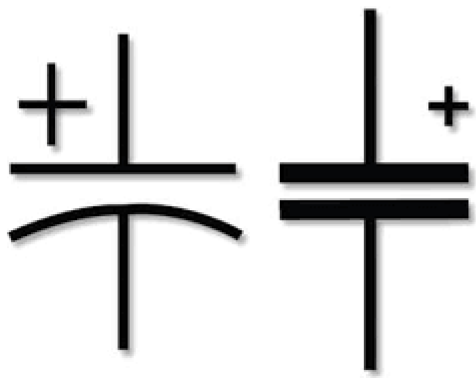
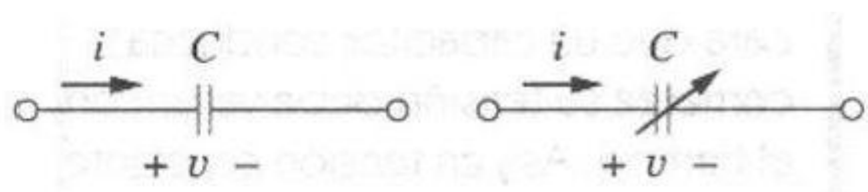
EL CAPACITOR O CONDENSADOR

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 XC, que depende de la capacidad del condensador y de la frecuencia de la corriente.

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

Si Vi(t), es la fuente de alimentación en ac, y 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

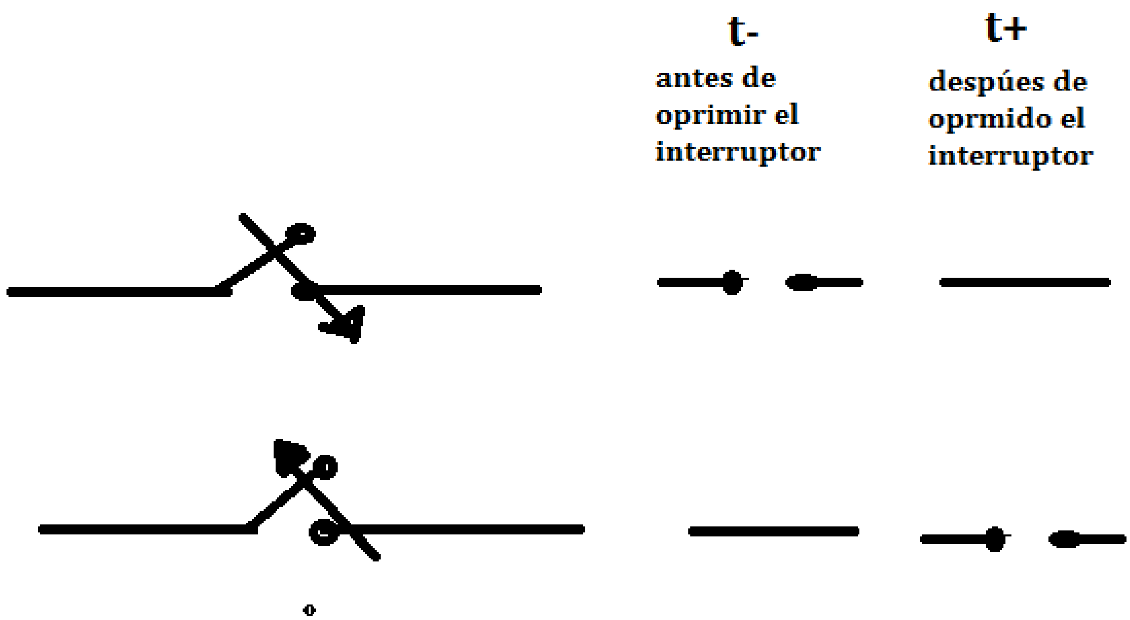
Resistencias y C.A.

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.

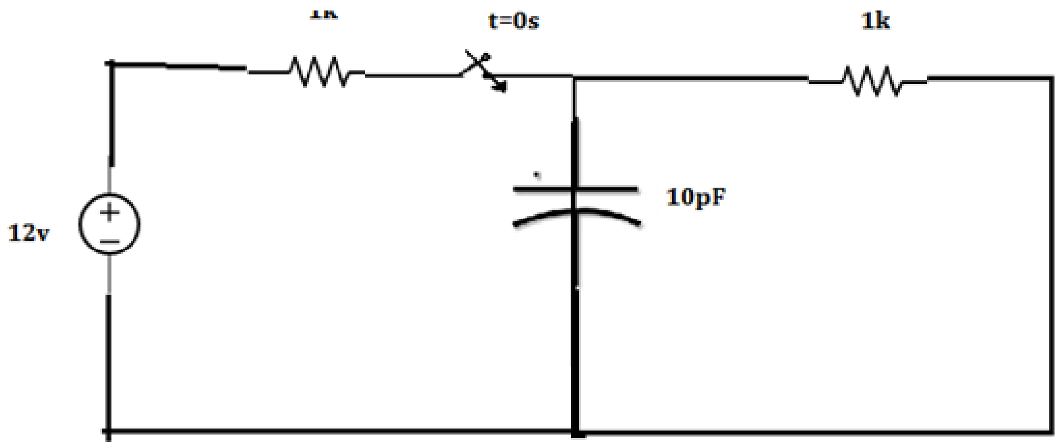


Un interruptor en un circuito hace que el capacitor tenga dos estados, un antes que se simbolizara con “t-“, y un después de actuar el interruptor “t+”.

