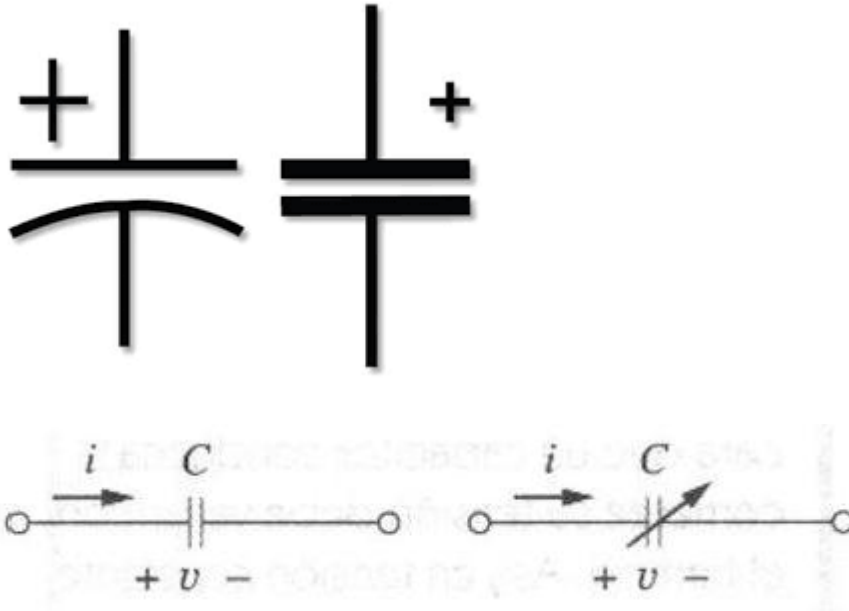


EL CAPACITOR O CONDENSADOR

Es un dispositivo o elemento de la electrónica que se utiliza para almacenar la energía alterna "AC" en forma de voltaje. Su simbología es la siguiente



Como se observa, el capacitor tiene una polaridad, y es por ella por donde debe de ingresar la corriente que genera el circuito.

Se dice que un condensador impide el paso de la corriente en un circuito de corriente continua y se comporta como un circuito abierto

En un circuito de corriente alterna el condensador permite el paso de la corriente y se comporta como una reactancia capacitiva X_C , que depende de la capacidad del condensador y de la frecuencia de la corriente.

$$X_C = \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{C 2\pi f}$$

Si v_i que es la fuente de alimentación en ac es mayor que cero, el condensador se comienza a cargar, de lo contrario se descarga o entrega su voltaje al circuito.

Cuando se encuentra completamente lleno, su valor será el de la fuente que lo alimenta.

La resistencia es el valor de oposición al paso de la corriente (sea continua o alterna) de la resistencia.

La reactancia es el valor de la oposición al paso de la corriente alterna que tienen los condensadores y las bobinas.

Existe la reactancia capacitiva debido a los condensadores y la reactancia inductiva debido a las bobinas.

Cuando en un mismo circuito se tienen resistencias, condensadores y bobinas y por ellas circula corriente alterna, la oposición de este conjunto de elementos al paso de la corriente alterna se llama impedancia.

Físicamente se ve de la siguiente forma



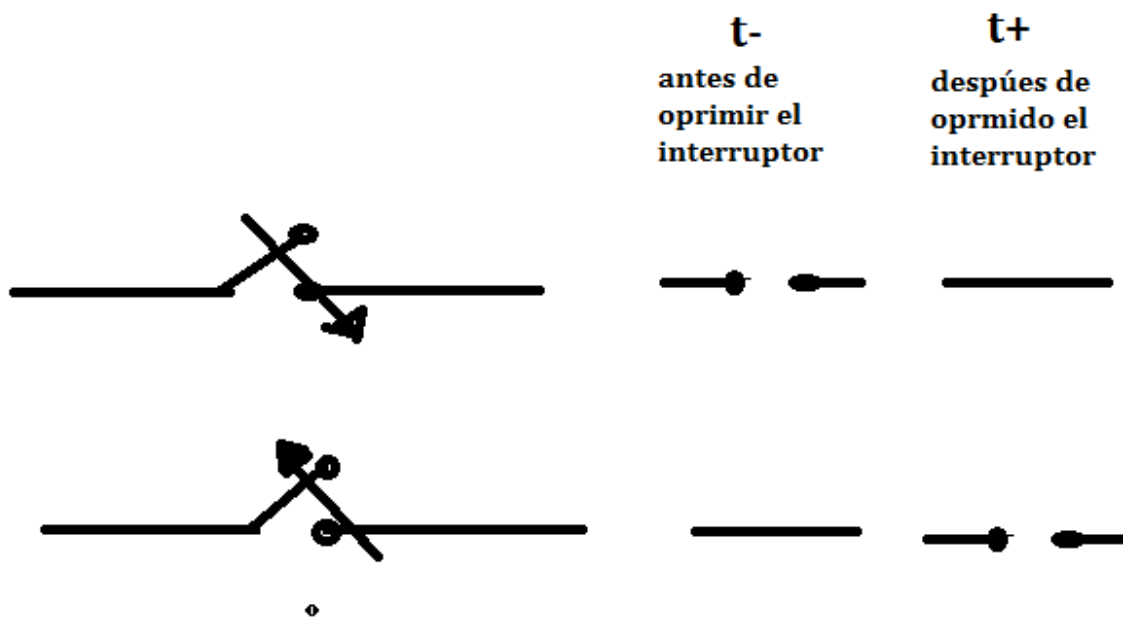
Resistencias y C.A.

Los elementos pasivos como se mencionó en taller de elementos, son aquellos que no generan energía, esos son las resistencias, condensadores y bobinas.

Las resistencias, son los únicos elementos pasivos para los cuales la respuesta es la misma tanto para C. A. como para C.C.

INTERRUPTORES

Es un dispositivo que permite el paso de una corriente o también interrumpirla.

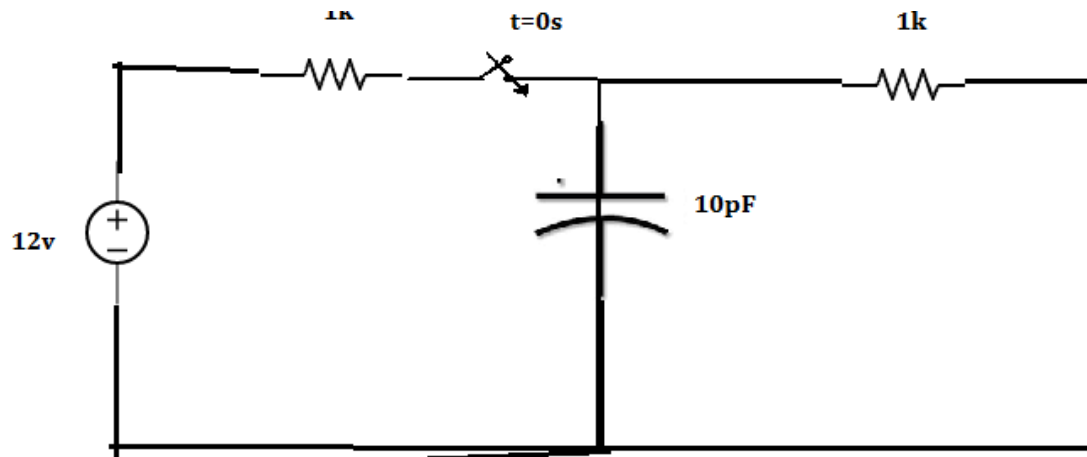


Un interruptor en un circuito hace que el capacitor tenga dos estados, un antes que se simbolizara con “t-“, y un después de actuar el interruptor “t+“.

En la figura anterior el primer interruptor se encuentra inicialmente abierto “t-“ y la flecha lo obliga en “t+“ a que se cierre.

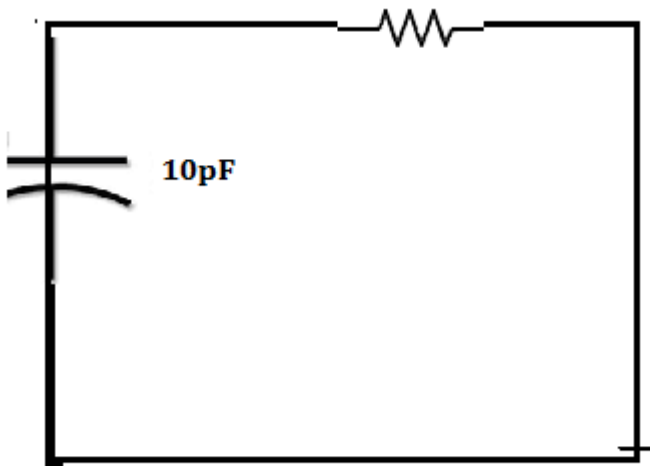
Para el segundo interruptor se encuentra inicialmente cerrado “t-“ y la flecha lo obliga en “t+“ a que se abra.

Ejemplo



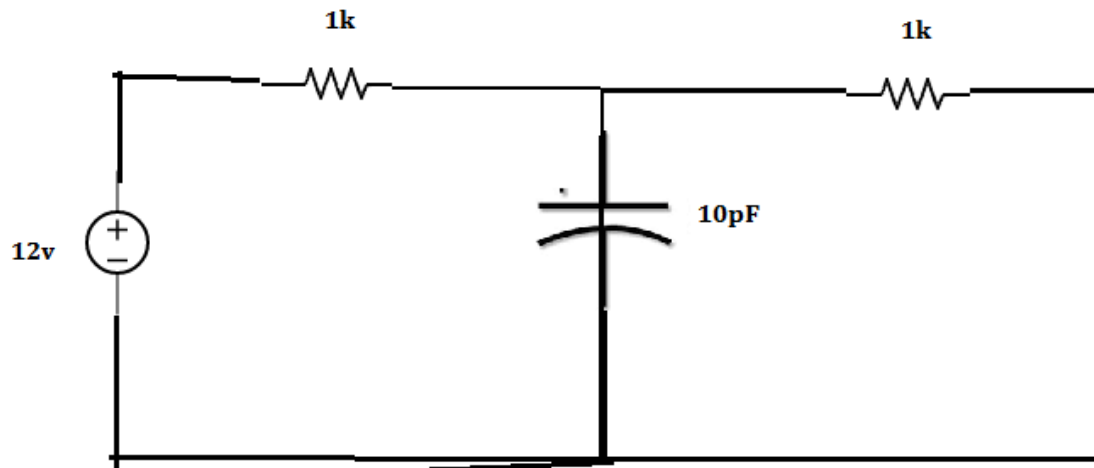
El anterior es el circuito con resistencias, condensador y fuente, llamado circuito RC, al utilizar el interruptor se tendrá un antes y un después del actuar del interruptor

Para el antes t-



Observando el interruptor, el antes nos indica que el interruptor se encuentra abierto.

Para el después $t+$



En el circuito el interruptor se comporta como un corto y hace que la fuente se una al condensador.

La carga almacenada en un condensador viene dado por la expresión:
 $q = c \cdot v$ donde c es la capacitancia y v el voltaje de la fuente en ac

Como se sabe la corriente viene dado por $i = dq/dt$

La corriente que se genera en un condensador será.

$$I(t) = dq/dt$$

$I(t) = d(C \cdot v)/dt$ al ser c una constate, se saca de la derivada

$$I_c(t) = C \cdot dv/dt$$

La potencia generada por el condensador será

$$P_c = v \cdot i = v \cdot C \cdot dv/dt = C \cdot v \cdot dv/dt$$

La energía almacenada será

$$W = \int P \cdot dt = \int \{C \cdot v \cdot dv/dt\} \cdot dt \text{ los } dt \text{ se van}$$

$$W = \int C \cdot v \cdot dv = C \cdot \int v \cdot dv$$

$$W = C \cdot V^2 / 2$$

LA BOBINA O INDUCTOR

Es un dispositivo que almacena corriente alterna, su simbología es la siguiente:



Su unidad de medida es el henrio (H), los valores normales van desde algunos henrios hasta los mH.

Físicamente se vería así



En DC su comportamiento es el de un cortocircuito

En un circuito de corriente alterna la bobina permite el paso de la corriente y se comporta como una reactancia inductiva X_L , que depende de la inductancia de la bobina y de la frecuencia de la corriente.

$$X_L = 2 \pi f L = \omega L$$

Donde X_L se expresa en ohm

Si ω es la fuente de alimentación en ac es mayor que cero, la bobina se comienza a cargar, de lo contrario se descarga o entrega su corriente al circuito.

