1. (1,25 ptos). Define la intensidad de corriente, *I*, y la densidad de corriente, **J**.

La intensidad de corriente eléctrica, *I*, se define como el flujo de cargas eléctricas que, por unidad de tiempo, atraviesan un área transversal:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Se define la densidad de corriente **J** como un vector que en cada punto del conductor tiene la dirección y sentido del movimiento de las cargas positivas y cuyo módulo es igual a la cantidad de carga que atraviesa la unidad de superficie normal a la velocidad por unidad de tiempo.
De esta forma, en forma diferencial, **J** se expresa como

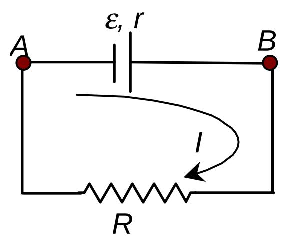
$$\mathbf{J} = \frac{dI}{dA}\hat{\mathbf{n}}$$

2. (1,25 ptos). Una batería tiene una fem ε y una resistencia interna *r*. Cuando se conecta una resistencia de 10 Ω entre los terminales de la misma, la corriente es de 1 A. Cuando se sustituye esta resistencia por otra de 3 Ω, la corriente es de 3 A. Calcula la fem ε y la resistencia interna *r*.

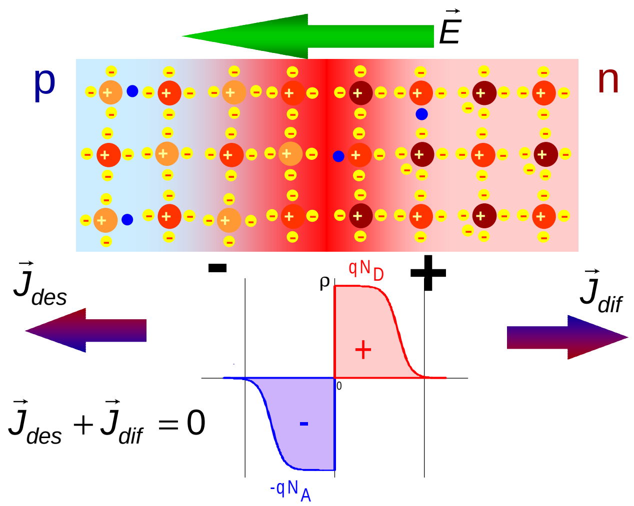
$R=10\ \Omega \Rightarrow V_{AB} = \varepsilon - Ir = \varepsilon - 1 \cdot r = R\,I = 10 \cdot 1 = 10\ \text{V}$

$R=3\ \Omega \Rightarrow V_{AB} = \varepsilon - Ir = \varepsilon - 3 \cdot r = R\,I = 3 \cdot 3 = 9\ \text{V}$

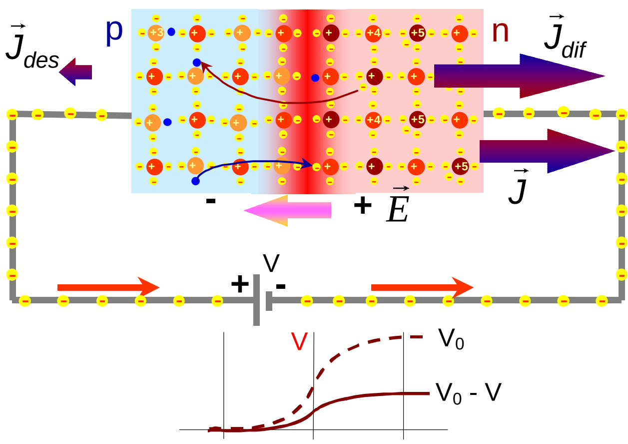
$$\left.\begin{aligned} \varepsilon - r &= 10 \\ \varepsilon - 3r &= 9 \end{aligned}\right\} \Rightarrow \begin{cases} r = 1/2\ \Omega \\ \varepsilon = 21/2\ V \end{cases}$$



3. (1,25 ptos). Explica la aparición de la zona de transición en una unión PN, así como la causa de la aparición de un campo eléctrico en la misma.
Explica brevemente el comportamiento de la unión PN polarizada en forma activa.



Debido a la diferencia de concentraciones de electrones y huecos a ambos lados de la unión PN aparece un movimiento de los mismos por difusión: los huecos se difunden desde el lado P al lado N, mientras que los electrones lo hacen desde el lado N hacia el lado P. Idealmente, el proceso de difusión continuaría hasta que las concentraciones de portadores se hiciesen iguales a ambos lados de la unión. Sin embargo, cuando los huecos se difunden alejándose del lado P, dejan detrás los átomos aceptores ionizados negativamente, y por tanto una densidad de carga negativa. Del lado N, los electrones que se alejan por difusión dejan detrás los átomos donadores ionizados positivamente, y por tanto una densidad de carga positiva. Dichas densidades de cargas implican la existencia de un campo eléctrico dirigido desde la zona N hacia la zona P, tal y como indica la figura, así como la aparición de una diferencia de potencial.