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

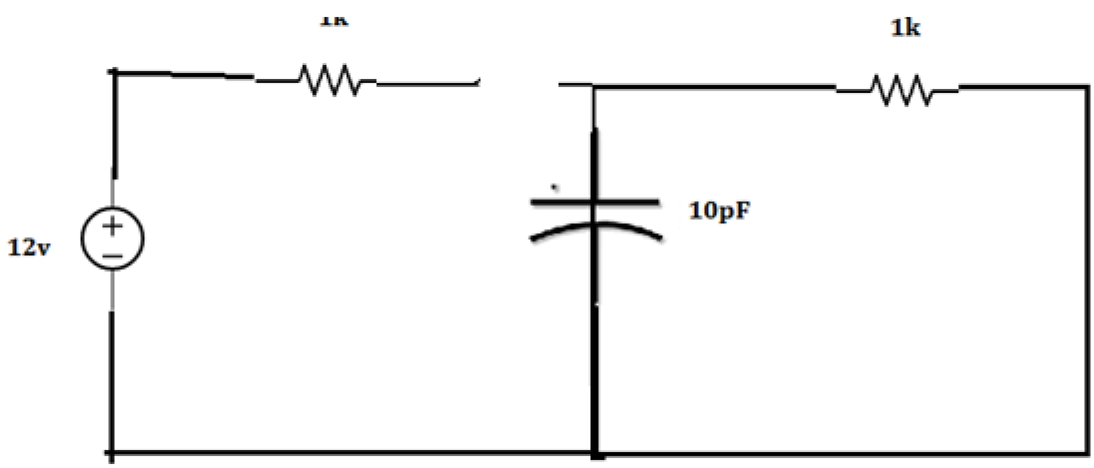
Para el segundo interruptor se encuentra inicialmente cerrado “t-“ y la flecha lo obliga en “t+” a que se abra.

Ejemplo



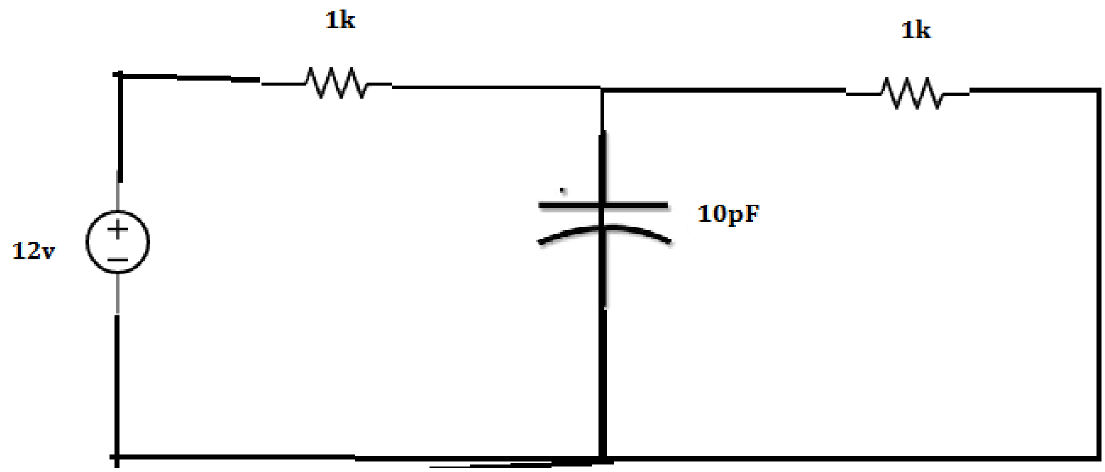
El anterior es el circuito con resistencias, condensador y fuente, llamado circuito RC, al utilizar el interruptor se tendrá un antes y un después del actuar del interruptor

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*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*v)/dt al ser c una constate, se saca de la derivada
Ic(t) = C*dv/dt

Un término nuevo, ya que solo hemos visto que i = V/R, esa fórmula es solo para elementos resistivos.

La potencia generada por el condensador será

Pc = v*i = v* C*dv/dt = C*v*dv/dt

La energía almacenada será
W = ