PEC 2

Presentación

Esta PEC corresponde a los módulos de *Circuitos eléctricos* y de *Circuitos RLC*.

Competencias

Competencias Generales

11 Capacidad de utilizar los fundamentos matemáticos, estadísticos y físicos para comprender los sistemas TIC.

12 Capacidad de analizar un problema en el nivel de abstracción adecuado a cada situación y aplicar las habilidades y conocimientos adquiridos para abordarlo y resolverlo.

Competencias Específicas

- Ser capaz de analizar un circuito mediante las leyes que rigen un circuito analógico.
- Comprender como se comportan en un circuito una resistencia, un condensador y una bobina.
- Ser capaz de analizar un circuito en el dominio del tiempo.

Objetivos

- Analizar circuitos eléctricos básicos en el dominio del tiempo.
- Encontrar los equivalentes Thévenin y Norton de un circuito.
- Entender los transitorios.

Descripción de la PEC a realizar

La PEC está dividida en dos partes: un cuestionario que encontraréis al Moodle de la asignatura y cinco cuestiones de carácter teórico/práctico y razonamiento.

Recursos

Recursos Básicos

Materiales de la Asignatura y Módulos *Circuitos eléctricos* y *Circuitos RLC*.

Recursos Complementarios

En el aula encontraréis información sobre recursos adicionales, así como PEC resueltas de semestres anteriores. Por otro lado, al final de cada módulo encontraréis una bibliografía recomendada.

Criterios de valoración

20 % Cuestionario de Moodle
60 % Cuestiones cortas
20 % Problema

Excepto en el Cuestionario de Moodle, todas las respuestas se tienen que justificar adecuadamente.

Formato y fecha de entrega

La PEC2 se tiene que entregar antes del **29/3/2022 a las 23:59h** a través del **REC** (Registro de Evaluación Continua). Se intentará hacer la entrega en un único fichero PDF con todas las

respuestas (excepto el cuestionario de Moodle) siempre que sea posible. En caso de que esto no pueda ser por algún motivo justificado, se podrán aceptar otros formatos habituales como por ejemplo Microsoft Office (.DOC, .DOCX), OpenOffice (.ODT), ficheros de texto (.TXT, .RTF) o LaTeX(.TEX).
El cuestionario se tiene que realizar on-line en el Moodle del aula de Fundamentos Físicos de la Informática. La fecha tope es la misma que la de la PEC2 puesto que forma parte de la misma.

En el documento de entrega habrá que añadir lo siguiente texto: "Certifico que he hecho esta PEC de forma completamente individual y solo con la ayuda que el PDC ha considerado oportuna."

Enunciados

CUESTIONARIO MOODLE

Conectaos al Moodle de la asignatura y responded el cuestionario correspondiente a la PEC 2. Este cuestionario constará de una serie de preguntas tomadas **al azar** de entre los cuestionarios de cada semana. Dispondréis de hasta 2 intentos para realizarlo y la nota final será siempre la **más alta** de entre las obtenidas en cada intento.

Os recordamos que disponéis de los cuestionarios no evaluables correspondientes al temario de cada semana, con los que podéis practicar tantas veces como queráis sin penalización.

Cuestión 1

Tenemos un cilindro macizo de grafito de longitud $L = 7$ cm y diámetro $\phi = 1{,}2$ cm. Si aplicamos una diferencia de potencial entre los extremos del cilindro de 1,7 V vemos que pasan 610 mA. Cuál es la resistividad del grafito?

Solución

En este experimento el cilindro de grafito actúa como una resistencia. Así, la medida de la intensidad para la tensión especificada permite calcular el valor de esta resistencia de acuerdo con la ley de Ohm (ecuación (4) del módulo de *Circuitos Eléctricos*):

$$I = \frac{V}{R} \to R = \frac{V}{I} = \frac{1{,}7}{0{,}61} = 2{,}79\ \Omega \tag{1}$$

Es muy importante expresar las magnitudes del cálculo anterior en unidades fundamentales del S.I. (tensión en V e intensidad de corriente en A). De esta forma el resultado también está en unidades fundamentales del S.I.:, es decir Ω.

La resistencia de un objeto resistivo concreto (R) y la resistividad del material con que está hecho (ρ) se relacionan con la ecuación (2) del módulo de *Circuitos Eléctricos*, donde también aparecen como factores la longitud del objeto (L) y el área de su sección (S):

$$R = \rho\frac{L}{S} \to \rho = R\frac{S}{L} \tag{2}$$

La sección del conductor es un círculo de diámetro $\phi = 1{,}2$ cm y por tanto de radio $r = \phi/2 = 0{,}6$ cm. Su área es:

$$S = \pi r^2 = \pi \cdot \left(0{,}6 \cdot 10^{-2}\right)^2 = 1{,}13 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{m}^2 \tag{3}$$

Con los resultados anteriores y el dato de que la longitud del cilindro de grafito es de $L = 0{,}07$ m se tiene que la resistividad del grafito es:

$$\rho = R\frac{S}{L} = 2{,}79 \cdot \frac{1{,}13 \cdot 10^{-4}}{0{,}07} = 4{,}5 \cdot 10^{-3}\ \Omega \cdot \mathrm{m} \tag{4}$$

Cuestión 2

Considerad los tres circuitos de la Figura 1. Decid cuáles de los circuitos son posibles y cuáles son imposibles y razonad el porqué. De aquellos circuitos que sean posibles calculad la tensión de la resistencia de $R = 100\ \Omega$ y la intensidad que la atraviesa.

