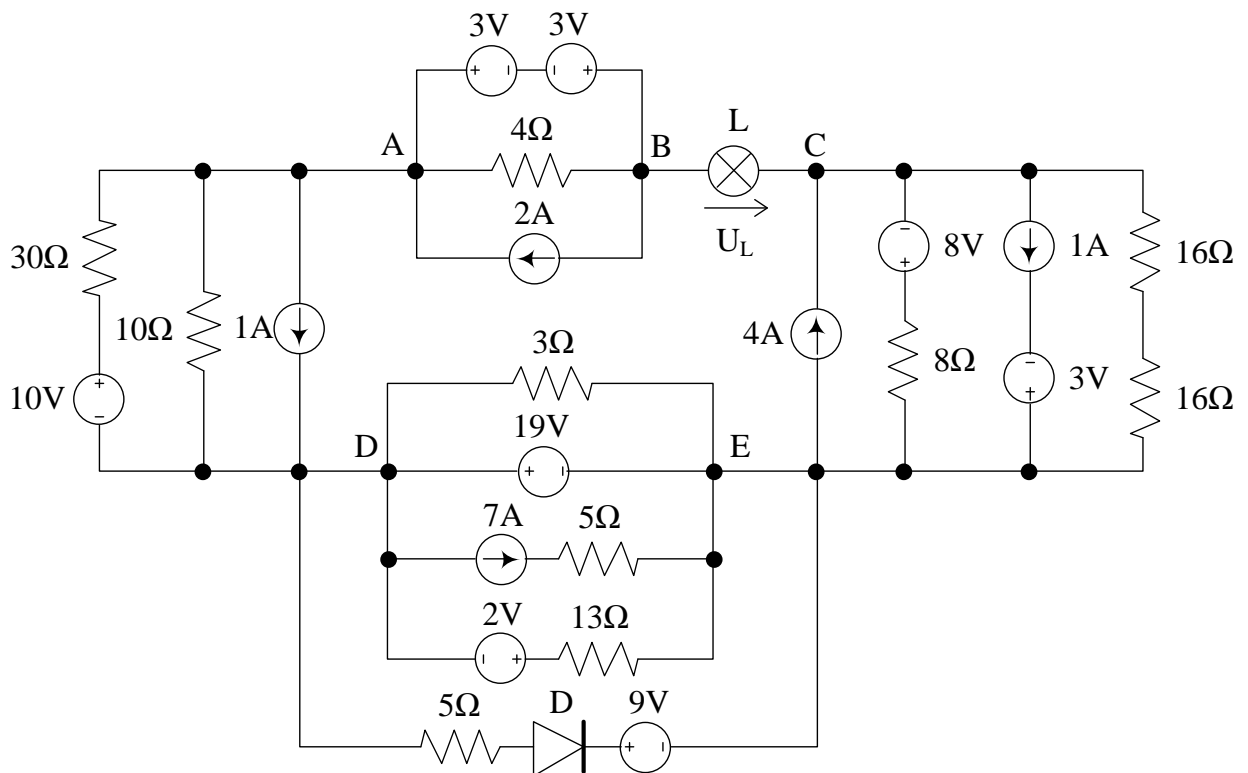


Problema resuelto: Capítulo 2 – Componentes de redes

En el circuito de la figura, “L” es un dipolo anómalo simétrico y “D” es un diodo ideal.

- 1) Hallar el punto de operación del dipolo “L” e indicar si el diodo “D” conduce o no.
- 2) Calcular el valor de la potencia desarrollada por la fuente de 9V. ¿Actúa como generador o como carga?

$$U_L = I_L^2 + I_L \text{ para } I_L > 0$$



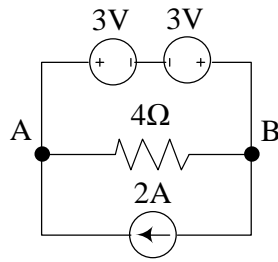
Resolución:

Punto 1:

Como siempre se sugiere, el primer paso para encarar la resolución de cualquier problema circuital, es realizar un análisis del circuito en cuestión y ver, sin resolver inmediatamente, que información podemos extraer del mismo a fin de realizar cualquier simplificación posible.

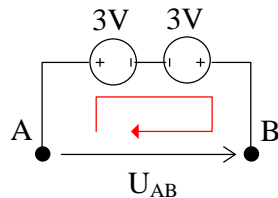
En efecto, podemos simplificar el circuito.