En una bobina se conoce el voltaje que almacena con la siguiente ecuación

$$V_L(t) = L \cdot di/dt$$

La corriente será.

$$V_L(t)/L = di/dt$$

$\{V_L(t)/L\} \cdot dt = di$ integrando en ambos extremos se tendrá

$$i_L(t) = 1/L \cdot \int V(t) \cdot dt$$

la potencia en la bobina será

$$P_L(t) = v \cdot i = L \cdot di/dt \cdot i$$

La energía almacenada será

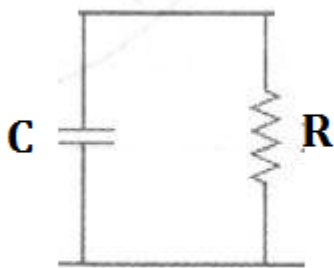
$$W = \int P \cdot dt = \int \{L \cdot di/dt \cdot i\} \cdot dt \quad dt \text{ se elimina}$$

$$W = \int \{L \cdot di \cdot i\} = L \cdot \int di \cdot i$$

$$W = L \cdot i^2 / 2$$

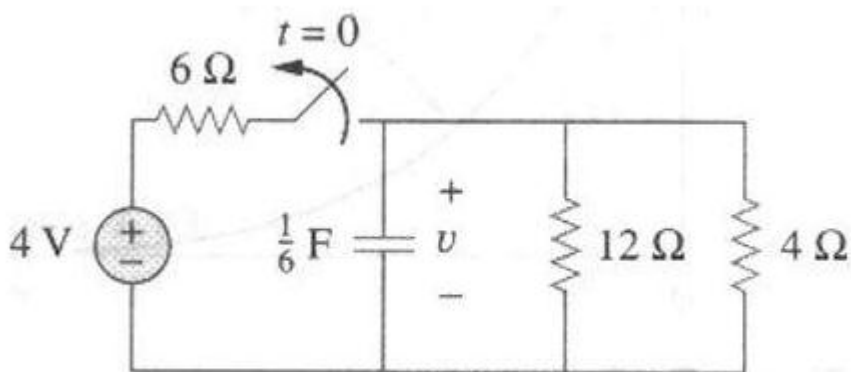
CIRCUITOS RC SIN FUENTE

Se considera un circuito RC sin fuente, aquel en el cual habiendo aplicado $t+$ en el interruptor, solo resultan resistencias en el extremo donde se encuentran los condensadores. Una vez determinado que el circuito es sin fuente se deberá reducir a una sola resistencia y un solo condensador, a lo cual llamaremos circuito RC sin fuente:



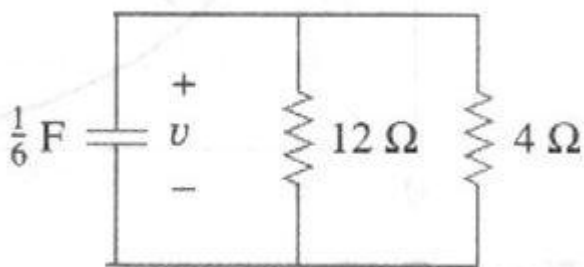
Ejemplo

Se tiene el siguiente circuito



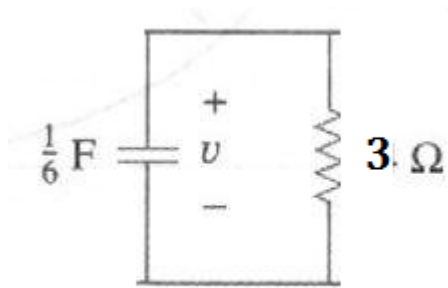
Para saber si es RC sin fuente debo de aplicar $t+$

Aplicando $t+$ se tiene:

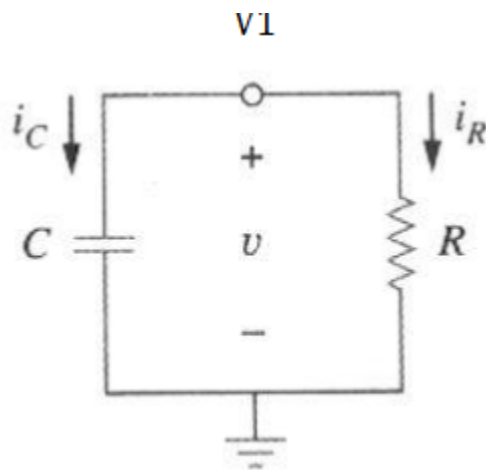


Como se observa, el circuito no tiene fuente de voltaje ni de corriente presente.

Rediciendo se tendrá



Para determinar el voltaje que almacena el condensador sin fuente aplicamos análisis nodal:



$$i_C + i_R = 0$$

$$C \frac{dv}{dt} + \frac{V1}{R} = 0$$

$$C \frac{dv}{dt} = - \frac{V1}{R}$$

$$\frac{dv}{dt} = - \frac{V1}{R \cdot C} \quad \text{como } v1-v=0 \quad V1 = v$$

$$\frac{dv}{v} = - \left\{ \frac{1}{RC} \right\} dt$$

$$\int \frac{dv}{v} = \int - \left\{ \frac{1}{R \cdot C} \right\} dt \quad \text{integro en ambos lados}$$

$$\int \frac{dv}{v} = - \frac{1}{RC} \cdot \int dt \quad R \text{ y } C \text{ son constantes y salen de la integral}$$

$$\text{Log}(v/v_0) = - \frac{1}{RC} \cdot t \quad \text{integrando se tiene}$$

$$\text{Log}(v/v_0) = - t/RC \quad \text{aplico antilogaritmo para hallar } v$$

$$v/v_0 = e^{-t/RC} \quad \text{donde } v_0 \text{ es la condición inicial de } C \text{ antes de que actué } t+$$

$$v = v_0 \cdot e^{-t/RC} \quad \text{como } v=v_c$$

$$V_c(t) = V_0 \cdot e^{-t/RC} \quad \text{haciendo } 1/RC = T$$

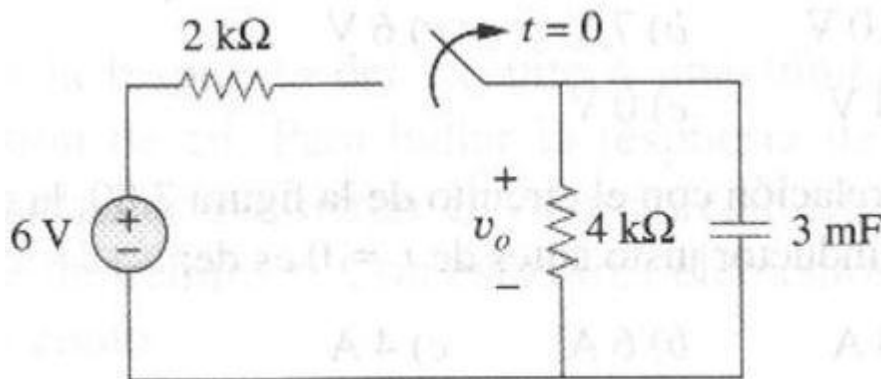
$V_c(t) = V_o * e^{-t/T}$ a T se le llama constante de relajación y es la rapidez con que se descarga el condensador.

$$v(t) = V_o e^{-t/\tau}$$

e es la expresión Euler y al ser elevado al menos su máximo valor es uno.

V_o se obtiene aplicando al circuito inicial el interruptor en t-

Ejemplo.



1. Se procede a verificar el tipo de circuito, para ello hallamos el t+

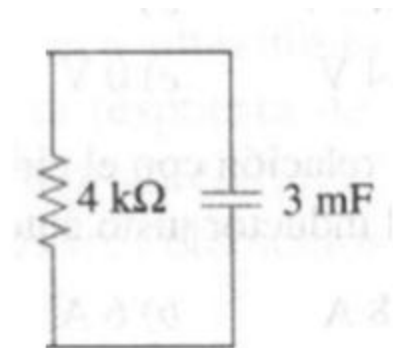
En t+ el circuito conmutado será

Como se observa el circuito solo tiene una resistencia y un condensador por lo cual no se hace necesario reducirlo y no presenta fuente, indicando que es un circuito RC sin fuente.

El voltaje en el condensador será

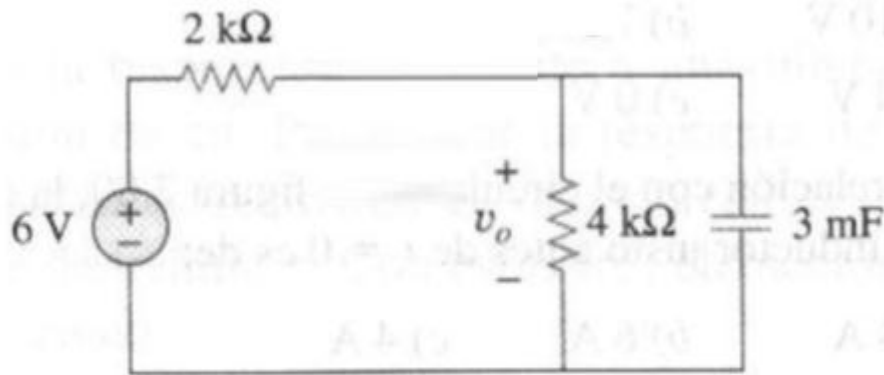
$$V_c(t) = V_o * e^{-t/T}$$

$$T = RC = 3\text{mF} * 4\text{k}\Omega = 12 \text{ S}$$

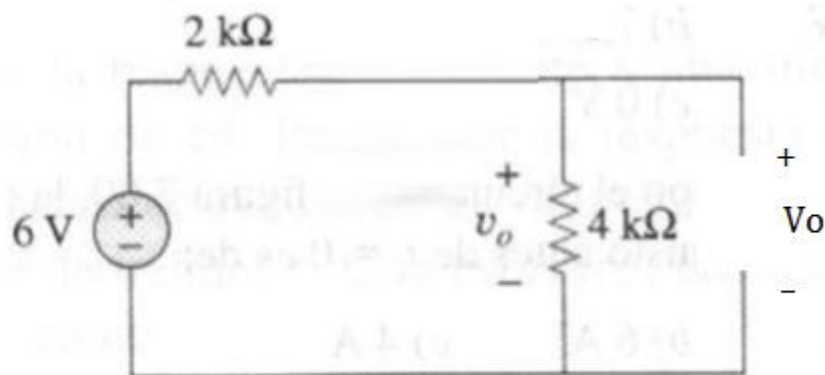


2. Procedo a obtener V_o

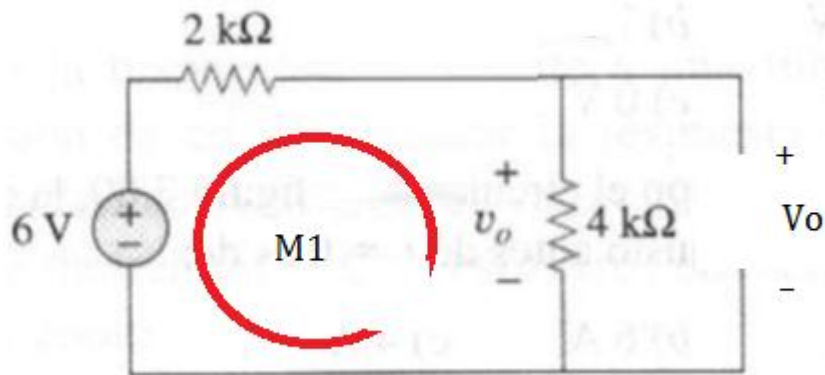
V_o se obtiene del circuito inicial con el interruptor en t^- .



