow | 20 Hz – 300 kHz |
| | Medium | 200 Hz – 300 kHz |
| | Fast | 200 Hz – 300 kHz |
| Input Impedance: | 1 MΩ ± 2%, in parallel with 100 pF | |
| Input Protection: | 750 V rms all ranges | |
| True RMS AC Current Measurement Method: | Direct coupled to the fuse and shunt. AC-coupled True RMS measurement (measures the ac component only). | |
| Shunt Resistor: | 0.1 Ω for 1 A and 3 A ranges | |
| Burden Voltage: | 1 A range: | < 1 V rms |
| | 3 A range: | < 2 V rms |
| Input Protection: | Externally accessible 3A, 250 V fuse Internal 7A, 250 V fuse | |

EJERCICIO 4. (2 puntos)

El circuito mostrado en la figura 1, cuyos elementos integrantes son ideales, ha permanecido mucho tiempo con el interruptor abierto.

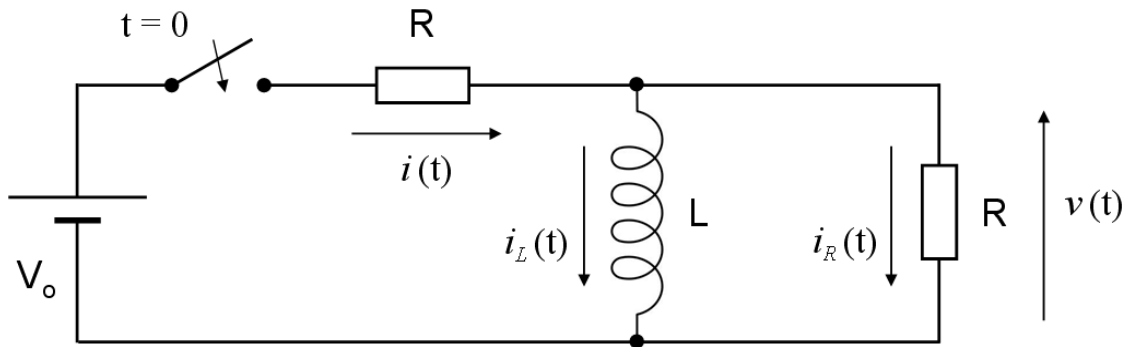


Figura 1

En un momento dado ($t = 0$) se cierra el interruptor de forma instantánea. Sin plantear ni resolver ninguna ecuación diferencial, ya que solamente se pretende establecer las condiciones iniciales y finales y estimar cualitativamente la evolución temporal de las diferentes magnitudes, responda a las siguientes cuestiones:

1. Formule las condiciones impuestas por los elementos del circuito que se cumplen en el instante $t = 0^+$ y deduzca razonadamente a partir de ellas los valores que toman $i(0^+)$ y $v(0^+)$ (0,5 p.)