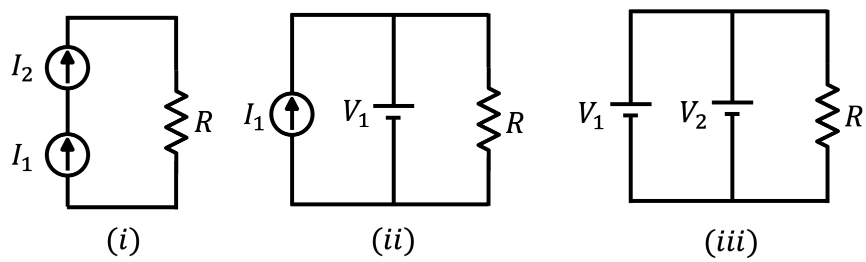

Figura 1: Circuitos estudiados en la Cuestión 2.

Datos: $V_1 = 31$ V, $V_2 = 32$ V, $I_1 = 71$ mA, $I_2 = 72$ mA.

Solución

De acuerdo con las definiciones de los apartados 2.1 y 2.2 del módulo de *Circuitos Eléctricos* una *fuente de tensión continua* es un dispositivo que garantiza una tensión fija en el tiempo entre sus dos terminales, independientemente de la corriente que la atraviese. Por otra parte, una *fuente de corriente continua* es un dispositivo que garantiza una intensidad fija en el tiempo de uno de sus terminales hacia el otro, independientemente de la tensión entre estos dos terminales. Aplicando estas dos definiciones se puede saber si los circuitos propuestos son posibles o no.

El circuito (i) muestra dos fuentes de corriente con intensidades diferentes en serie. Ello implica una contradicción: si dos componentes de un circuito están en serie las intensidades que los atraviesan deben ser las mismas, $I_1 = I_2$, pero según el enunciado $I_1 \neq I_2$. Por tanto el circuito (i) es **imposible**.

El circuito (ii) muestra una fuente de corriente en paralelo con una fuente de tensión. Si dos componentes de un circuito están en paralelo deben tener la misma tensión: $V_1 = V_{I1}$. Esto no implica ninguna contradicción ya que la fuente de corriente puede estar a cualquier tensión y mantiene constante la intensidad que la atraviesa. Por tanto el circuito (ii) es **posible**.

Finalmente el circuito (iii) muestra dos fuentes de tensión con tensiones diferentes en paralelo.

Esto también lleva a una contradicción porque si están en paralelo deben tener la misma tensión $V_1 = V_2$, pero el enunciado dice lo contrario. Por tanto el circuito (iii) es **imposible**.

Para responder a la pregunta de cuál es la intensidad y la tensión de la resistencia para los circuitos posibles, que es sólo el circuito (ii), se pueden utilizar los conceptos más básicos de circuitos eléctricos.

Para el circuito (ii) se tiene una fuente de tensión en paralelo con la resistencia. Esto fija el valor de la tensión en la resistencia que es:

$$V_{R,\text{caso } ii} = V_1 = 31 \text{ V} \tag{5}$$

Ahora, aplicando la ley de Ohm a esta R se puede saber la intensidad que la atraviesa:

$$I_{R,\text{caso ii}} = \frac{V_{R,\text{caso ii}}}{R} = \frac{31}{100} = 0{,}31 \text{ A} = 310 \text{ mA} \tag{6}$$

Cuestión 3

Calculad la intensidad que pasa por la resistencia R_2 del circuito de la Figura 2.

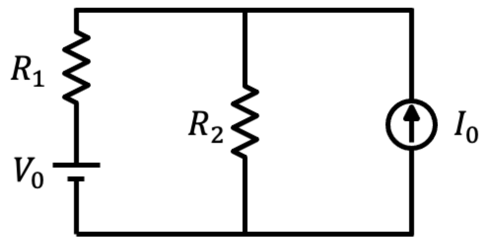

Figura 2: Circuito estudiado en la Cuestión 3.

Datos: $V_0 = 17$ V, $I_0 = 345$ mA, $R_1 = 47\ \Omega$, $R_2 = 550\ \Omega$.

Solución

De entre las diversas formas posibles, esta cuestión puede responderse aplicando el principio de superposición. Consiste en resolver separadamente los dos circuitos de la Figura 3, tal y como se explica en el apartado 6.2 del módulo de *Circuitos Eléctricos*.