En t^- el condensador se comporta como un circuito abierto debido a que se ha cargado



Aplico mallas



M1

$$-6 + 6i_1 = 0$$

$$i_1 = 1 \text{ mA}$$

Hallo v_o

$$V_o - 4i_1 = 0$$

$$V_o = 4i_1 = 4 \text{ k} \cdot 1 \text{ m}$$

$$V_o = 4 \text{ V}$$

3. Obtenidos los parámetros se tiene que

$$V_c(t) = V_o \cdot e^{-t/T} = 4 \cdot e^{-t/12} = 4 \cdot e^{-0,083t}$$

$$V_c(t) = 4 \cdot e^{-0,083t} \quad \text{si } t = 20 \text{ ms} = 0,02 \text{ s}$$

$$V_c(20 \text{ ms}) = 4 \cdot e^{-0,083 \cdot 0,02} = 4 \cdot e^{-0,0016}$$

$$V_c(20 \text{ ms}) = 4 \cdot 0,998 = 3,99 \text{ V}$$

Si $t = 10 \text{ s}$

$$V_c(t) = 4 \cdot e^{-0,083t} \quad \text{si } t = 10 \text{ s}$$

$$V_c(20 \text{ ms}) = 4 \cdot e^{-0,083 \cdot 10} = 4 \cdot e^{-0,83}$$

$$V_c(20 \text{ ms}) = 4 \cdot 0,43 = 1,74 \text{ V}$$

Si $t = 100 \text{ s}$

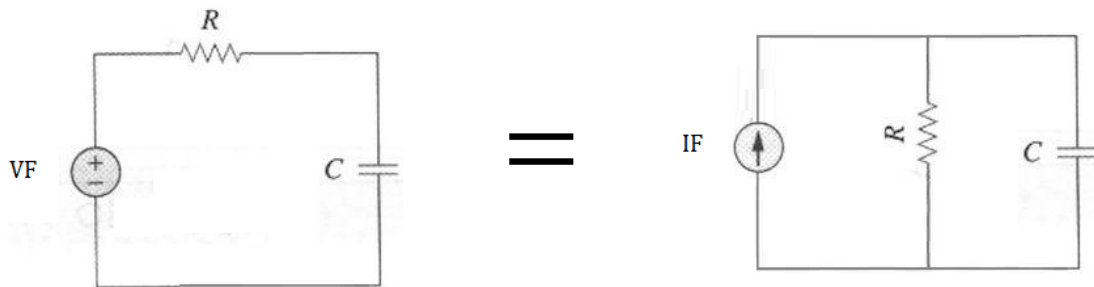
$$V_c(t) = 4 \cdot e^{-0,083t} \quad \text{si } t = 100 \text{ s}$$

$$V_c(20 \text{ ms}) = 4 \cdot e^{-0,083 \cdot 100} = 4 \cdot e^{-8,3}$$

$$V_c(20 \text{ ms}) = 4 \cdot 0,000248 = 0,00099 \text{ V casi descargado por completo}$$

RC CON FUENTE

Se considera un circuito RC con fuente, aquel en el cual habiendo aplicado $t+$ en el interruptor, resultan resistencias y fuentes en el extremo donde se encuentran los condensadores. Una vez determinado que el circuito es con fuente se deberá reducir a una sola resistencia, una fuente y un solo condensador, a lo cual llamaremos circuito RC con fuente:

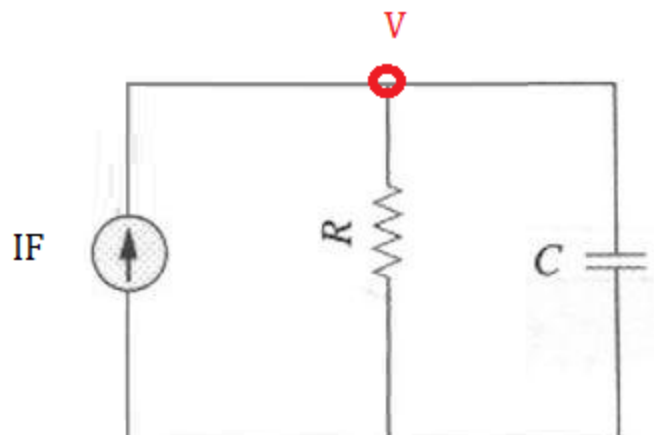


Para determinar el voltaje que almacena el condensador sin fuente aplicamos análisis nodal:

$$\begin{aligned}
 -I_F + V/R + C \cdot dv/dt &= 0 \\
 -I_F + V/R &= -C \cdot dv/dt \\
 1/R \cdot (V - I_F \cdot R) &= -C \cdot dv/dt \\
 1/RC &= -dv/dt / (V - I_F \cdot R) \\
 -1/RC \cdot dt &= dv / (V - I_F \cdot R) \\
 \text{Aplico integral en ambos lados} \\
 \int -1/RC \cdot dt &= \int dv / (V - I_F \cdot R) \\
 -1/RC \cdot \int dt &= \int dv / (V - I_F \cdot R) \\
 \text{Solucionando se tendrá}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 -1/RC \cdot t &= \text{Log}\{(V - I_F \cdot R) / (V_0 - I_F \cdot R)\} \\
 -t/RC &= \text{Log}\{(V - I_F \cdot R) / (V_0 - I_F \cdot R)\}
 \end{aligned}$$

Procedo aplicar antilogaritmo



$$e^{-t/RC} = \{(V - I_F R) / (V_0 - I_F R)\}$$

$$(V_0 - I_F R) * e^{-t/RC} = (V - I_F R)$$

$$I_F R + (V_0 - I_F R) * e^{-t/RC} = V$$

Como $V = V_C$

$$V_C(t) = I_F R + (V_0 - I_F R) * e^{-t/RC}$$

Com $T = RC$

$$V_C(t) = I_F R + (V_0 - I_F R) * e^{-t/T}$$

e es la expresión Euler y al ser elevado al menos su máximo valor es uno.

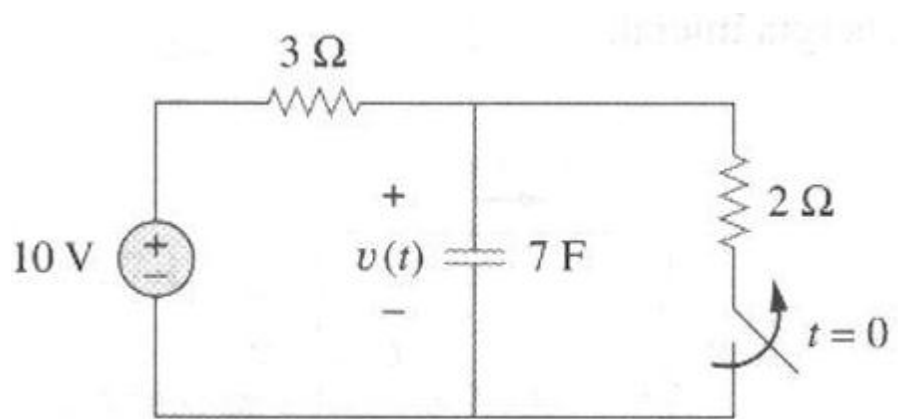
V_0 se obtiene aplicando al circuito inicial el interruptor en t^-

También puede utilizar la expresión en términos de V_s

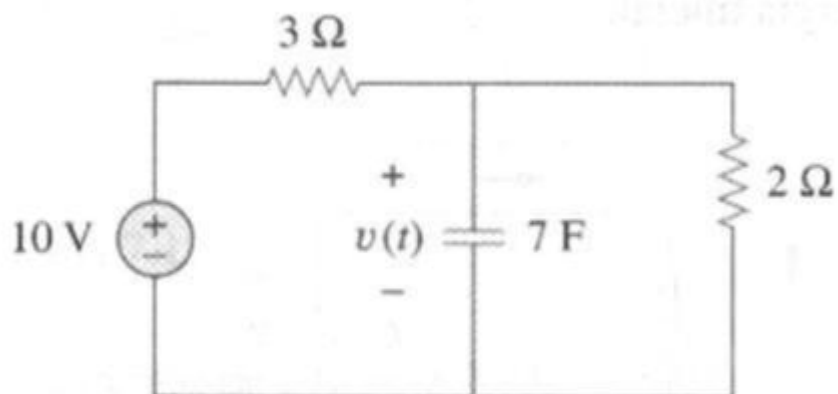
$$v(t) = V_s + (V_0 - V_s) e^{-t/\tau}$$

V_s es el voltaje final resultante en t^+

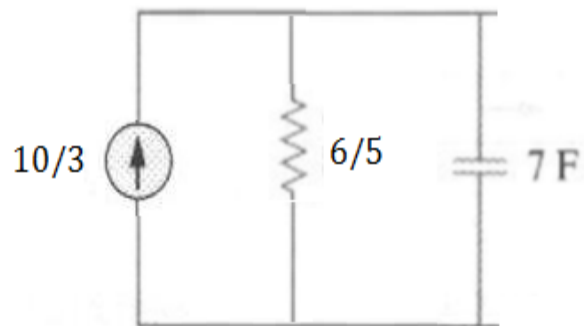
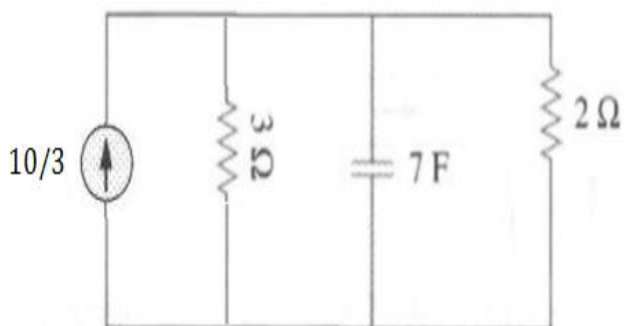
Ejemplo 2. Obtener $V_C(20\text{ms})$

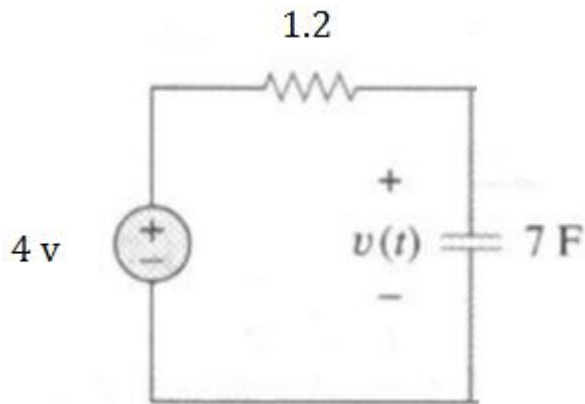


1. Aplico t+ para conocer el tipo de circuito



Aplicando transformación de fuentes





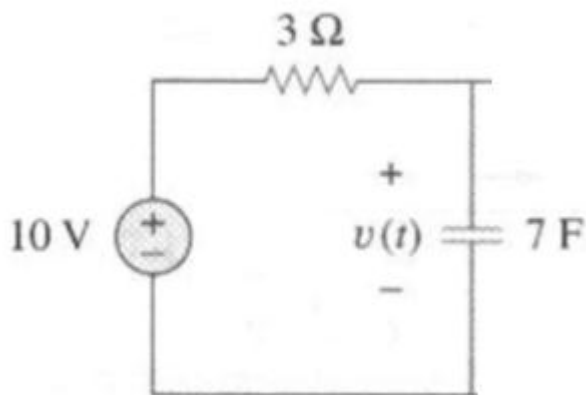
Reducido el circuito se observa que presenta fuente, lo que indica que es un circuito RC con fuente y debo utilizar la ecuación que identifica este tipo de circuitos

$$v(t) = V_s + (V_0 - V_s)e^{-t/\tau}$$

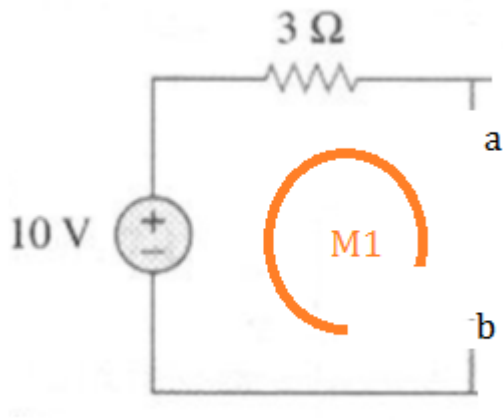
$$V_s = 4 \text{ V}, T = 1.2 \cdot 7 = 8.4 \text{ s}$$

Procedo a obtener V_0

V_0 se obtiene del circuito inicial con el interruptor en t^- .