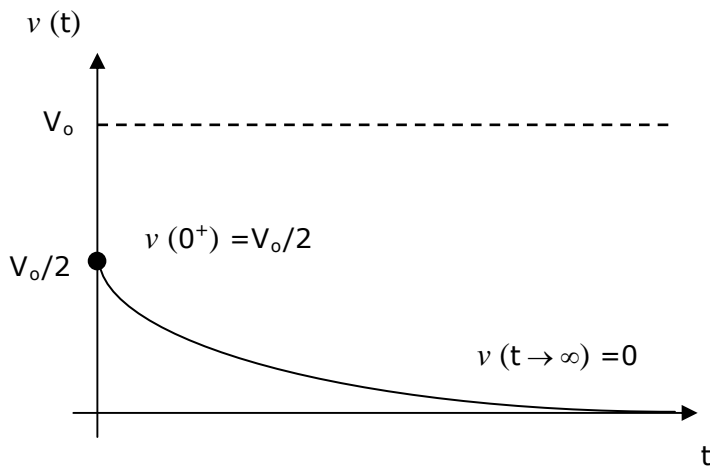
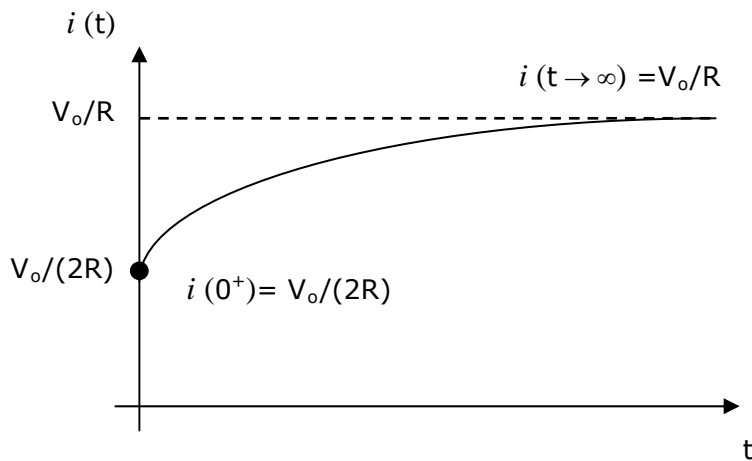
La corriente que circula por la bobina no puede cambiar de valor instantáneamente, por lo que $i_L(0^+) = i_L(0^-) = 0$. En estas condiciones el circuito es en realidad un divisor de tensión con dos resistores de igual valor, la corriente que entrega la fuente de tensión vale $i(0^+) = V_o / (R + R) = V_o / (2 \cdot R)$ y la diferencia de potencial entre los terminales de la bobina es $v(0^+) = R \cdot V_o / (2 \cdot R) = V_o / 2$, la misma que hay entre los terminales del resistor conectado en paralelo con ella. Ningún otro componente o elemento del circuito impone condiciones iniciales.

2. Indique los valores que tomarán $i(t \rightarrow \infty)$ y $v(t \rightarrow \infty)$, es decir, mucho tiempo después del instante en el que se cerró el interruptor. (0,5 p.)

Transcurrido el tiempo suficiente, y teniendo en cuenta que la excitación es constante, la bobina pasa a responder como lo haría un cortocircuito puesto que se trata simplemente de un hilo conductor. En estas condiciones el circuito equivale a la conexión de la fuente de alimentación entre los terminales de uno de los resistores únicamente. La corriente que circula es $i(t \rightarrow \infty) = V_o / R$ y la diferencia de potencial entre los terminales de la bobina es $v(t \rightarrow \infty) = 0$.

3. Indique si el sistema es de primer orden o de segundo orden y el tipo de amortiguamiento que existe, si procede. Represente gráficamente la evolución temporal de $i(t)$ y $v(t)$, indicando de qué tipo es la función que describe dicha evolución. (1 p.)

Se trata de un sistema de primer orden, por lo que la evolución temporal de las diferentes magnitudes, entre el valor que toman inicialmente y el valor final de cada una de ellas, se rige por una función exponencial creciente o decreciente. No se aplica el concepto de amortiguamiento a los sistemas de primer orden, aunque evolucionan cualitativamente de forma similar a la observada en los sistemas de segundo orden con amortiguamiento supercrítico.



EJERCICIO 5. (2 puntos)

El circuito mostrado en la figura 1, cuyos elementos integrantes son ideales, es un divisor de tensión formado por las impedancias Z_1 y Z_2 que opera en régimen sinusoidal permanente.