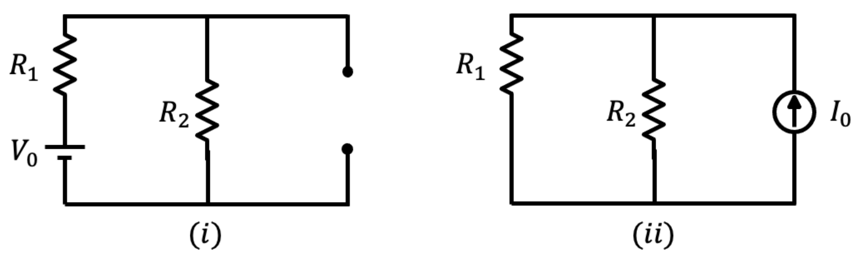

Figura 3: Circuitos que resultan de la aplicación del principio de superposición. i) Sustituyendo la fuente de corriente por un circuito abierto. ii) Sustituyendo la fuente de tensión por un cortocircuito.

El circuito de la izquierda (i) corresponde a eliminar el efecto de la fuente de corriente sustituyéndola por un circuito abierto, mientras que el circuito de la derecha (ii) corresponde a eliminar el efecto de la fuente de tensión sustituyéndola por un cortocircuito.

Así, para el circuito de la izquierda puede aplicarse el concepto de divisor de tensión tal y como se explica en el apartado 6.1 del módulo de *Circuitos Eléctricos* ya que la resistencia R_2 esté en serie con la resistencia R_1 y la fuente de tensión:

$$V_{R2,i} = V_0 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 17 \cdot \frac{550}{47 + 550} = 15{,}66 \text{ V} \tag{7}$$

y conociendo la tensión de la resistencia R_2 se puede encontrar la intensidad que la atraviesa con la ley de Ohm:

$$I_{R2,i} = \frac{V_{R_2,i}}{R_2} = \frac{V_0 \cdot \frac{R_2}{R_1+R_2}}{R_2} = \frac{V_0}{R_1 + R_2} = \frac{17}{47 + 550} = 28{,}48 \text{ mA} \tag{8}$$

Para el caso del circuito de la derecha las resistencias R_1 y R_2 forman un divisor de corriente ya que ahora han quedado en paralelo. Aplicando la expresión (55) del módulo de *Circuitos Eléctricos* se tiene:

$$I_{R2,ii} = I_0 \cdot \frac{\frac{1}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = I_0 \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 345 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{47}{47 + 550} = 27{,}16 \text{ mA} \tag{9}$$

Según el principio de superposición la intensidad total a través de la resistencia R_2 será la suma de las intensidades para cada caso:

$$I_{R2} = I_{R2,i} + I_{R2,ii} = \frac{V_0}{R_1 + R_2} + I_0 \frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{17}{47 + 550} + 345 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{47}{47 + 550} = 55{,}6 \text{ mA} \tag{10}$$

donde todos los valores están expresados en unidades fundamentales del S.I.: la tensión en V, la intensidad en A y las resistencias en Ω. A esta solución también se llega si se aplica el método de las corrientes de malla del apartado 3.1 del módulo de *Circuitos RLC*.

Cuestión 4

Tenemos el circuito de la izquierda de la Figura 4 donde para $t < 0$ el interruptor se encuentra abierto (tal y como está en la figura) y el condensador descargado.

a) Calculad el equivalente Thévenin entre a y b con el interruptor cerrado y el condensador y R_3 desconectados (circuito de la derecha de la Figura 4).

b) Dibujad el circuito de la izquierda, pero con el equivalente Thévenin encontrado en el apartado anterior.

c) En el instante $t = 0$ cerramos el interruptor. Calculad la tensión del condensador para $t = 50$ ms.

Datos: $V_0 = 25$ V, $C = 440$ μF, $R_1 = 23$ Ω, $R_2 = 37$ Ω, $R_3 = 71$ Ω.

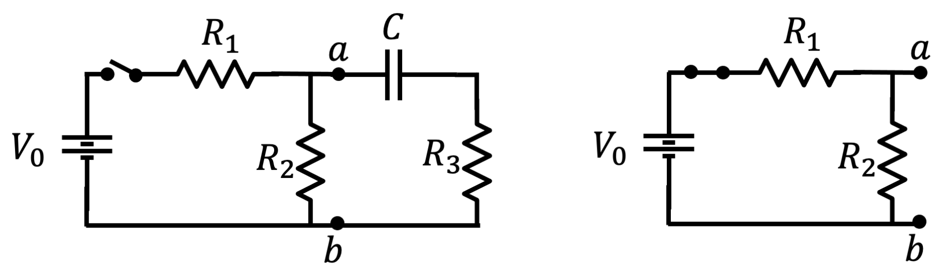

Figura 4: Circuito estudiado en la Cuestión 4.