En t^- el condensador se comporta como un circuito abierto debido a que se ha cargado



M1

$$-10 + 3i_1 + V_{ab} = 0$$

Como $i_1=0$

$$V_{ab} = 10 \text{ v}$$

1. Obtenidos los parámetros se tiene que

$$V_c(t) = V_s + (V_o - V_s) \cdot e^{-t/T}$$

$$V_c(t) = 4 + (10 - 4) \cdot e^{-t/8,4}$$

$$V_c(t) = 4 + 6 \cdot e^{-t/8,4}$$

$$\text{Si } t = 20\text{ms} = 20/1000 = 0,02 \text{ s}$$

$$V_c(20\text{ms}) = 4 + 6 \cdot e^{-0,02/8,4}$$

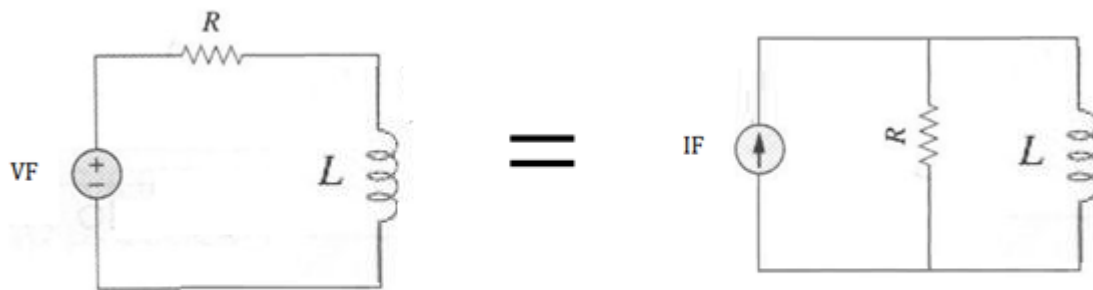
$$V_c(20\text{ms}) = 4 + 6 \cdot e^{-0,0023}$$

$$V_c(t) = 4 + 6 \cdot 0,997$$

$$V_c(t) = 10 \text{ v}$$

RL CON FUENTE

Se considera un circuito RL con fuente, aquel en el cual habiendo aplicado $t+$ en el interruptor, resultan resistencias y fuentes en el extremo donde se encuentran las bobinas. Una vez determinado que el circuito es con fuente se deberá reducir a una sola resistencia, una fuente y un solo condensador, a lo cual llamaremos circuito RL con fuente:



Aplicando la LKV al circuito en serie se tendrá

$$-V_F + i \cdot R + L \frac{di}{dt} = 0$$

Aplicando el mismo procedimiento que se hizo en RC con fuente se tendrá:

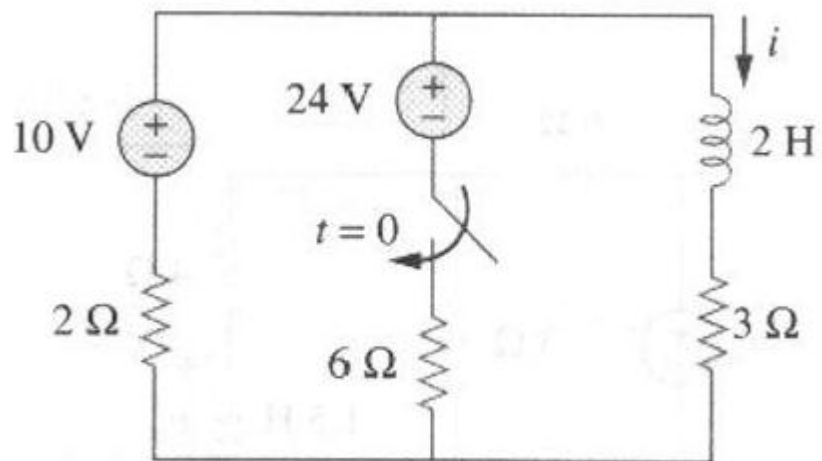
$$I(t) = I_F + (I_0 - I_F) \cdot e^{-t/T}$$

Donde $T = L/R$

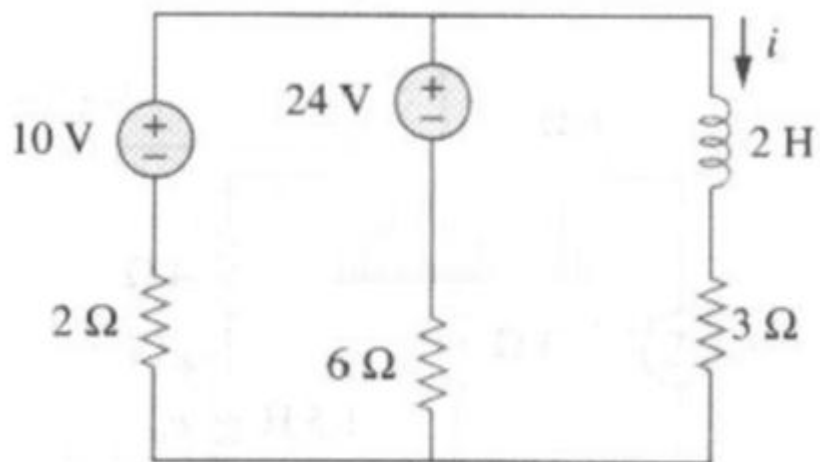
e es la expresión Euler y al ser elevado al menos su máximo valor es uno.

lo se obtiene aplicando al circuito inicial el interruptor en $t-$

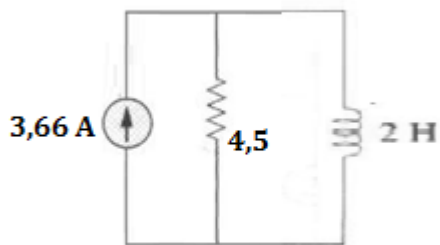
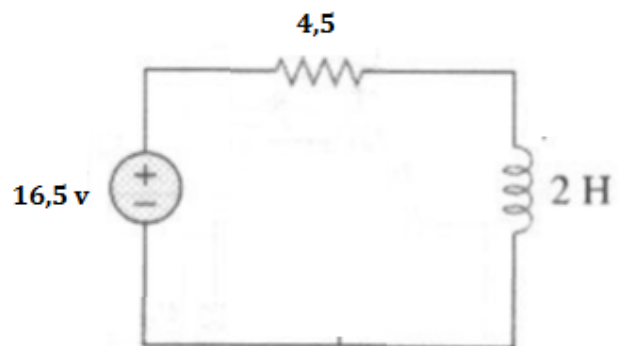
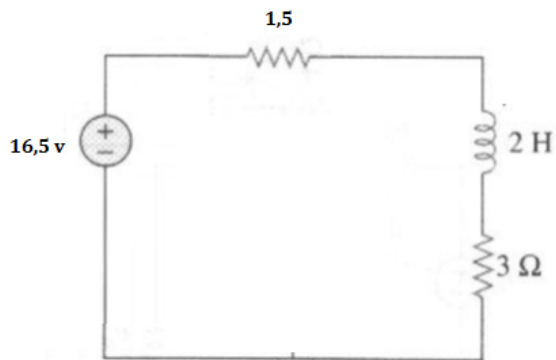
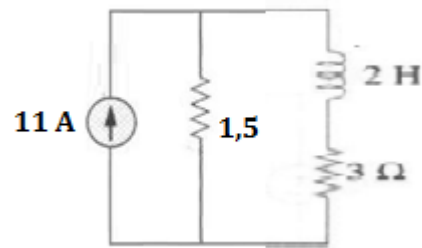
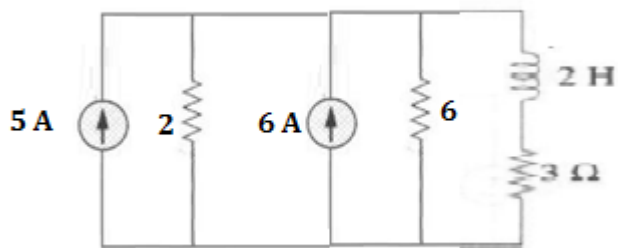
Ejemplo obtener $I_L(10\text{ms})$



$t > 0$



Reduzco el circuito



Como se observa es un circuito RL con fuente

La ecuación requerida será.

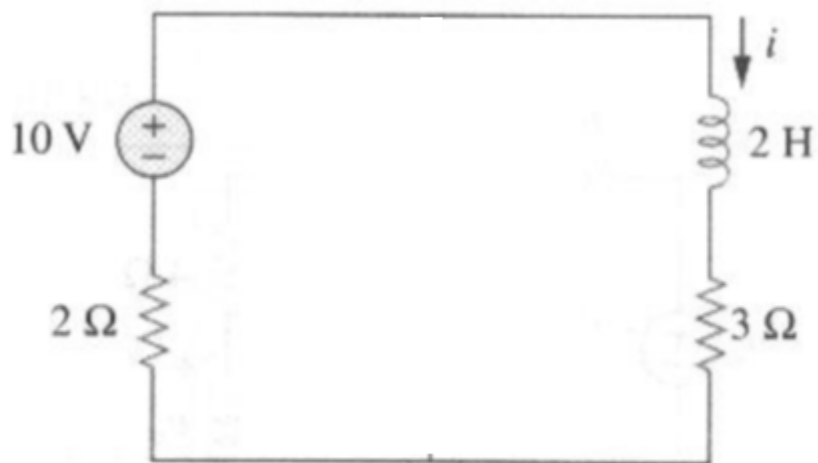
$$I(t) = I_F + (I_0 - I_F) e^{-t/T}$$

$$I_F = 3,66 \text{ A}$$

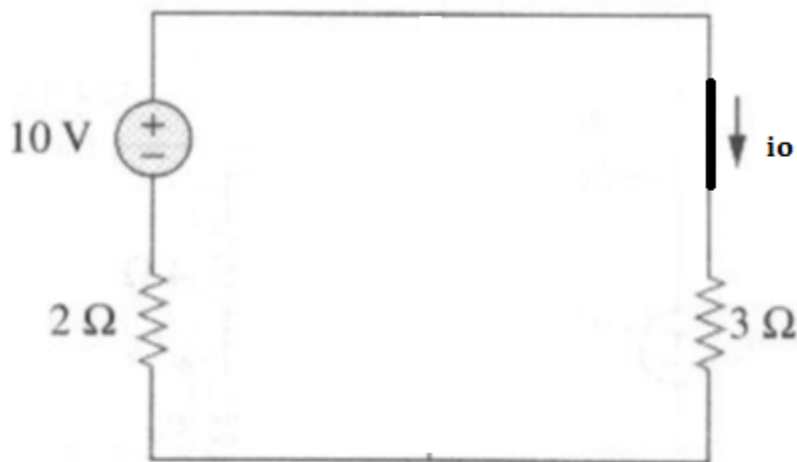
$$T = L/R = 2/4,5 = 0,44$$

I_0 se obtiene de $t=0$

I_0 se obtiene del circuito inicial con el interruptor en $t=0$.