Si nos centramos en el subcircuito que se encuentra entre los nodos A y B



Vemos que en la rama superior hay dos fuentes de tensión en serie. Como sabemos, dos fuentes de tensión en serie, se pueden reemplazar por una fuente equivalente de valor igual a la suma de las mismas. En este caso, ambas fuentes son de igual valor y están en oposición, con lo cual la fuente equivalente sería de 0V, lo que equivale a un cortocircuito entre A y B.

Esto se puede corroborar si planteamos la LKT

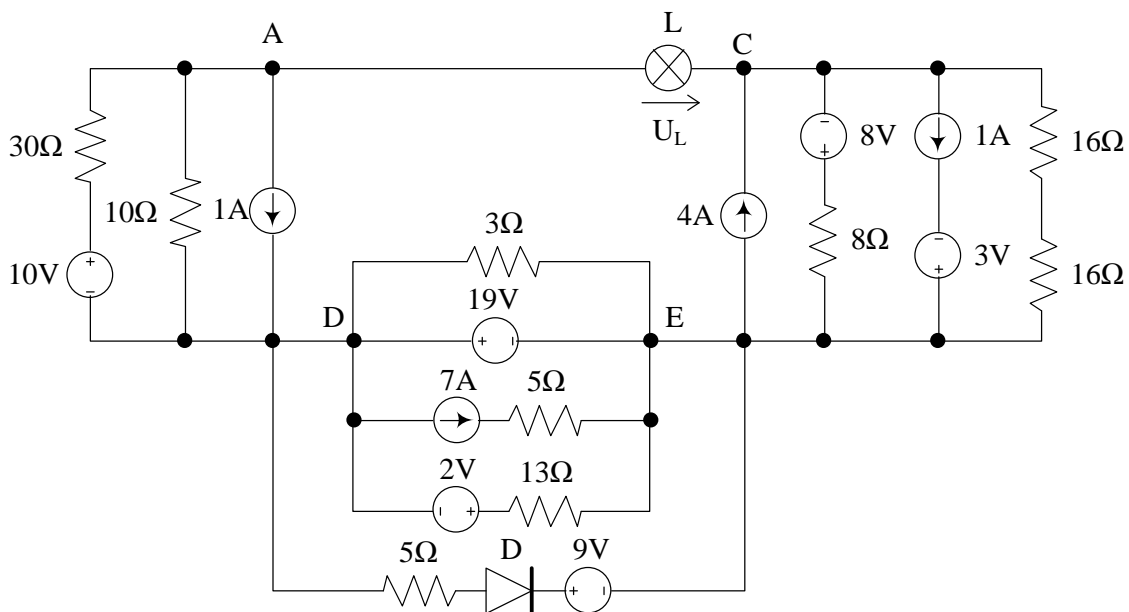


$$U_{AB} + 3V - 3V = 0V$$

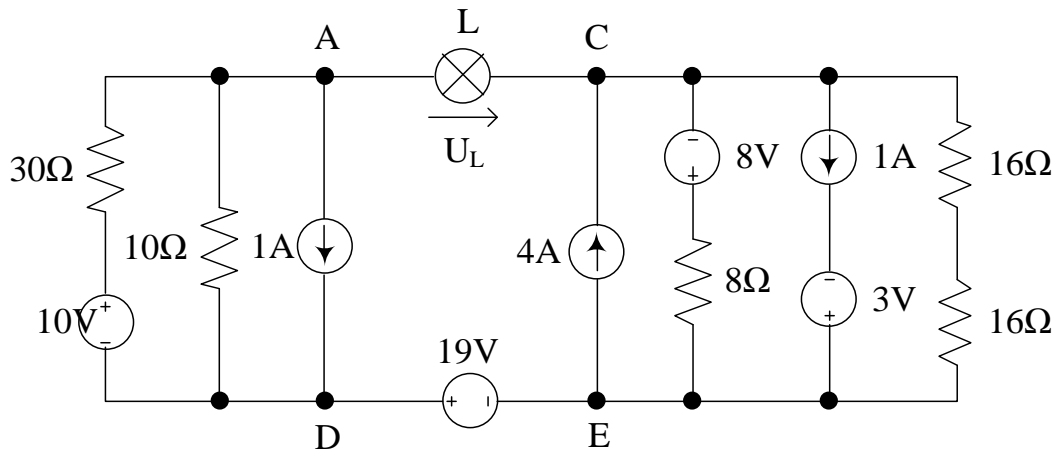
$$U_{AB} = 3V - 3V = 0V$$

Que la diferencia de potencial entre dos nodos sea cero implica obviamente que ambos están al mismo potencial, con lo cual, podemos considerar que ambos nodos están cortocircuitados.