Solución

a) Para encontrar el equivalente Thévenin se debe primero encontrar la tensión Thévenin, que será la tensión entre los terminales a y b cuando no están conectados a nada más, como en la izquierda de la Figura 5:

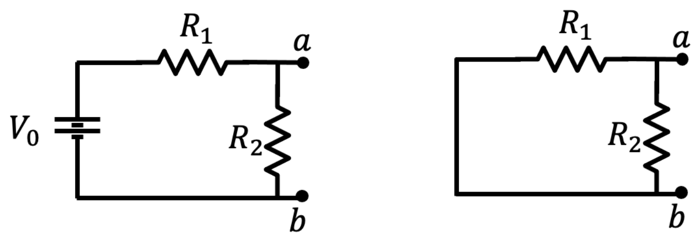

Figura 5: Circuito para el cual debe encontrarse la tensión Thévenin en la Cuestión 4.

Este circuito es un divisor de tensión y por tanto la tensión entre a y b será:

$$V_{Th} = V_0 \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 25 \cdot \frac{37}{23 + 37} = 15{,}42 \text{ V} \tag{11}$$

El siguiente paso es encontrar la resistencia Thévenin, para lo cual se debe sustituir la fuente de tensión por un cortocircuito y calcular la resistencia equivalente que se ve desde los terminales a y b, como en la derecha de la Figura 5:

$$R_{Th} = R_1 || R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{23 \cdot 37}{23 + 37} = 14{,}18 \ \Omega \tag{12}$$

b) Así, el circuito de carga del condensador queda como en la Figura 6:

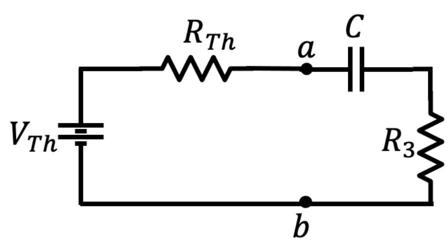

Figura 6: Circuito equivalente para encontrar la tensión del condensador durante el proceso de carga en la Cuestión 4.

donde ahora puede verse cómo la resistencia que se encuentra en serie con el condensador es

$$R = R_{Th} + R_3 = 14{,}18 \ \Omega + 71 \ \Omega = 85{,}18 \ \Omega \tag{13}$$

y que la fuente que carga el condensador es la equivalente Thévenin $V_{Th} = 15{,}42$ V.

c) Para responder a este último apartado de la cuestión se debe utilizar la expresión de la tensión durante la carga del condensador, ecuación (24) del módulo de *Circuitos RLC*:

$$v_C(t) = V\left(1 - e^{\frac{-1}{RC}t}\right) \tag{14}$$

donde R es la resistencia que se encuentra en serie con el condensador durante el proceso de carga. Esta expresión se ha deducido a partir del circuito de la Figura 7 del mismo módulo de *Circuitos RLC* donde hay una única resistencia que se encuentra en serie con el condensador. Por el contrario, en el circuito del enunciado hay tres resistencias y no queda claro cuál es la influencia de cada una de ellas, pero ello se ha pedido antes simplificar el circuito encontrando el equivalente Thévenin entre los puntos a y b.

Con estos resultado y los datos del problema se puede encontrar la tensión del condensador que pide el enunciado:

$$v_C(t = 50\text{ ms}) = V_{Th}\left[1 - e^{\left(\frac{-t}{(R_{Th}+R_3)\cdot C}\right)}\right] = 15{,}42 \cdot \left[1 - e^{\left(\frac{-50\cdot 10^{-3}}{85{,}18\cdot 440\cdot 10^{-6}}\right)}\right] = 11{,}4\text{ V} \tag{15}$$

donde todos los valores numéricos están expresados en unidades fundamentales del S.I.: capacidad en F, tensión en V, resistencia en Ω y tiempo en s.

Cuestión 5

Calculad las intensidades y tensiones de cada resistencia del circuito de la Figura 7

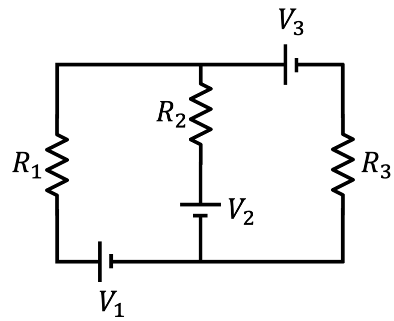

Figura 7: Circuito de la Cuestión 5.

Datos: $V_1 = 5$ V, $V_2 = 7$ V, $V_3 = 3$ V, $R_1 = 300\ \Omega$, $R_2 = 450\ \Omega$, $R_3 = 180\ \Omega$.

Solución

De los diferentes métodos que se pueden aplicar para encontrar las intensidades y las tensiones el más directo es de las corrientes de malla (tal y como se explica en el apartado 3.1 del módulo de *Circuitos RLC*). En el circuito del problema, con las dos mallas dibujadas en la Figura 8 es suficiente para encontrar las intensidades y tensiones de cada resistencia.

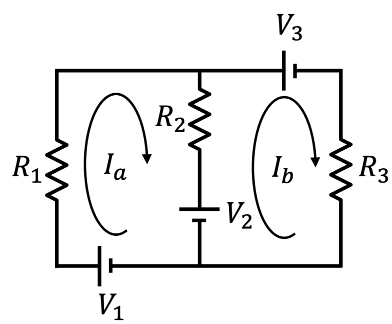

Figura 8: Circuito de la Cuestión 5 con las intensidades I_a e I_b definidas para aplicar el método de las corrientes de malla.