En $t=0^-$ la bobina se comporta como un corto circuito debido a que se ha cargado



Aplicando LKV

$$-10 + 5i = 0$$

$$I = I_0 = 10/5 = 2 \text{ A}$$

$$I(t) = I_F + (I_0 - I_F) \cdot e^{-t/T}$$

$$I(t) = 3,66 + (2 - 3,66) \cdot e^{-t/0,44}$$

$$I(t) = 3,66 - 1,66 \cdot e^{-t/0,44}$$

Si $t=10\text{ms}$

$$I(10\text{ms}) = 3,66 - 1,66 \cdot e^{-0,01/0,44}$$

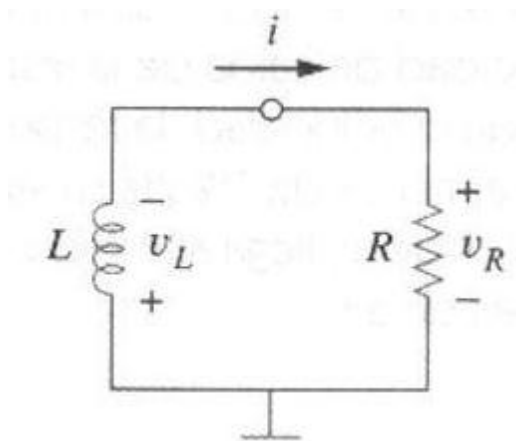
$$I(10\text{ms}) = 3,66 - 1,66 \cdot e^{-0.022}$$

$$I(10\text{ms}) = 3,66 - 1,66 \cdot 0,9782$$

$$I(10\text{ms}) = 2,03 \text{ A}$$

CIRCUITOS RL SIN FUENTE

Se considera un circuito RL sin fuente, aquel en el cual habiendo aplicado t_+ en el interruptor, solo resultan resistencias en el extremo donde se encuentran las resistencias. Una vez determinado que el circuito es sin fuente se deberá reducir a una sola resistencia y una sola bobina, a lo cual llamaremos circuito RL sin fuente:



Aplicando la LKV al circuito en serie se tendrá

$$i \cdot R + L \frac{di}{dt} = 0$$

Aplicando el mismo procedimiento que se hizo en RC con fuente se tendrá:

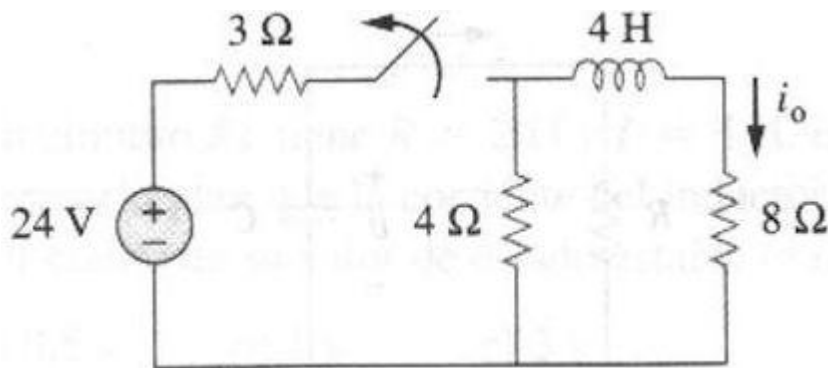
$$I(t) = I_0 \cdot e^{-t/T}$$

Donde $T = L/R$

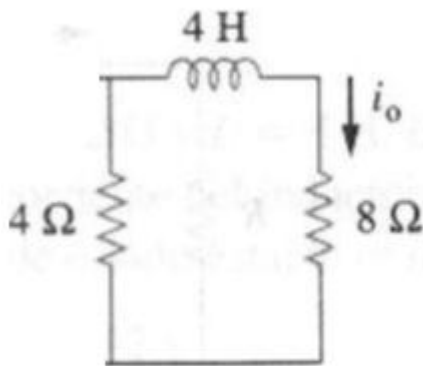
e es la expresión Euler y al ser elevado al menos su máximo valor es uno.

I_0 se obtiene aplicando al circuito inicial el interruptor en t_-

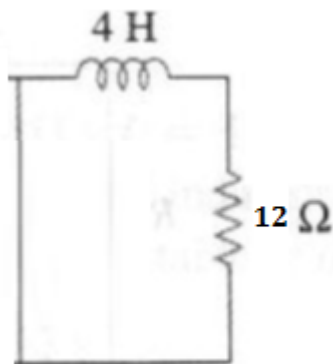
Ejemplo obtener $i_L(50\text{ms})$



t^+



Reduciendo se tendrá



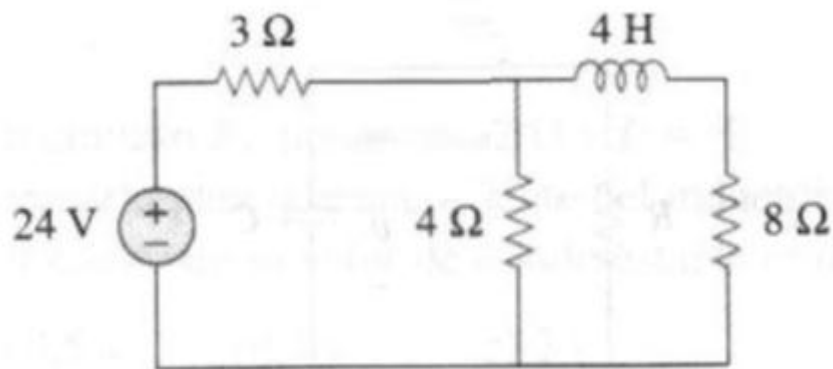
Como se observa es un circuito RL sin fuente y su ecuación es

$$i(t) = i_o \cdot e^{-t/T}$$

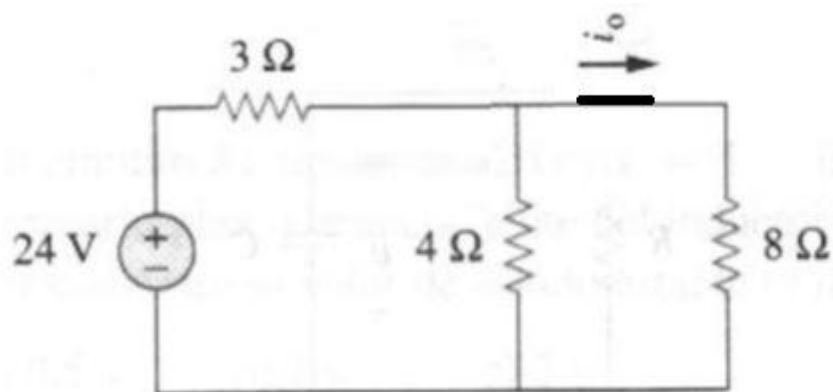
$$T = L/R = 4/12 = 0,33$$

i_o se obtiene de t^-

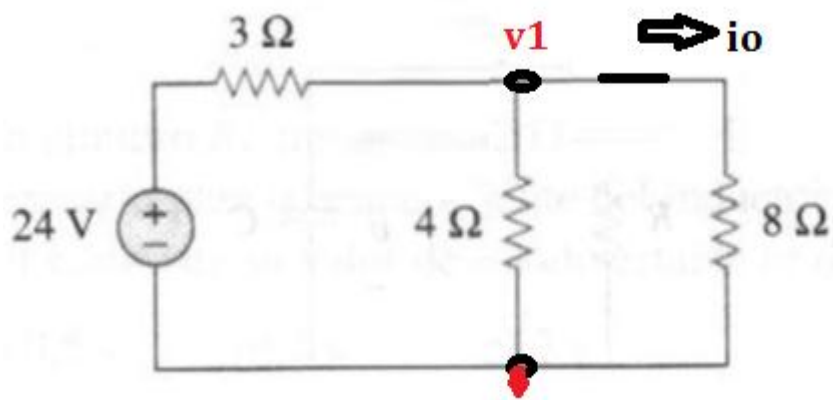
t-



En t^- la bobina se comporta como un corto y se tendrá



Solucionando por nodos



$$(V_1 - 24)/3 + v_1/4 + v_1/8 = 0 \quad \text{mult } *24$$

$$8(V_1 - 24) + 6v_1 + 3v_1 = 0$$

$$(8V_1 - 192) + 6v_1 + 3v_1 = 0$$

$$12V_1 - 192 + 9v_1 = 0$$

$$12V_1 = 192$$

$$V_1 = 16 \text{ V}$$

$$i_o = v_1/8 = 2 \text{ A}$$

$$I(t) = I_o \cdot e^{-t/T}$$

$$T = L/R = 4/12 = 0,33$$

$$I(t) = 2 \cdot e^{-t/0,33}$$

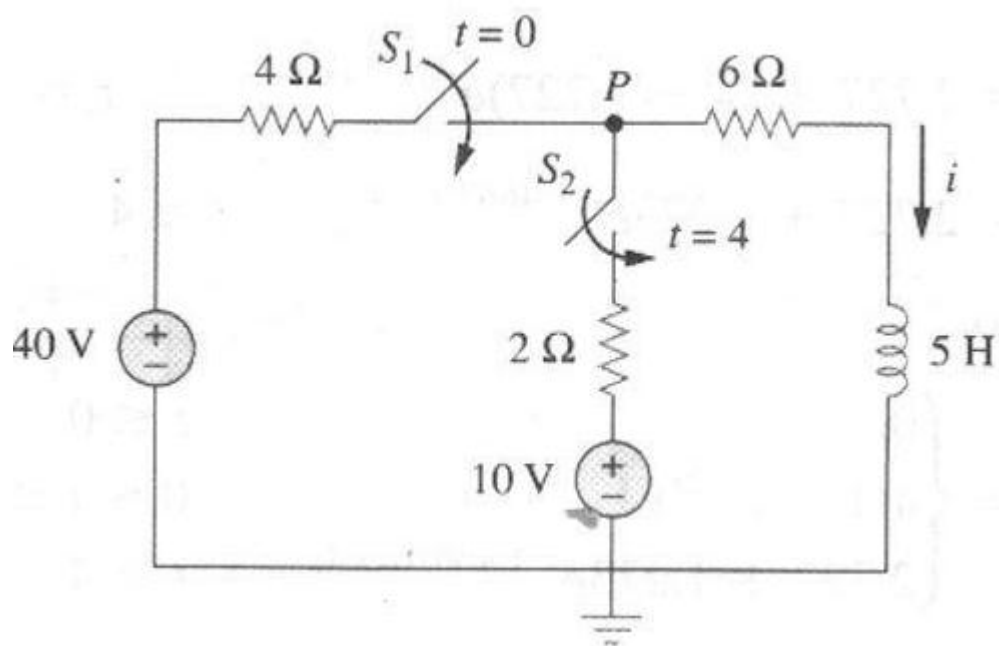
$$\text{Si } t = 50 \text{ ms} = 0,05 \text{ s}$$

$$I(t) = 2 \cdot e^{-0,15}$$

$$I(t) = 2 \cdot 0,86$$

$$I(t) = 1,72 \text{ A}$$

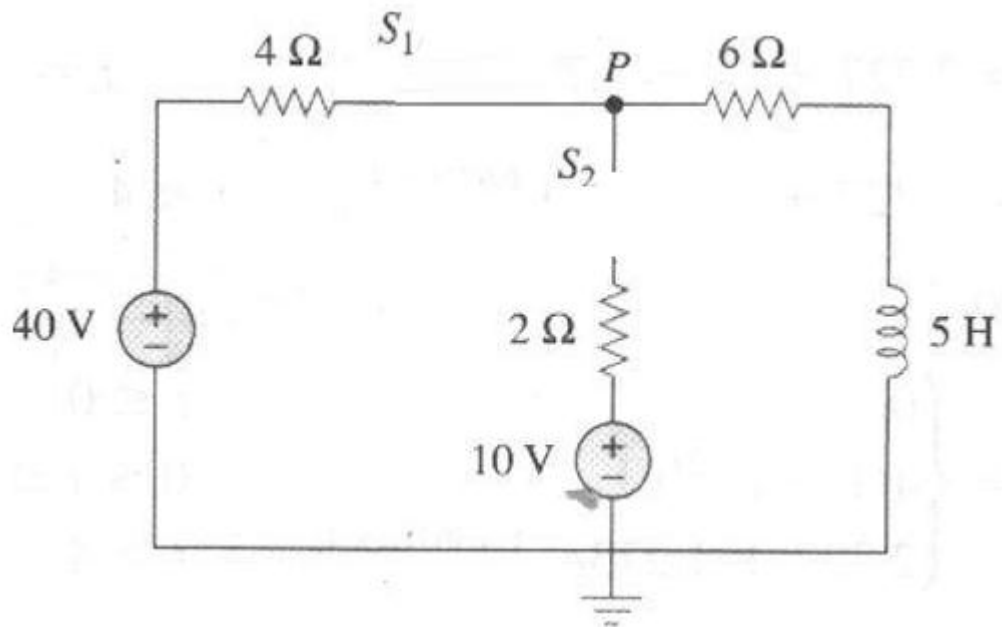
Ejemplo con dos interruptores



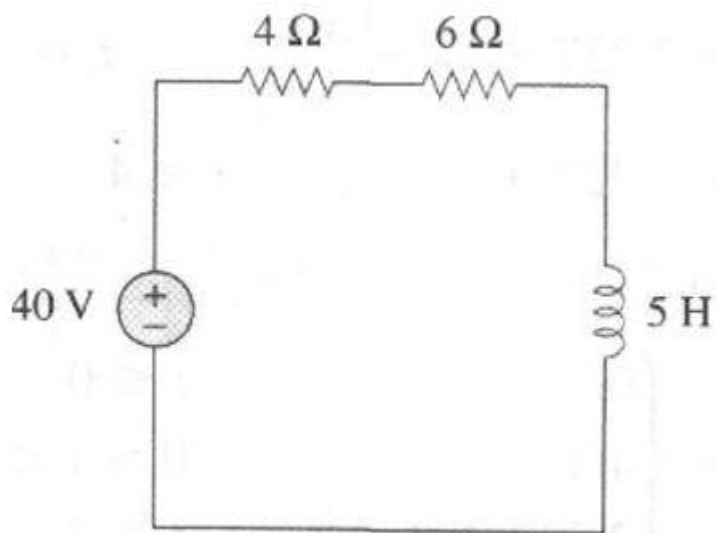
Al haber dos interruptores, se tendrán dos t^+ y dos t^- , uno para cada interruptor, se inicia con el primer tiempo $t=0$