Ya sea por un camino o por otro, lo importante de este análisis es que **todo el subcircuito A-B se reduce a un cortocircuito.**



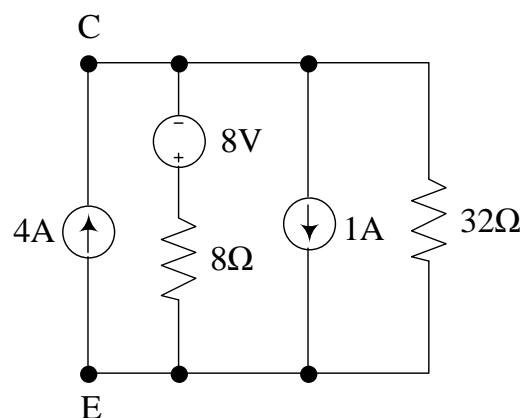
Algo similar sucede entre los nodos D y E. Aquí tenemos una fuente ideal de tensión de 19V entre ambos nodos, por lo tanto, la diferencia de potencial entre ellos está fijada por esta fuente independientemente de lo que suceda con el resto del circuito (aun del estado de conducción o no del diodo). Así podemos observar que cuando tenemos una fuente de tensión ideal en paralelo con una red de componentes cuales quiera, todo el circuito se puede reducir a esa fuente de tensión.



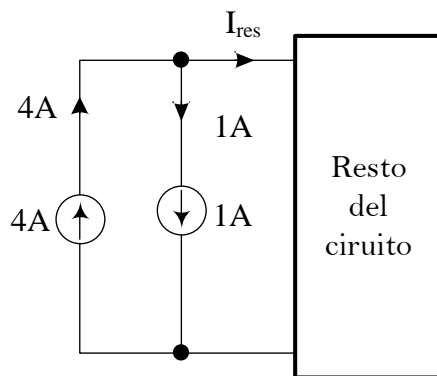
Continuemos viendo lo que sucede entre los nodos C y E yendo de derecha a izquierda.

Primero tenemos dos resistencias en serie, que pueden ser reemplazadas por una sola resistencia de valor igual a la suma de los valores de ambas.

Luego vemos que en la rama siguiente hay una fuente de corriente ideal en serie con una fuente de tensión ideal. Dado que están en serie, ambos componentes serán atravesados por una única corriente. Además, esta corriente deberá ser indefectiblemente igual a la corriente que entrega la fuente de corriente. Entonces vemos que cuando tenemos una fuente de corriente en serie con una red de componentes cualesquiera, todo el circuito se puede reducir a esa fuente de corriente. Pasemos en limpio como queda el subcircuito



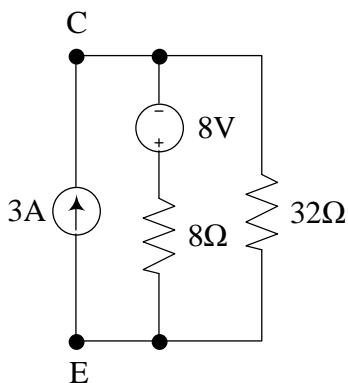
Podemos seguir reduciendo el circuito, ya que tenemos dos fuentes de corriente ideales en paralelo, ambas pueden reemplazarse por una fuente de corriente cuyo valor es la suma de los valores de cada fuente. Corroboremos este cálculo aplicando la LKC