Siguiendo el método, las ecuaciones de Kirchhoff de las tensiones para cada malla son:

$$\begin{cases} I_a R_1 + (I_a - I_b)R_2 + V_2 - V_1 & = 0 \\ (I_b - I_a)R_2 + V_3 + I_b R_3 - V_2 & = 0 \end{cases} \tag{16}$$

donde el signo de las tensiones de las fuentes es positivo cuando al atravesar la fuente el potencial cae y negativo cuando al atravesar la fuente el potencial aumenta. Dicho de otra forma: son positivas cuando entramos por el lado positivo de la pila y negativas cuando entramos por el lado negativo. Sustituyendo los datos del enunciado:

$$\begin{cases} I_a \cdot 300 + (I_a - I_b) \cdot 450 + 7 - 5 & = 0 \\ (I_b - I_a) \cdot 450 + 3 + I_b \cdot 180 - 7 & = 0 \end{cases} \tag{17}$$

Reagrupando los términos en I_a e I_b y pasando los términos independientes a la derecha tenemos:

$$\begin{cases} I_a \cdot (300 + 450) - I_b \cdot 450 & = -2 \\ -I_a \cdot 450 + I_b \cdot (450 + 180) & = 4 \end{cases} \tag{18}$$

Simplificando:

$$\begin{cases} 750 I_a - 450 I_b & = -2 \\ -450 I_a + 630 I_b & = 4 \end{cases} \tag{19}$$

Resolviendo por Cramer:

$$\begin{aligned} I_a &= \begin{vmatrix} -2 & -450 \\ 4 & 630 \end{vmatrix} \Big/ \begin{vmatrix} 750 & -450 \\ -450 & 630 \end{vmatrix} = \frac{540}{270000} = 2{,}0 \cdot 10^{-3}\ \text{A} \\ I_b &= \begin{vmatrix} 750 & -2 \\ -450 & 4 \end{vmatrix} \Big/ \begin{vmatrix} 750 & -450 \\ -450 & 630 \end{vmatrix} = \frac{2100}{270000} = 7{,}8 \cdot 10^{-3}\ \text{A} \end{aligned} \tag{20}$$

Con estas dos intensidades se pueden encontrar las intensidades de las resistencias del circuito, definidas como en la Figura 9:

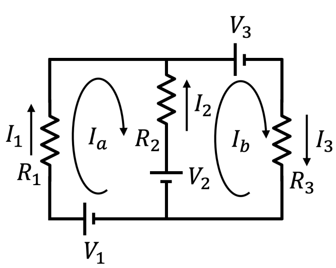

Figura 9: Circuito de la Cuestión 5 con las intensidades a través de las resistencias I_1, I_2 i I_2 y su relación con las I_a i I_b.

$$
\begin{aligned}
I_1 &= I_a = 2 \text{ mA} \\
I_2 = I_b - I_a &= 7{,}8 \cdot 10^{-3} - 2{,}0 \cdot 10^{-3} = 5{,}8 \text{ mA} \\
I_3 &= I_b = 7{,}8 \text{ mA}
\end{aligned}
$$

A partir de estas intensidades aplicando la ley de Ohm se obtienen las tensiones:

$$
\begin{aligned}
V_{R1} &= I_1 R_1 = 0{,}002 \cdot 300 = 0{,}6 \text{ V} \\
V_{R2} &= I_2 R_2 = 0{,}0058 \cdot 450 = 2{,}6 \text{ V} \\
V_{R3} &= I_3 R_3 = 0{,}0078 \cdot 180 = 1{,}4 \text{ V}
\end{aligned}
$$

donde todos los valores numéricos en el interior de los cálculos y de todas las magnitudes se han expresado en unidades fundamentales del S.I.: R en Ω, I en A y V en V.

Cuestión 6

En esta cuestión se debe utilizar el simulador de circuitos en línea del proyecto *PhET* de la Universidad de Colorado [1]. El objetivo será encontrar los equivalentes Thévenin y Norton del circuito de la Figura 10 entre los terminales A y B con el mínimo de cálculos. En primer lugar deberéis clicar el módulo de introducción que nos ofrece la página. Una vez hecho esto, dibujad el circuito de la Figura 10. Responded razonadamente a las siguientes preguntas:

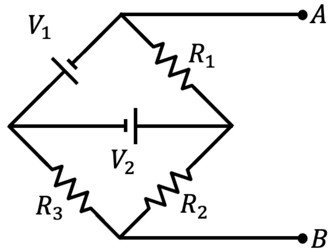

Figura 10: Circuito de la Cuestión 6.

a) Medid la tensión entre A y B y decid el resultado, V_{AB}. Mostrad una captura de pantalla de cómo habéis medido esta tensión y explicad cómo lo habéis hecho.

b) Introducid un cortocircuito entre A y B, medid la intensidad que pasa y decid el resultado, I_{AB}. Mostrad una captura de pantalla de cómo habéis medido esta intensidad y explicad cómo lo habéis hecho.

c) A partir de los dos resultados anteriores (V_{AB} e I_{AB}) decid cuáles serían los equivalentes Thévenin y Norton y calculad la resistencia Thévenin-Norton ($R_{Th} = R_N$). Dibujad los dos circuitos equivalentes.