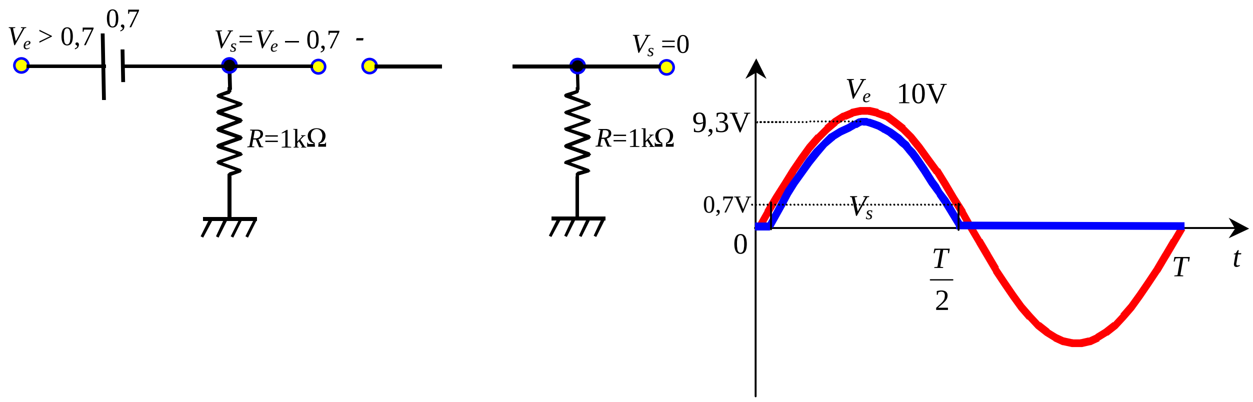
El análisis cualitativo de la unión PN polarizada en forma activa (o directa) lo podemos realizar tanto desde el punto de vista del campo eléctrico, como de la diferencia de potencial en la zona de unión.
Diferencia de potencial: En la unión PN no polarizada la zona N está a mayor potencial que la zona P, dicha diferencia de potencial dificulta el movimiento de huecos de la zona P a la zona N, y de electrones de la zona N a la zona P. Al polarizar la unión de forma activa, se disminuye o anula esa diferencia de potencial, de modo que se facilita el

movimiento de huecos de la zona P a la zona N, y de electrones de la zona N a la zona P. De este modo se establece una fuerte corriente de difusión del lado P al lado N.

Campo eléctrico: Del mimo modo, el campo eléctrico que se establece en la unión PN no polarizada dificulta el movimiento de cargas. Al polarizar de forma activa la unión, se disminuye dicho campo eléctrico, permitiendo la existencia de una fuerte corriente de difusión del lado P al lado N.

Al mismo tiempo, debido al campo eléctrico en la unión, existe una corriente de desplazamiento del lado N al lado P, pero es muy pequeña comparada con la corriente de difusión del lado P al N.

4. (1,25 ptos). Dado el circuito de la figura, calcula la tensión de salida, V_s, para la tensión de entrada, V_e, indicada en la figura. El diodo es de silicio, con una tensión umbral de 0,7 V.

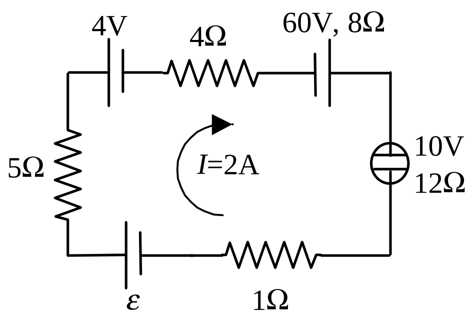


5. (2 ptos) Dado el circuito de la figura:

a) Determina el valor de la fuerza electromotriz ε para que la intensidad que circula por el circuito sea de 2A en el sentido indicado.

b) Calcula la potencia generada y/o disipada por cada uno de los elementos del circuito y comprueba el resultado realizando un balance de potencias.

c) Calcula el rendimiento de cada uno de los generadores y motores del circuito.



a) Para el cálculo de la f.e.m. de la fuente bastará con aplicar la ecuación del circuito:

$$I = \frac{\sum \varepsilon}{\sum R} \Rightarrow 2 = \frac{\varepsilon - 4 + 60 - 10}{5+4+8+12+1} = \frac{\varepsilon + 46}{30} \Rightarrow \varepsilon = 14\ \mathrm{V}$$

b) Todas las resistencias consumen potencia, la cual viene dada por la ley de Joule:

$$P = RI^2 \Rightarrow \left| \begin{array}{l} \mathrm{P}_1 = R_1 I^2 = 5\cdot 4 = 20\ \mathrm{W} \\ \mathrm{P}_2 = R_2 I^2 = 4\cdot 4 = 16\ \mathrm{W} \\ \mathrm{P}_3 = R_3 I^2 = 1\cdot 4 = 4\ \mathrm{W} \end{array} \right.$$