Para el interruptor S_1 se tendrá

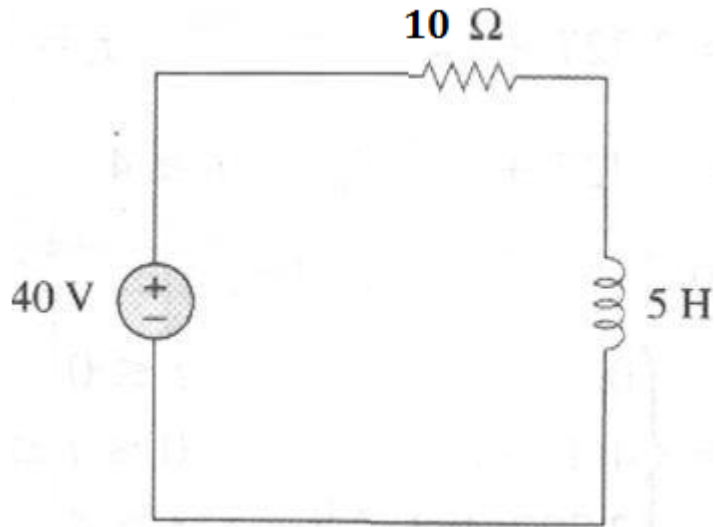
T^+ para $0 < t < 4$



Como se observa S_1 actúa y se convierte en corto y S_2 no actúa y mantiene abierto



Reduciendo



Como se observa es un circuito RL con fuente, para lo cual utilizo la expresión para dicho circuito

$$I(t) = I_F + (I_0 - I_F) e^{-t/T}$$

$$T = L/R = 5/10 = 0.2 \text{ s}$$

$$I_F = 40/10 = 4 \text{ A}$$

lo se calcula del t- para S1

t- t < 0

como se observa, la bobina no tiene ninguna fuente que la alimente, indicando que su corriente es cero

$$I_0 = 0$$

$$I(t) = I_F + (I_0 - I_F) e^{-t/T}$$

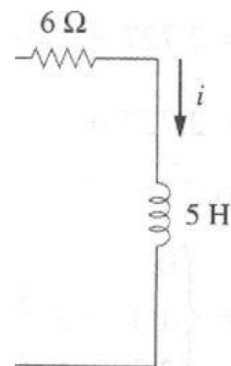
$$T = L/R = 5/10 = 0.2 \text{ s}$$

$$I_F = 40/10 = 4 \text{ A}$$

$$I(t) = I_F + (I_0 - I_F) e^{-t/T}$$

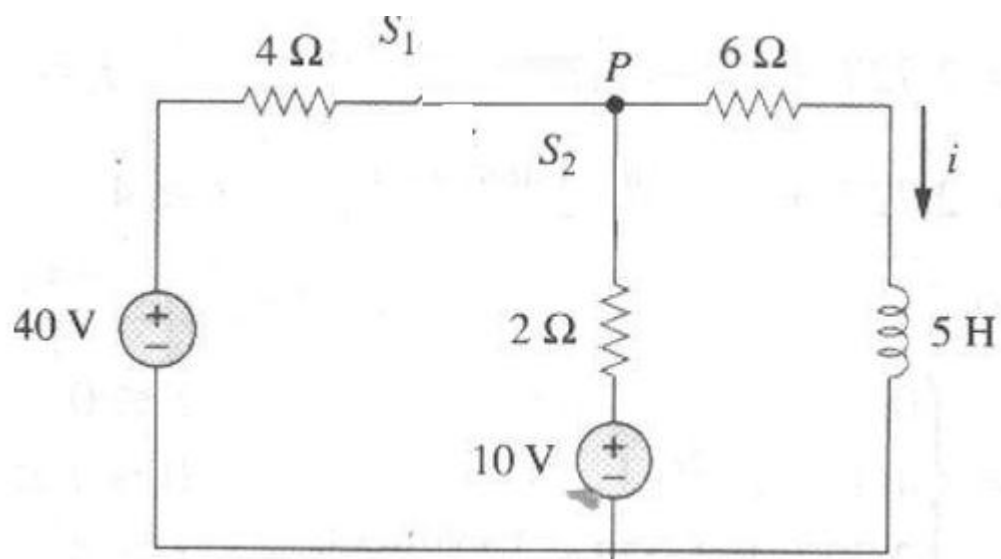
$$I(t) = 4 + (0 - 4) e^{-t/0.2}$$

$$I(t) = 4 - 4 e^{-t/0.2}$$

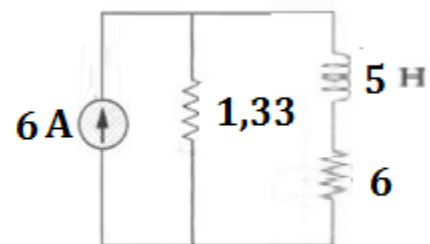
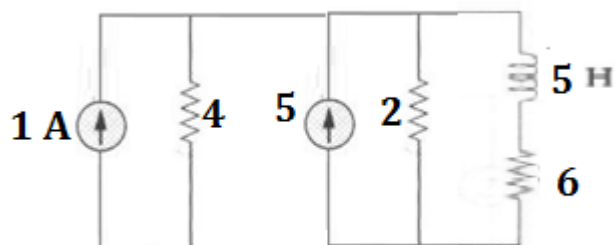