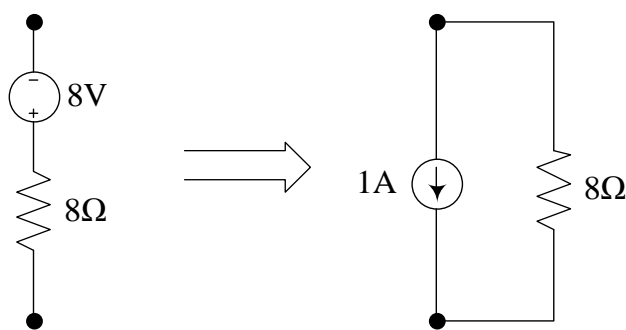
$$4A - 1A - I_{res} = 0A$$

$$I_{res} = 4A - 1A = 3A$$

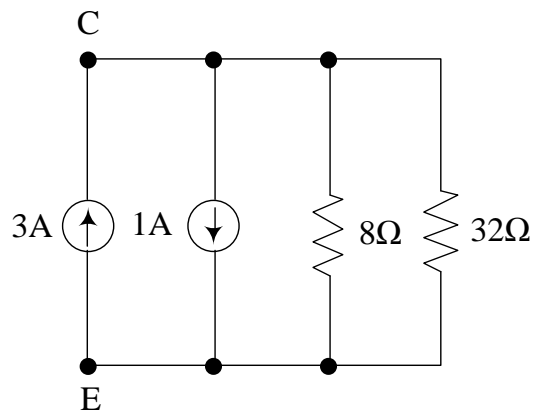
Entonces podemos reemplazar las dos fuentes de corriente en paralelo por una de 3A



Llegados a este punto, podemos resolver este subcircuito de manera sencilla aplicando interconversion de fuentes. Recordemos que la fuente real de tensión (fuente ideal de tensión en serie con una resistencia) de la rama central se puede transformar en una fuente real de corriente (fuente ideal de corriente en paralelo con una resistencia). El valor de la fuente ideal de corriente será igual al de la corriente de cortocircuito de la rama (la corriente que circularía si cortocircuitamos la rama en cuestión) y la resistencia en paralelo será del mismo valor que la que está en serie con la fuente de tensión



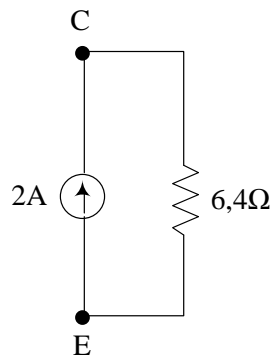
Así, llegamos al siguiente subcircuito



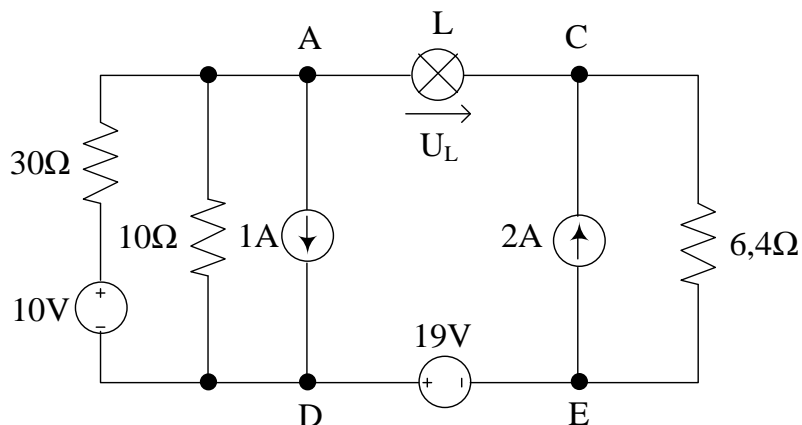
Aquí, podemos hallar rápidamente el equivalente sumando las dos fuentes de corriente, como se vio anteriormente y resolviendo el paralelo de las dos resistencias. Recordemos que, para el caso de dos resistencias, el paralelo puede resolverse de la siguiente manera

$$R_{//} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{8\Omega \cdot 32\Omega}{40\Omega} = \frac{256\Omega^2}{40\Omega} = 6,4\Omega$$

Resultando en

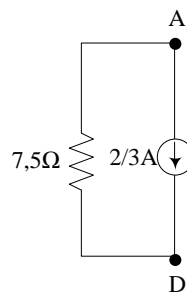
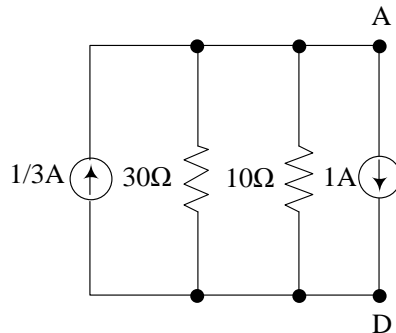


Y volviendo sobre el circuito original tenemos

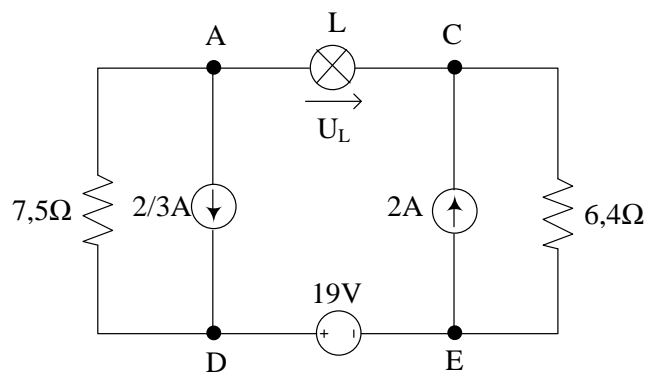


Para resolver el subcircuito entre los nodos A y D seguiremos aplicando lo visto hasta ahora.

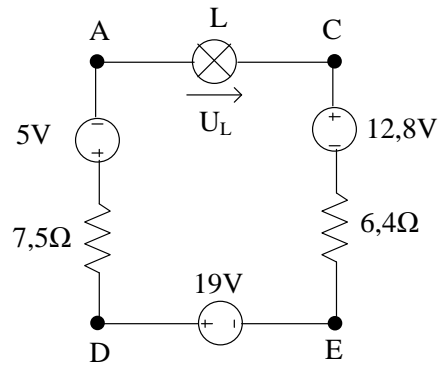
A modo de resumen, convertiremos la fuente de tensión real de la izquierda en fuente de corriente real, luego sumaremos fuentes y resolveremos el paralelo de resistencias.



El circuito nos queda



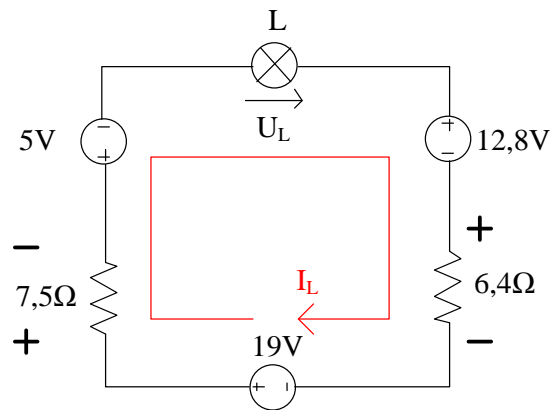
Entonces, ahora el circuito se redujo bastante y podemos ver que, para obtener el punto de trabajo del dipolo anómalo, podríamos plantear una LKT donde intervenga su tensión U_L y la podríamos reemplazar por la ecuación que tenemos de dato, quedando como incógnita la corriente I_L . Para ver esto con más claridad y proceder a la resolución, hagamos una última interconversión de fuentes, dejando solamente fuentes de tensión en el circuito



Ahora resta plantear la LKT. Para esto, sabemos que se debe plantear un sentido de circulación, en principio, arbitrario. Es importante recordar que esto NO tiene nada que ver con el sentido de circulación real de la corriente de la malla, es simplemente una forma de fijar una referencia a la hora de definir con que signo interviene cada término en la ecuación de la LKT.

Por otro lado, dado que el dipolo tiene una relación volt-ampere cuadrática, es de esperar que la resolución de la LKT resulte en dos corrientes, de las cuales solo una será la que realmente circula por el circuito y la otra, en general, será de sentido opuesto.

Por todo esto, elegiremos como sentido de circulación a aquel en el cual se respete la convención pasiva, esto es, que la corriente ingrese al dipolo por el terminal de mayor potencial según como está definido en su ley.

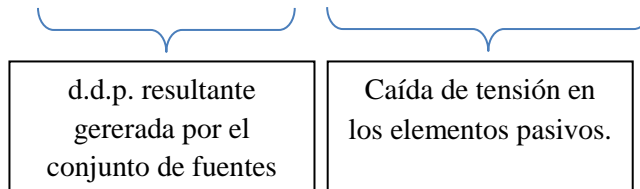


$$19V - I_L \cdot 7,5\Omega - 5V - U_L - 12,8V - I_L \cdot 6,4\Omega = 0V$$

Acomodando esta ecuación de otra manera

$$19V - 12,8V - 5V - I_L \cdot 6,4\Omega - I_L \cdot 7,5\Omega - U_L = 0V$$

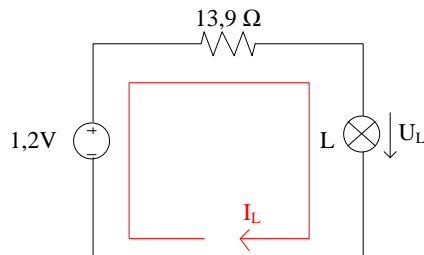
$$19V - 12,8V - 5V - I_L \cdot (6,4\Omega + 7,5\Omega) - U_L = 0V$$