La potencia consumida por el motor es:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Pot. Transformada}: \ P_T = \varepsilon' I = 10\cdot 2 = 20\ \mathrm{W} \\ \text{Pot. consumida en } r': \ P_{r'} = r' I^2 = 12\cdot 4 = 48\ \mathrm{W} \end{array} \right| \Rightarrow P_C = P_T + P_{r'} = 68\ \mathrm{W}$$

El generador de 4V actúa como receptor. Al ser ideal no tiene pérdidas por efecto Joule, luego la potencia consumida coincide con la transformada:

$$\text{Potencia Consumida}: P_C = P_T = \varepsilon I = 4\cdot 2 = 8\ \mathrm{W}$$

El generador de 60V suministra energía al circuito, si bien consume algo de energía por efecto Joule en su resistencia interna:

$$\text{P. generada}: \; P_G = \varepsilon I = 60 \cdot 2 = 120\,\text{W}$$

$$\text{P. consumida en } r\text{:} \; P_r = rI^2 = 8 \cdot 4 = 32\,\text{W}$$

$$\text{P. suministrada}: P_S = P_G - P_r = 88\,\text{W}$$

El generador incógnita suministra energía al circuito. No tiene pérdidas por efecto Joule al carecer de resistencia interna:

$$\text{Potencia generada}: \; P_G = \varepsilon I = 14 \cdot 2 = 28\,\text{W} \;\Rightarrow\; P_S = P_G = 28\,\text{W}$$

Cómo forma de verificar el resultado hacemos un balance de potencias: potencias generadas = potencias consumidas.

$$\sum P_G = \sum P_C \Rightarrow 120 + 28 = 20 + 16 + 4 + 20 + 48 + 8 + 32 = 148\,\text{W}$$

c) El rendimiento de cada receptor será el porcentaje de potencia transformada frente a la consumida:

$$\text{Receptor:} \;\; \eta = \frac{P_T}{P_C} = \frac{20}{68} = 0{,}294 \;\Rightarrow\; 29{,}4\%$$

$$\text{Generador de 4V:} \;\; \eta = \frac{P_T}{P_C} = \frac{8}{8} = 1 \;\Rightarrow\; 100\%$$

En los generadores, el rendimiento es el porcentaje de potencia que se suministra al circuito respecto a la generada:

$$\text{Generador de 60V:} \;\; \eta = \frac{P_S}{P_G} = \frac{88}{120} = 0{,}73\widehat{3} \Rightarrow 73{,}\widehat{3}\%$$

$$\text{Generador incógnita:} \;\; \eta = \frac{P_S}{P_G} = \frac{28}{28} = 1 \Rightarrow 100\%$$

6. (3 ptos). Dado el circuito de la figura,

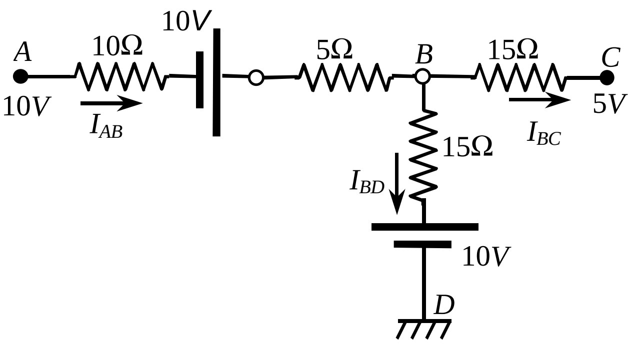
a) Determina las intensidades de rama I_{AB}, I_{BC}, I_{BD} mediante las leyes de Kirchhoff

b) Determina las intensidades de rama I_{AB}, I_{BC}, I_{BD} mediante el método de las mallas.

c) Calcula el potencial en el punto B.

d) Calcula el equivalente de Thevenin entre A y B, indicando claramente su polaridad.

e) Si entre A y B se añade una resistencia de 10Ω, calcula la intensidad que circularía por ella, indicando claramente su sentido.