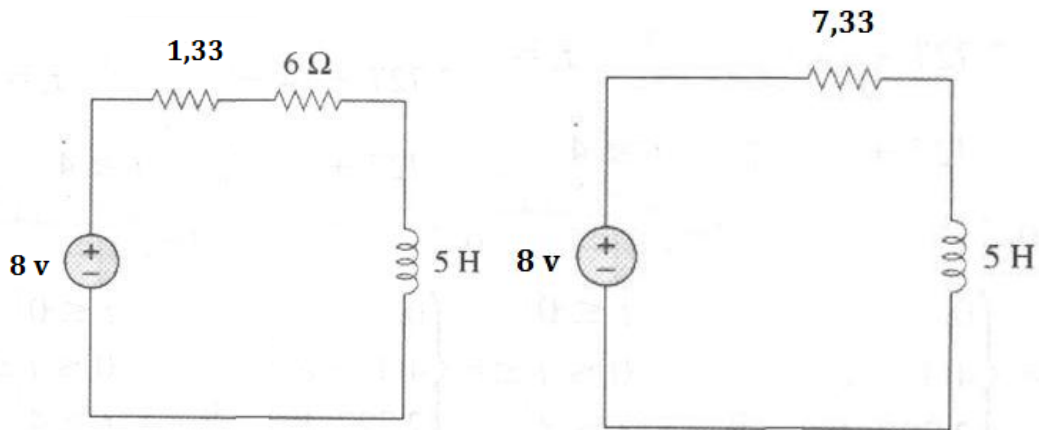
Para el interruptor S_2 se tendrá

$t > 4$



Reduciendo





Como se observa, se tiene un circuito RL con fuente, la ecuación será

$$I(t) = I_F + (I_0 - I_F) e^{-t/T}$$

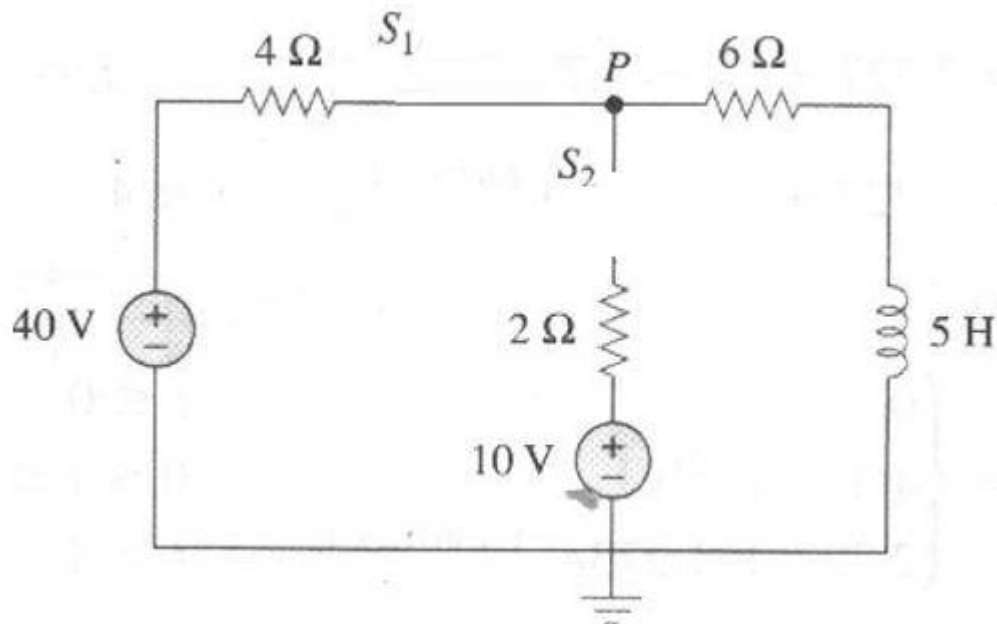
$$T = L/R = 5/7.33 = 0.68 \text{ s}$$

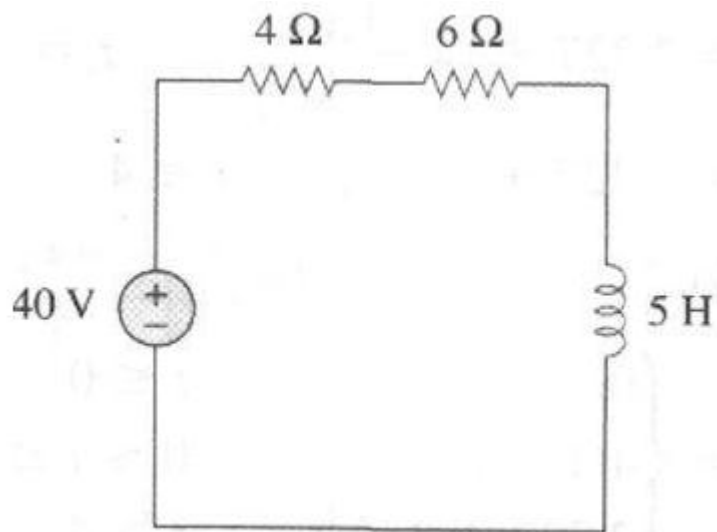
$$I_F = 8/7.33 = 1.09 \text{ A}$$

lo se calcula del t- para S1

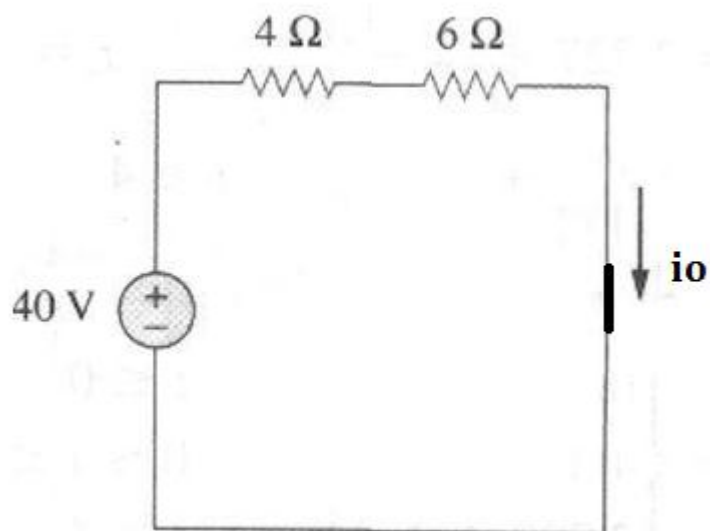
T- para S2

T- $0 < t < 4$





En $t=0^-$ la bobina se comporta como un corto



Aplicando LKV

$$i_o = 40 / 10 = 4\text{ A}$$

$$i(t) = I_F + (i_o - I_F) e^{-t/T}$$

$$T = L/R = 5 / 7,33 = 0,68\text{ s}$$

$$I_F = 8 / 7,33 = 1,09\text{ A}$$

$$I(t) = 1,09 + (4 - 1,09) \cdot e^{-t/0,68}$$

$$I(t) = 1,09 + 3,09 \cdot e^{-t/0,68}$$

Si han pasado 50 ms

$$t = 50 \text{ ms} = 0,05 \text{ s}$$

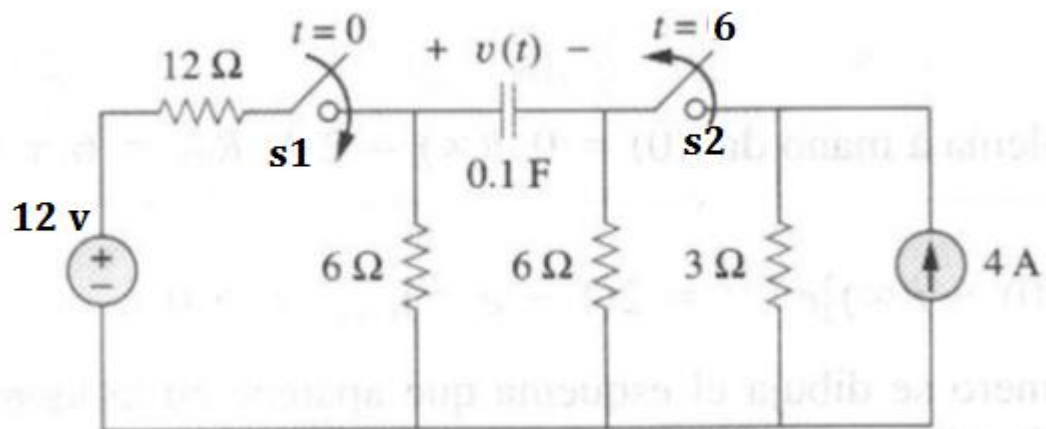
$$I(50 \text{ ms}) = 1,09 + 3,09 \cdot e^{-0,05/0,68}$$

$$I(50 \text{ ms}) = 1,09 + 3,09 \cdot e^{-0,073}$$

$$(50 \text{ ms}) = 1,09 + 3,09 \cdot 0,929$$

$$I(50 \text{ ms}) = 3,96 \text{ A}$$

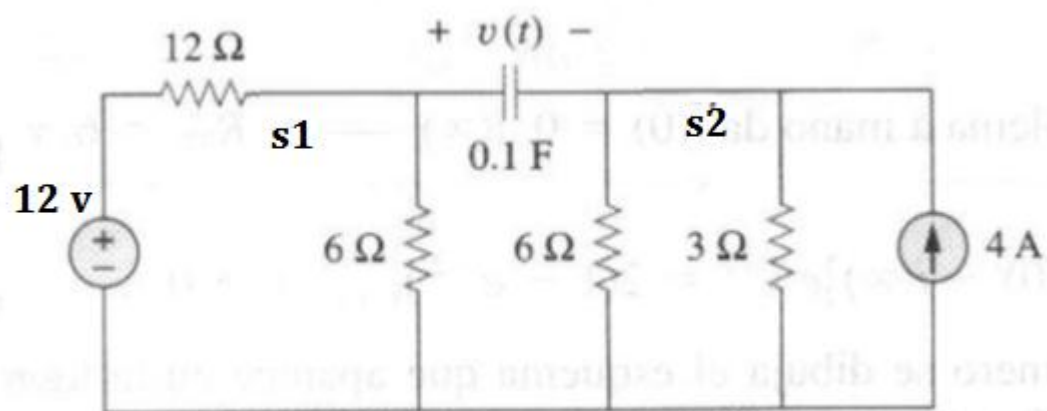
Ejemplo



Al haber dos interruptores, se tendrán dos t^+ y dos t^- , uno para cada interruptor, se inicia con el primer tiempo $t=0$

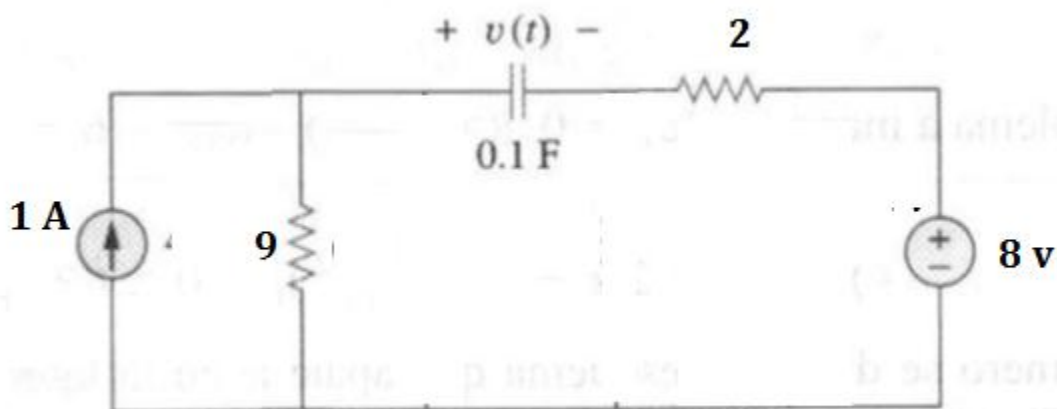
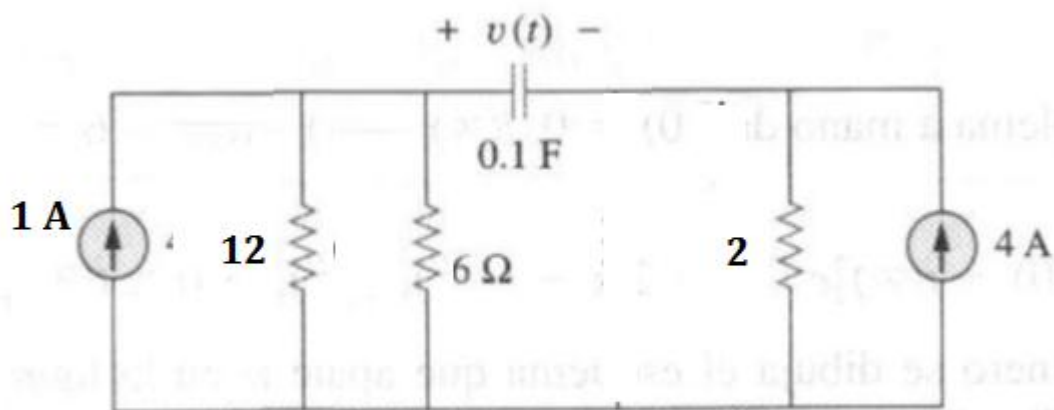
Para el interruptor S1 se tendrá

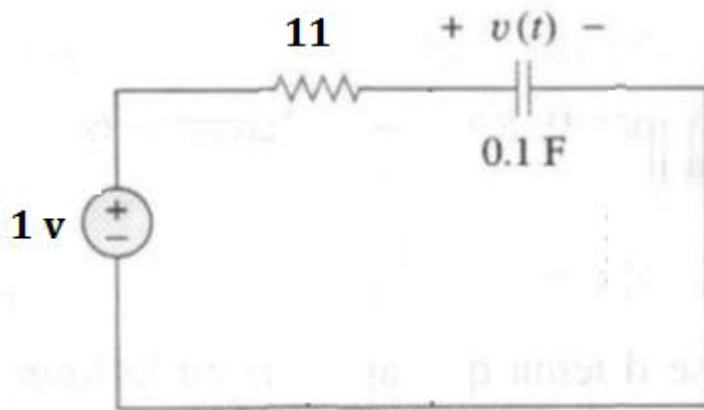
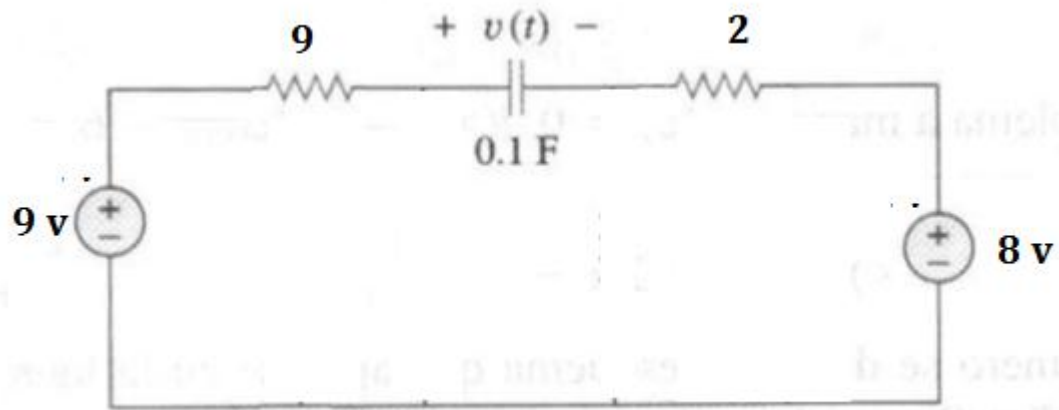
T+ para $0 < t < 6$



Como se observa al activar s1 cierra el circuito y s2 al no estar activo se encuentra cerrado

Reduciendo





Como se observa es un circuito RL con fuente, la ecuación a utilizar será

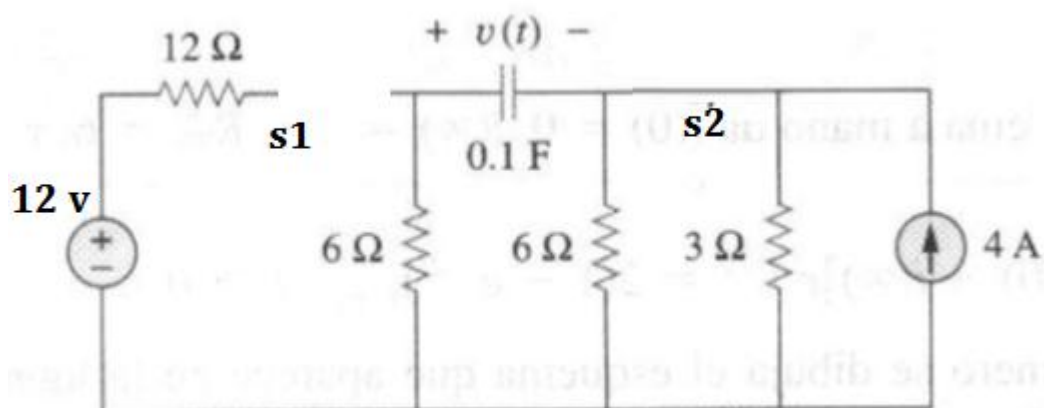
$$V_c(t) = V_s + (V_o - V_s) \cdot e^{-t/T}$$

$$V_s = 1$$

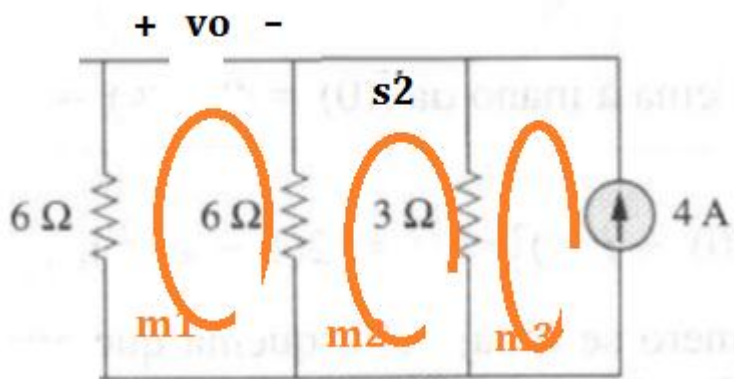
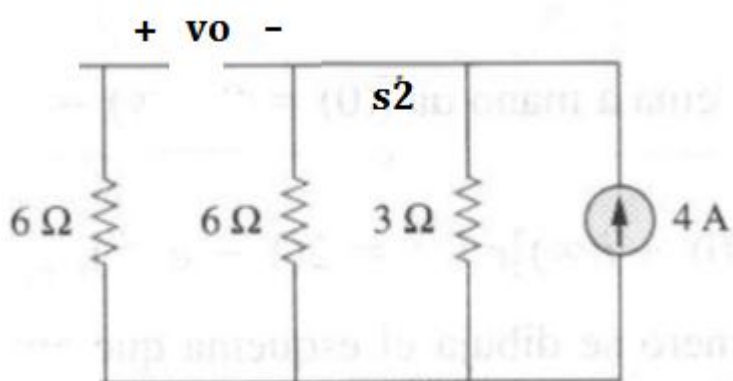
$$T = RC = 11 \cdot 0,1 = 1,1 \text{ s}$$