Operando

$$1,2V - I_L \cdot (13,9 \Omega) - U_L = 0V$$

Circuitalmente, esta ecuación describe el siguiente circuito



Aquí viene lo importante de la elección del sentido de circulación al plantear la LKT y de entender cual es la d.d.p. resultante que se aplica al circuito: la d.d.p. resultante fuerza a circular a I_L en su sentido positivo. Con esto en mente, reemplacemos U_L por su relación V-A.

$$1,2V - I_L \cdot (13,9 \Omega) - (I_L^2 + I_L) = 0V$$

$$I_L^2 + I_L \cdot (14,9 \Omega) - 1,2V = 0V$$

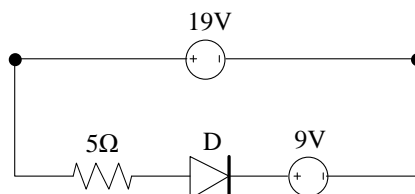
$$I_L = \begin{cases} 80,1 \text{ mA} \\ -14,98 \text{ A} \end{cases}$$

De las dos soluciones, sabemos gracias al análisis previo, debemos quedarnos con la positiva.

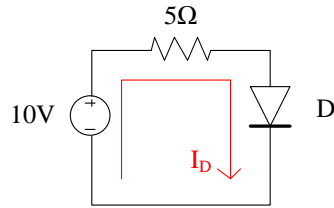
Entonces el punto de trabajo del anómalo es:

$$I_L = 80,1 \text{ mA} \Rightarrow U_L = 86,52 \text{ mV}$$

Resta responder si el diodo D conduce o no. Como ya habíamos visto, al tener la rama que contiene al diodo una fuente de tensión ideal en paralelo, no solo podemos analizar obtener el punto de trabajo del anómalo ignorando esa rama sino que también podemos analizar el estado de conducción del diodo tomando en cuenta solamente la rama en donde esta y la fuente de tensión.



Aquí podemos hacer algo similar a lo que hicimos con el anómalo y obtener la d.d.p. resultante. Vemos fácilmente que el circuito queda



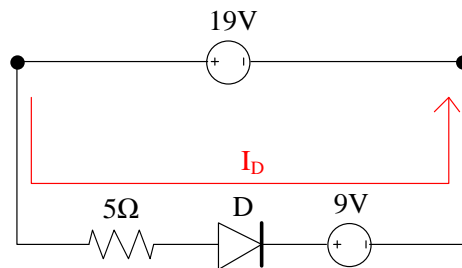
Así, la fuente equivalente trata de hacer circular corriente en el sentido en el que el diodo permite su circulación, esto es, el diodo efectivamente conduce.

Punto 2:

Retomemos este último circuito para determinar la potencia desarrollada por la fuente de 9V. Al ser un circuito serie, todos los componentes serán atravesados por la misma corriente y esta puede ser calculada, ya que el diodo ideal en estado de conducción presenta una d.d.p. en bornes de 0V, como el cociente entre el valor de la fuente de tensión equivalente y la resistencia de la rama

$$I_D = \frac{10V}{5\Omega} = 2A$$

Esta I_D será la que circule por la fuente de 9V, volvamos un paso atrás en la simplificación para ver esto con más claridad



Notar que, a la hora de realizar el dibujo del circuito, deliberadamente se hizo circular a la corriente I_D solo por la rama del diodo y NO por la fuente de 19V. Esto es correcto y se hace a propósito ya que esa corriente solo circula por dicha rama mientras que, al tener otras ramas en paralelo, la corriente de la fuente de 19V ES DISTINTA DE I_D .

Entonces, para obtener la potencia de la fuente de 9V y determinar su comportamiento como carga o generador, una de las opciones es realizar el cálculo respetando la convención pasiva:

Si en un determinado componente de red, conocida su corriente y diferencia de potencial en bornes, la corriente ingresa por el borne de mayor potencial, entonces la potencia desarrollada en el mismo puede calcularse como $P = V \cdot I$ y si el resultado es positivo, el elemento se comporta como carga, mientras que si es negativo se comporta como generador.

En nuestro caso

$$P = 9V \cdot 2A = 18W$$

Como el resultado es positivo, la fuente se comporta como una carga.