Datos: $V_1 = 12$ V, $V_2 = 9$ V, $R_1 = 55\ \Omega$, $R_2 = 105\ \Omega$, $R_3 = 30\ \Omega$.

Solución

a) Para medir la tensión entre los puntos A y B se debe conectar un voltímetro entre los terminales correspondientes, manteniéndolos en circuito abierto. En la Figura 11 se muestra la medida para este circuito.

[1] disponible en este enlace: `https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc/latest/circuit-construction-kit-dc_es.html`

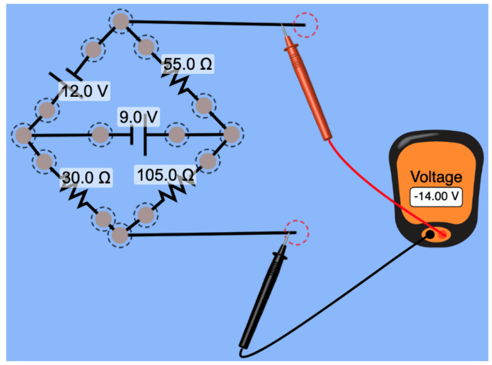

Figura 11: Captura de pantalla del circuito de la Cuestión 6 con el procedimiento para medir la V_{AB} utilizando el voltímetro.

Debe notarse que la sonda negativa del voltímetro (negra) se encuentra conectada al punto B del circuito, mientras que la sonda positiva (roja) se encuentra conectada al punto A. Puede verse como el resultado es $V_{AB} = -14$ V, lo cual indica que el potencial en el punto A es menor que el potencial en el punto B. Esto es importante a la hora de dibujar el equivalente Thévenin.

b) Para medir la intensidad entre los puntos A y B éstos se pueden conectar a través de un amperímetro o también cortocircuitar los puntos A y B y medir la intensidad que pasa desde A hacia B. Esto se muestra en la Figura 12.

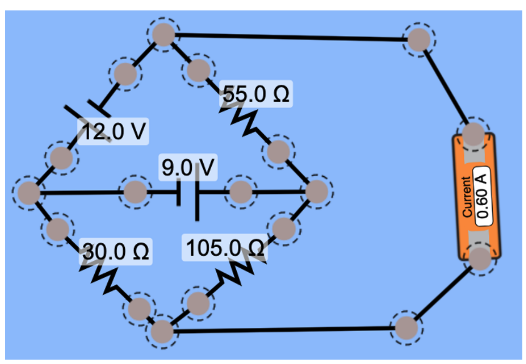

Figura 12: Captura de pantalla del circuito de la Cuestión 6 con el procedimiento para medir la I_{AB} utilizando el amperímetro.

En este caso, el amperímetro no tiene en cuenta el sentido de la corriente, por tanto se debe recordar que $V_B > V_A$ y que por tanto la corriente va desde B hacia A. El valor de la intensitdad es $I_{AB} = 0{,}60$ A, de B hacia A.

c) Con las medidas que acaban de tomarse puede verse que la tensión del equivalente Thévenin será la tensión medida entre A y B: $V_{Th} = 14$ V. La tensión se pone como positiva porque lo que debe hacerse es dibujar la fuente de tensión del equivalente de manera que la tensión en B sea más alta que en A. Por otra parte, la intensidad Norton es la que se ha medido desde B hacia A al cortocircuitar estos dos terminales: $I_N = 0{,}60$ A.

Para encontrar la resistencia Thévenin-Norton debe recordarse que la resistencia Thévenin de un circuito es la misma que la resistencia Norton ($R_{Th} = R_N$) ya que el procedimiento para encontrar una o la otra es el mismo. Así, si se conocen la tensión y la resistencia Thévenin se puede encontrar la intensidad Norton.

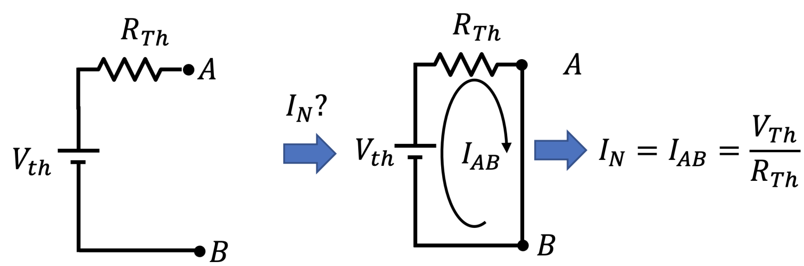

Figura 13: Relación entre los equivalentes Thévenin y Norton de un mismo circuito.

