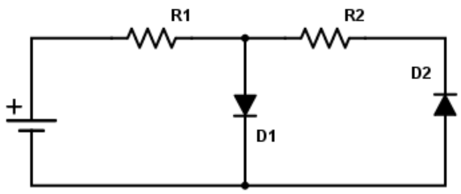
Resolución del trabajo autónomo.

Por Francisco Navarro Morales

El objetivo de este trabajo es calcular la intensidad de corriente que circula por cada una de las mallas del siguiente circuito:



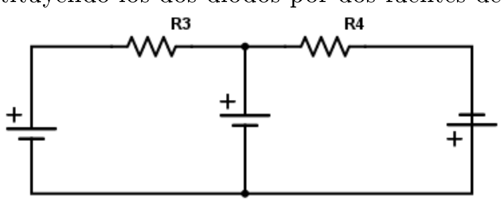
La fuente de tensión es de 5V, y las resistencias de $5k\Omega$.

Además, la n de los diodos es 1 en ambos y sus $I_s$valen $5 \cdot 10^{-9}mA$.

Para ello, lo primero que he hecho ha sido comprobar el funcionamiento de los diodos; es decir, si conducen o no electricidad. Para ello utilizamos un modelo que interpresa un diodo que conduce como una fuente de tensión que asegure la caida de 0.6 voltios en el diodo y un diodo que no conduce como un cable cortado.

Si ambos diodos conducen:

Sustituyendo los dos diodos por dos fuentes de tensión de 0.6V, nos queda:



Supongamos dos intensidades, I_1en la malla de la izquierda y I_2en la malla de la derecha. ambas con sentido horario.

Utilizando las leyes de Kirchoff y teniendo en cuenta que las fuentes que sustituyen a los diodos son de 0.6V, tenemos que:

$malla1: \ 5 - 0.5 = 5I_1$

$malla2: \ \ 1.2 \ \ = 5I_2$

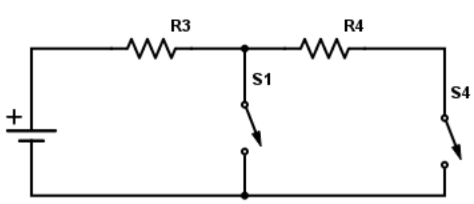
Hay que tener en cuenta que:

-Para que D_1conduzca, el sentido de I_1debe ser el que hemos supuesto, es decir, que I_1debe ser positivo.

-Para que D_2conduzca, el sentido de I_2debe ser contrario al supuesto, es decir, que I_2debe ser negativo.

como $I_2 = \frac{1.2}{5} > 0$; este modelo es erroneo. Sin embargo, como $I_1 = \frac{5-0.5}{5} > 0$ podemos deducir que, si D_1conduce, D_2no puede conducir.

Si no conduce ninguno.



En este caso, no circuila ninguna corriente, por lo que no hay caida de tensión en las resistencias y, por tanto, la tensión en los extremos superiores de los diodos es la misma (5V, obtenidos por la fuente) y la tensión en los extremos inferiores de los diodos, también (0 Voltios, tomados como referencia).

Por consiguiente, y teniendo en cuenta que:

-Para que D_1NO conduzca, V_{d1}debe ser menor que 0.6V

-Para que D_2NO conduzca, V_{d2}debe ser menor que 0.6V

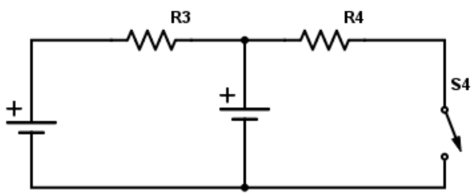
Podemos apreciar que, teniendo en cuenta el sentido en que conducen los diodos, $V_{d1} = 5V > 0.6$ y $V_{d2} = -5V < 0.6$

Esto nos indica que el diodo D_1sì conduce, y el diodo D_2, no.

Es decir, que con la información obtenida en estos dos modelos podemos asegurar que lo que ocurre realmente es que D_1conduce y D_2,no.

Lo comprobamos:

D_1ON D_2OFF



En este caso existe una única corriete, I, en la malla de la izquierda, a la que supondremos un sentido horario.

Tenemos que:

$5 - 0.6 = 5I$

$I = \frac{5-0.6}{5} = 0.88mA$

-Para que D_1conduzca, I debe tener el sentido supuesto, es decir, ser positiva; lo cual es cierto.

-Para que D_2NO conduzca, la caida de tensión en D_2debe ser menor que 0.6. Como en la resistencia R4 no cae tensión (porque no circula corriente), el extremo superior de D_2está a 0.6 voltios más que el inferior; sin embargo, como el sentido en que conduce el diodo es de abajo a arriba, la caida de tensión es -0.6 < 0.6, es decir, que esta condición también se cumple.

Una vez sabemos que este es el modelo adecuado, podemos asegurar que no circula corriente por la malla de la derecha y pasar a calcular corréctamente la intensidad que circula por la izquierda. Ya tenemos que su valor es 0.88mA, pero este es un valor aproximado, para calcular la corriente que realmente circula por el diodo D_1 y, por tanto, por toda la malla, hacemos uso del modelo matemático de Shockley, que dice que la intensidad que circula por un diodo es:

$$I_{d1} = I_{s1}(e^{\frac{qV}{nKT}} - 1)$$

donde:

I es la intensidad de la corriente que atraviesa el diodo y VD la diferencia de tensión entre sus extremos.

IS es la corriente de saturación (aproximadamente 10^{-12} A)

q es la carga del electrón, $1.6 * 10^{-19}C$

T es la temperatura absoluta de la unión; consideramos que estamos a temperatura ambiente, aproximadamente 300K

k es la constante de Boltzmann, $1.38 * 10^{-23}J/K$

n es el coeficiente de emisión, dependiente del proceso de fabricación del diodo y que suele adoptar valores entre 1 (para el germanio) y del orden de 2 (para el silicio).

V es la caida de tensión en el diodo.

luego tenemos que:

$I = 5 \cdot 10^{-9}(e^{38.65V} - 1)$

es decir, que, despejando v, nos queda:

$$v = \frac{ln(\frac{I}{5*10^{-9}} - 1)}{38.65}A \tag{1}$$

Además, 5-V=5I, entonces

$$I = \frac{5-V}{5000}A \tag{2}$$

si hubiéramos igualado $5 \cdot 10^{-9}(e^{3.86*10^{-6}V} - 1) = \frac{5-V}{5}$, resultaría imposible despejar V, estaríamos ante lo que se conoce como una ecuación trascendente, lo que quiere decir que solo se puede obtener el valor de V con métodos numéricos. En mi caso, he usado el programa matemático wxMáxima para intentar encontrar, por tanteo, una solución al problema:

La idea es ir dando valores a v y, con el resultado para I obtenido en la ecuación 2, calcular el valor que obtiene v en la ecuación uno. Si encontramos un valor de v que coincida con el valor final obtenido, tendremos la intensidad que queríamos calcular.

Hemos obtenido que la caida de tensión real en el diodo es de $0.314115V$, y no 0.6 como se había supuesto en un principio.

Con ese valor se obtiene una intensidad de malla de $9.37177 * 10^{-4}A = .0937177mA$
y no los $0.88mA$ que habíamos obtenido con el modelo simplificado.

En conclusión, la intensidad de la corriente que circula por la malla de la izquierda es de $.0937177mA$ y no circula corriente por la otra malla.