V_o se obtiene de $t = 0$ en s_1

$t < 0$ para S_1



En $t = 0$ el condensador se comporta como un circuito abierto



$m_1 \ i_1 = 0$

$$12i_1 - 6i_2 + v_0 = 0$$

$$V_0 = 6i_2$$

De M2

$$9i_2 - 3i_3 = 0$$

$$M3 \quad i_3 = -4$$

$$9i_2 - 3(-4) = 0$$

$$I_2 = -1,33 \text{ A}$$

$$V_0 = 6i_2 = -8 \text{ V}$$

$$V_0 = -8 \text{ V}$$

$$V_c(t) = V_s + (V_0 - V_s) \cdot e^{-t/T}$$

$$V_s = 1$$

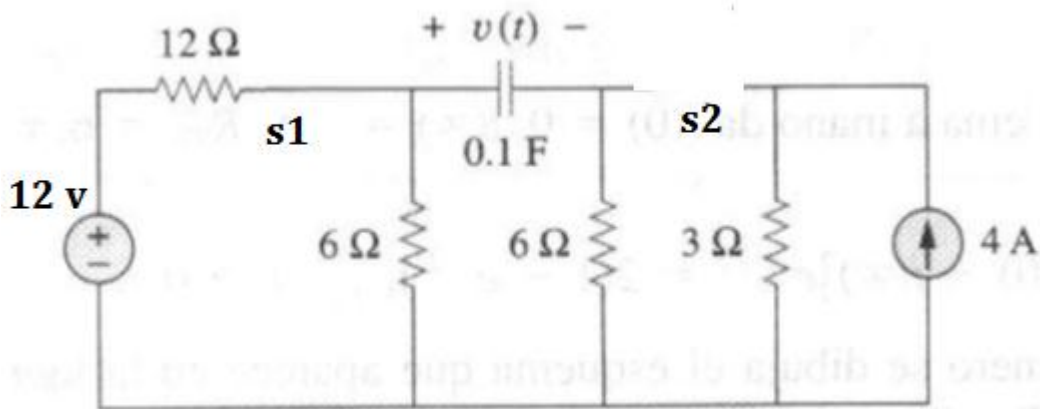
$$T = RC = 11 \cdot 0,1 = 1,1 \text{ s}$$

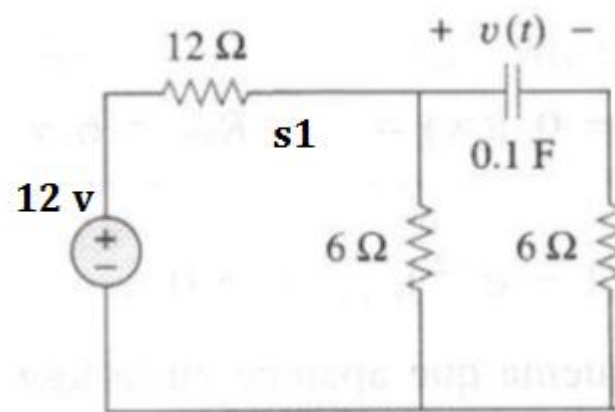
$$V_c(t) = 1 + (-8 - 1) \cdot e^{-t/1,1}$$

$$V_c(t) = 1 - 9 \cdot e^{-t/1,1}$$

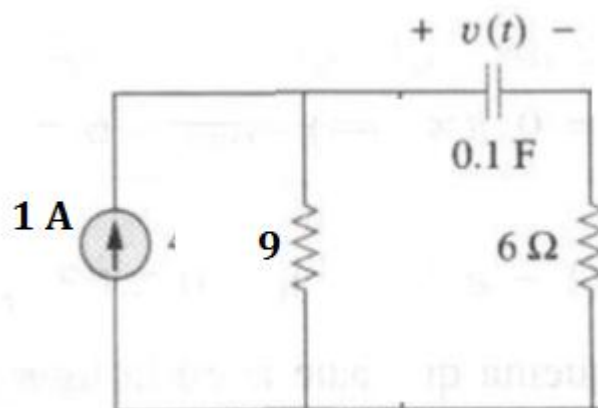
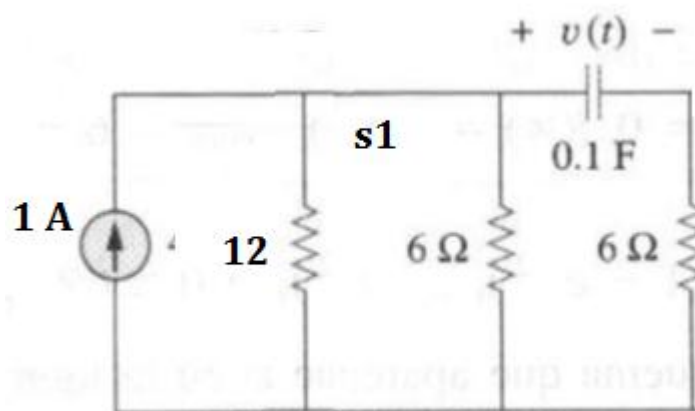
S2

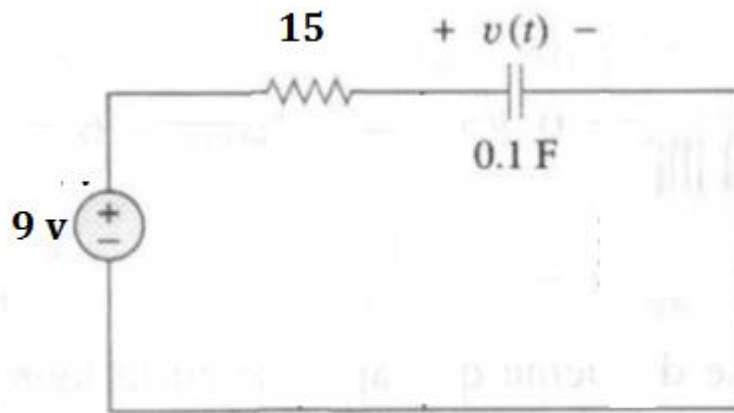
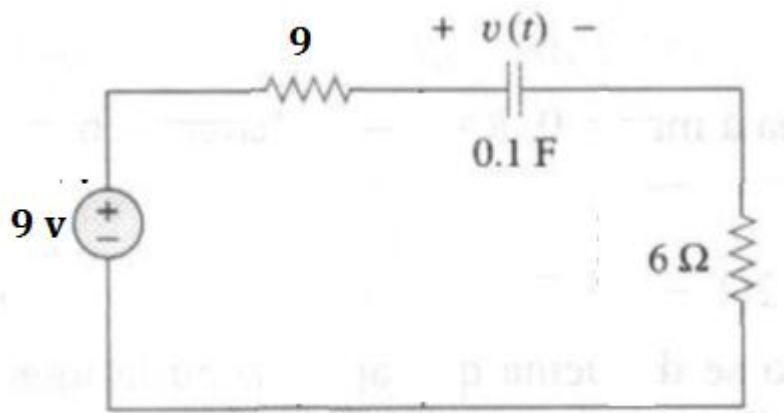
T+ si $t > 6$





Reduciendo





Observando se encuentra un circuito RL con fuente, su ecuación será

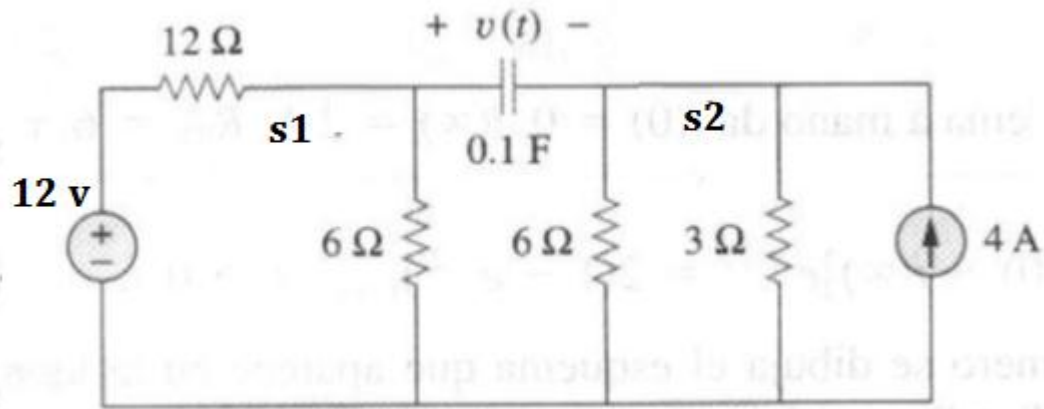
$$V_c(t) = V_s + (V_o - V_s) \cdot e^{-t/T}$$

$$V_s = 9$$

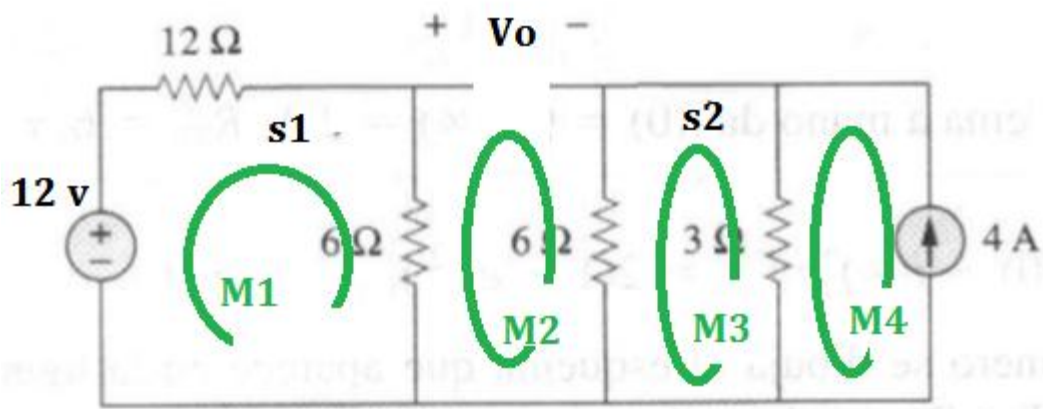
$$T = RC = 15 \cdot 0,1 = 1,5 \text{ s}$$

V_o se obtiene de del t- de S2

$$0 < t < 6$$



En $t=0$ el condensador se comporta como un circuito abierto



$$-6I_1 - 6I_3 + 12I_2 + V_o = 0 \quad \text{como } i_2 = 0$$

$$V_o = 6I_1 + 6I_3$$

De M1

$$-12 + 18I_1 = 0$$

$$I_1 = 0,66 \text{ A}$$

De m3 $i_3 = -4$

$$V_o = 6I_1 + 6I_3$$

$$V_o = 6 \cdot 0,66 + 6 \cdot (-4)$$

$$V_o = -20 \text{ V}$$

$$V_c(t) = V_s + (V_o - V_s) \cdot e^{-t/T}$$

$$V_s = 9$$

$$T = RC = 15 \cdot 0,1 = 1,5 \text{ s}$$

$$V_c(t) = 9 + (-20 - 9) \cdot e^{-t/1,5}$$

$$V_c(t) = 9 - 29 \cdot e^{-t/1,5}$$

Si han pasado 100 ms calcula V_c

$$T = 100 \text{ ms} = 0,1 \text{ s}$$

$$V_C(t) = 9 - 29 \cdot e^{-0,1/1,5}$$

$$V_C(t) = 9 - 29 \cdot e^{-0,066}$$

$$V_C(t) = 9 - 29 \cdot 0,936$$

$$V_C(t) = 9 - 29 \cdot 0,936$$

$$V_C(t) = -18,14 \text{ v}$$