Para ello imaginemos que queremos encontrar la intensidad Norton de un circuito equivalente Thévenin como el de la Figura 13. Para encontrar esta intensidad se deben cortocircuitar los terminales A y B y encontrar la intensidad que circula desde A hacia B. La intensidad Norton es por tanto $I_N = V_{Th}/R_{Th}$. Dado que en los apartados anteriores se ha medido la tensión Thévenin y la intensidad Norton se puede encontrar la resistencia que se pide:

$$R_{Th} = R_N = \frac{V_{Th}}{I_N} = \frac{14 \text{ V}}{0{,}60 \text{ A}} = 23{,}3\ \Omega \tag{21}$$

El dibujo de los equivalentes Thévenin y Norton es el de la Figura 14:

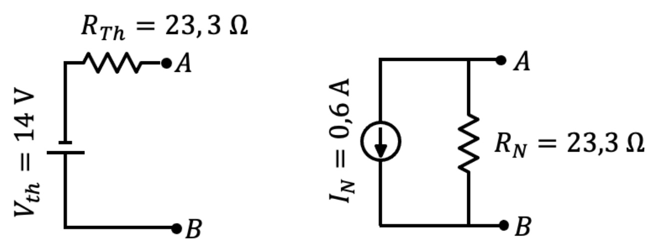

Figura 14: Equivalentes Thévenin y Norton del circuito del enunciado.

Debe tenerse en cuenta que el potencial es más alto en el punto B que en el punto A y que por tanto la fuente de tensión Thévenin ha de tener su terminal positivo (segmento largo) en el sentido del terminal B mientras que la fuente de corriente Norton debe tener el sentido de la corriente hacia el mismo terminal.

Problema

Considerad el circuito de la Figura 15 donde V_{in} es una fuente de tensión que puede variar entre $V_{in} = 0$ V y $V_{in} = 10$ V y el diodo es ideal.

a) Determinad si el diodo está polarizado en directa o en inversa cuando la tensión $V_{in} = 4$ V y cuál es la intensidad del diodo en estas condiciones.

b) Para qué valor de tensión V_{in} el diodo pasa de estar polarizado en inversa a polarizado en directa?

Datos: $R_1 = 150\ \Omega$, $R_2 = 100\ \Omega$, $V_0 = 3$ V.

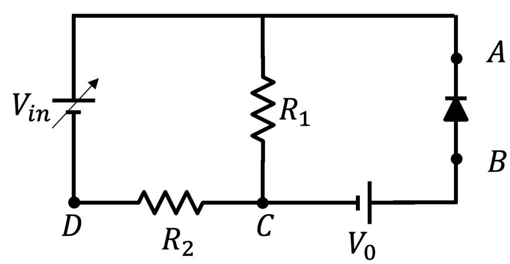

Figura 15: Circuito que se estudia en el Problema.

Solución:

a) Para saber si el diodo ideal está polarizado en directa o en inversa se debe encontrar la tensión entre los puntos A y B del circuito como si el diodo no estuviera conectado, tal y como se muestra en la Figura 16.

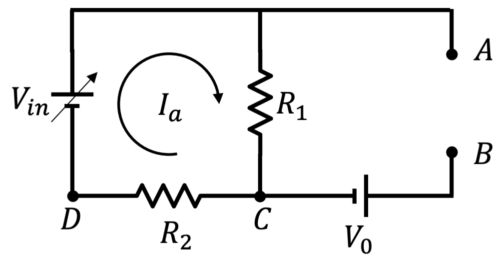

Figura 16: Circuito del enunciado antes de conectar el diodo.

En este circuito sólo hay una malla (que contiene V_{in}, R_1 y R_2). La intensidad a través de la malla es:

$$I_a = \frac{V_{in}}{R_1 + R_2} = \frac{4}{150 + 100} = 0{,}016 \text{ A} \tag{22}$$

y de aquí la tensión entre A y B es igual a la tensión entre A y C más la tensión entre C y B:

$$V_{AB} = V_{AC} + V_{CB} = V_{AC} - V_{BC} = I_a R_1 - V_0 = 0{,}016 \cdot 150 - 3 = -0{,}6 \text{ V} \tag{23}$$

En esta última expresión la tensión entre C y B es negativa ya que el polo positivo de la fuente V_0 se encuentra en el punto B del circuito.

La tensión V_{AB} negativa significa que el potencial en B es más alto que el potencial en A, y que por tanto en conectar el diodo su terminal + (según la Figura 34 del módulo de *Circuitos RLC*) se encuentra a un potencial más alto que el terminal − y por tanto estará polarizado en **directa**.

Este resultado también se puede obtener resolviendo el circuito con un cortocircuito entre A y B y viendo si el sentido de la intensidad es coherente con la dirección natural de la corriente en el diodo.

Ahora que ya se sabe que el diodo está polarizado en directa, para encontrar la intensidad se debe sustituir el diodo por un cortocircuito y encontrar la intensidad de la corriente que pasa por este cortocircuito (Figura 17).