a) La ley de los nudos, aplicado al nudo B, nos dice que la suma de las intensidades que convergen al nudo B es igual a cero, es decir,

$$I_{AB} - I_{BD} - I_{BC} = 0$$

Si calculamos ahora la diferencia de potencial entre A y D, y la diferencia de potencial entre C y D, obtenemos:

$$V_A - V_C = 5\,\text{V} = 15I_{AB} - 10 + 15I_{BC}$$

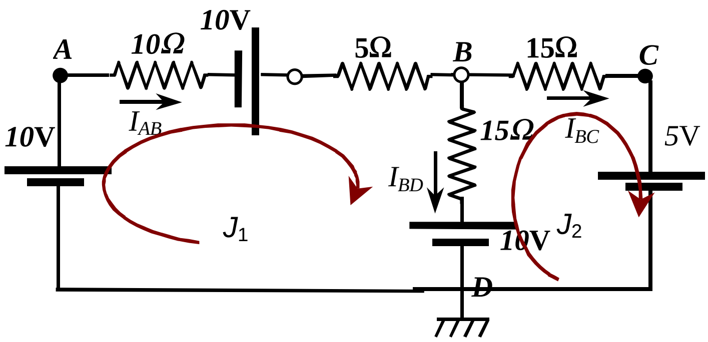
$$V_A - V_D = 10\,\text{V} = 15I_{AB} - 10 + 15I_{BD} + 10$$

De este modo obtenemos un sistema de 3 ecuaciones con 3 incógnitas, cuya solución es:

$$I_{BC} = \frac{4}{9}\,\text{A} = 0{,}444\,\text{A} \qquad I_{BD} = \frac{1}{9}\,\text{A} = 0{,}111\,\text{A} \qquad I_{AB} = \frac{5}{9}\,\text{A} = 0{,}556\,\text{A}$$

b) Para utilizar el método de las mallas hay que volver a dibujar el circuito en forma de una red plana constituida por mallas. La ecuación matricial de mallas quedará:

$$\begin{pmatrix}10\\5\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}30 & -15\\-15 & 30\end{pmatrix}\begin{pmatrix}J_1\\J_2\end{pmatrix}$$



De donde,

$$J_1=\frac{\begin{vmatrix}10 & -15\\5 & 30\end{vmatrix}}{\begin{vmatrix}30 & -15\\-15 & 30\end{vmatrix}}=\frac{375}{675}=\frac{5}{9}\text{ A}$$

$$J_2=\frac{\begin{vmatrix}30 & 10\\-15 & 5\end{vmatrix}}{\begin{vmatrix}30 & -15\\-15 & 30\end{vmatrix}}=\frac{300}{675}=\frac{4}{9}\text{ A}$$

Las intensidades de rama vienen dadas por:

$$I_{AB}=J_1=\frac{5}{9}\text{ A} \qquad I_{BC}=J_2=\frac{4}{9}\text{ A} \qquad I_{BD}=J_1-J_2=\frac{5}{9}-\frac{4}{9}=\frac{1}{9}\text{ A}$$

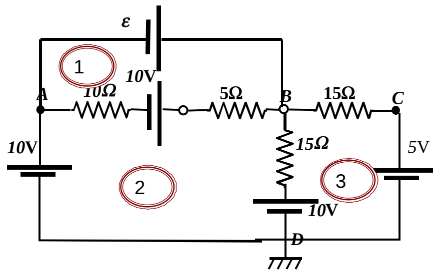
c) Conocidas las intensidades de rama, es sencillo calcular ahora el potencial del punto *B*. Por ejemplo, a partir de la diferencia de potencial entre el punto el *B* y el *D*:

$$V_B-V_D=V_B-0=V_B=15\cdot I_{BD}+10=\frac{35}{3}\text{ V}=11{,}67\text{ V}$$

d) La resistencia equivalente la podemos calcular teniendo en cuenta que entre *A* y *B*, tenemos tres resistencias de 15 Ω en paralelo:

$$R_{eq}=\left(\frac{1}{15}+\frac{1}{15}+\frac{1}{15}\right)^{-1}=5\,\Omega$$

También se puede obtener este mismo resultado mediante el método de las mallas:

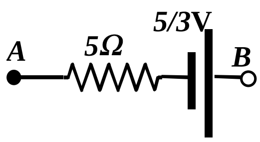


$$R_{eq}=\frac{\begin{vmatrix}15 & -15 & 0\\-15 & 30 & -15\\0 & -15 & 30\end{vmatrix}}{\begin{vmatrix}30 & -15\\-15 & 30\end{vmatrix}}=\frac{3375}{675}=5\,\Omega$$

La diferencia de potencial entre *A* y *B* es:

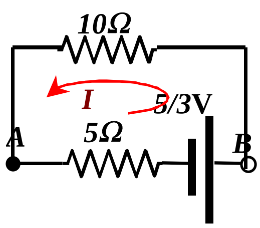
$$V_A-V_B=10-\frac{35}{3}=\frac{-5}{3}\text{ V}=-1{,}67\text{ V}$$

Con lo que el equivalente de Thevenin del circuito queda tal y como indica la figura:



e)

Utilizando el equivalente de Thevenin calculado en el apartado anterior



$$I=\frac{5/3}{10+5}=\frac{1}{9}\text{ A}=0{,}111\text{ A}$$