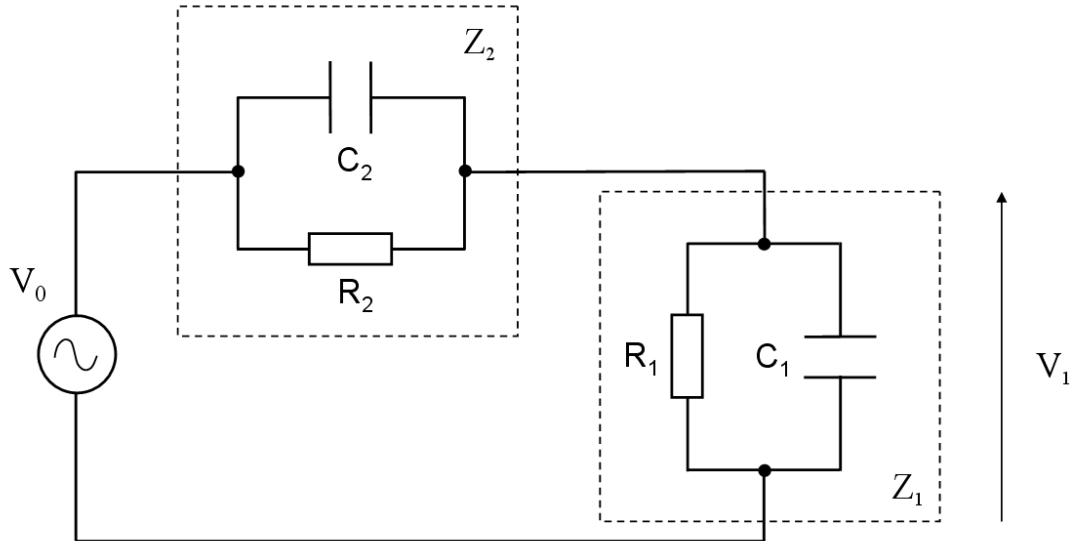


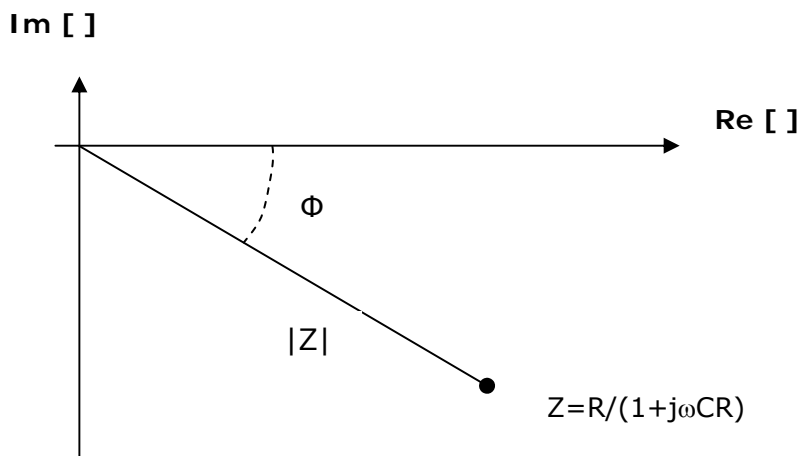
Figura 1

1) Exprese la impedancia Z formada por la combinación en paralelo de un resistor de resistencia R y un condensador de capacidad C como magnitud compleja. Obtenga expresiones para el módulo y la fase de dicha impedancia y representéla cualitativamente en el plano complejo. (0,5 p.)

La impedancia solicitada es

$$Z = (R \cdot (1/j\omega C)) / (R + 1/j\omega C) = R / (1 + j\omega CR)$$

Su módulo es $|Z| = R / \sqrt{1 + (\omega CR)^2}$ y su fase es $\Phi = -\arctan\{\omega CR\}$. Su representación gráfica en el plano complejo es la siguiente:



2) Obtenga una expresión en términos complejos (no es necesario que obtenga su módulo ni su fase ni que trate de separar sus partes real e imaginaria) para el fasor de la tensión V_1 en función del fasor V_0 de la tensión de excitación. (0,5 p.)

El circuito es un divisor de tensión en el que la tensión proporcionada por el generador se reparte entre las impedancias Z_1 y Z_2 , cuyas expresiones son idénticas formalmente a la obtenida en el apartado anterior. El fasor pedido es

$$V_1 = V_0 \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} = V_0 \frac{\frac{R_1}{1 + j\omega C_1 R_1}}{\frac{R_1}{1 + j\omega C_1 R_1} + \frac{R_2}{1 + j\omega C_2 R_2}} = V_0 \frac{R_1}{R_1 + R_2} \frac{1 + j\omega C_2 R_2}{1 + j\omega C_1 R_1}$$

3) Halle la relación que debe existir entre los valores de los distintos componentes del circuito para que la expresión obtenida en el apartado anterior no dependa de la frecuencia. En estas condiciones, represente gráficamente en el plano complejo de forma cualitativa el fasor V_1 tomando la fase de V_0 (nula) como referencia. (1 p.)

Examinando la expresión anterior se aprecia inmediatamente que si se cumple la relación $R_1 \cdot C_1 = R_2 \cdot C_2$ la dependencia con la frecuencia desaparece y queda

$$V_1 = V_0 \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

En estas condiciones los dos fasores son paralelos, al ser real la expresión que los relaciona, y su representación gráfica, considerando que la fase de V_0 es nula, es

Im []