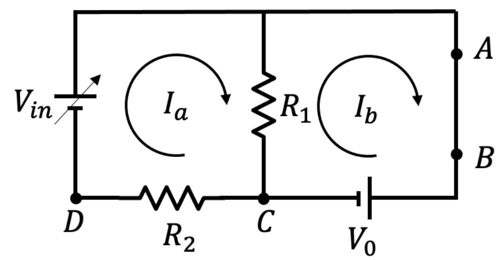

Figura 17: Circuito del enunciado con el diodo polarizado en directa y sustituido por un cortocircuito.

Resolviendo el circuito con el método de las corrientes de malla se tienen las ecuaciones:

$$\begin{cases} (I_a - I_b)\, R_1 + I_a R_2 - V_{in} & = 0 \\ (I_b - I_a)\, R_1 + V_0 & = 0 \end{cases} \tag{24}$$

de donde reordenando los términos en I_a y I_b se tiene:

$$\begin{cases} I_a\,(R_1 + R_2) - I_b R_1 & = V_{in} \\ -I_a R_1 + I_b R_1 & = -V_0 \end{cases} \tag{25}$$

Sustituyendo los valores numéricos conocidos del enunciado, con cuidado de expresarlos en unidades fundamentales del S.I. (resistencias en Ω y tensiones en V):

$$\begin{cases} 250 I_a - 150 I_b = 4 \\ -150 I_a + 150 I_b = -3 \end{cases} \tag{26}$$

Dado que en este sistema de ecuaciones los términos en I_b son iguales y de signo contrario se puede resolver sumando las dos ecuaciones:

$$(250 I_a - 150 I_a) + (-150 I_b + 150 I_b) = 4 - 3 \tag{27}$$

$$100 I_a = 1 \tag{28}$$

$$I_a = \frac{1}{100} = 0{,}01 \text{ A} \tag{29}$$

y de aquí se encuentra la intensidad de la corriente del diodo I_b:

$$I_b = \frac{4 - 250 I_a}{-150} = \frac{4 - 250 \cdot 0{,}01}{-150} = -0{,}01 \text{ A} \tag{30}$$

El signo negativo de I_b indica que su sentido es el contrario al dibujado en la Figura 17. Este resultado está de acuerdo con el sentido normal de la corrente en el diodo polarizado en directa. La corriente del diodo es por tanto $I_{diodo} = +10$ mA.

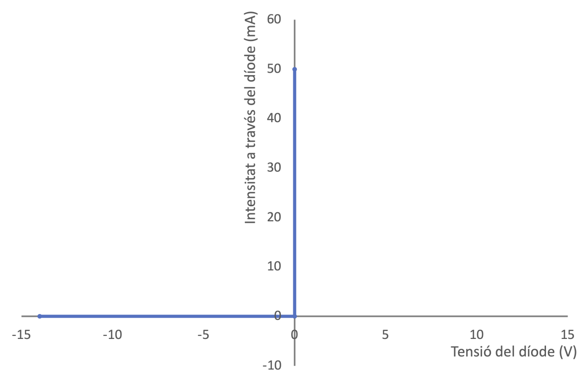

Figura 18: Gráfica característica VI de un diodo ideal. El punto para $V = 0$ y $I = 0$ corresponde al cambio de estado de polarización del diodo de directa a inversa.

b) Para resolver el segundo apartado debe examinarse la gráfica de la característica VI de un diodo real, que se muestra en la Figura 18. Esta gráfica es como la de la Figura 36 del módulo de *Circuitos RLC* con la tensión umbral del diodo nula, $V_\gamma = 0$. El punto en que el diodo cambia de estado (de polarización directa a polarización inversa o viceversa) es el punto en que $V_d = 0$ V y a la vez $I = 0$ A (origen en la gráfica VI de la Figura 18). Este punto corresponde al circuito de la Figura 16 con el valor de V_{in} desconocido y el dato adicional de que la diferencia de potencial entre A y B es nula ($V_{AB} = 0$).

Así, ahora la ecuación (23) que se ha encontrado para el circuito de la Figura 16 se puede escribir imponiendo que $V_{AB} = 0$ y despejando I_a:

$$V_{AB} = I_a R_1 - V_0 = 0 \rightarrow I_a = \frac{V_0}{R_1} = \frac{3}{150} = 20 \text{ mA} \tag{31}$$

es decir que en este punto de trabajo del diodo, la tensión de la fuente V_{in} ha de ser tal que la intensidad I_a sea 20 mA en el sentido indicado en el diagrama de la Figura 16. Con esta intensidad se puede encontrar la tensión de la fuente, a partir de la ecuación (22) :

$$I_a = \frac{V_{in}}{R_1 + R_2} \rightarrow V_{in} = I_a R_1 + I_a R_2 \rightarrow V_{in} = 20 \cdot 10^{-3} \cdot (150 + 100) = 5 \text{ V} \tag{32}$$

En conclusión, si $V_{in} > 5$ V el diodo está polarizado en inversa, mientras que para $V_{in} < 5$ V el diodo estará polarizado en directa.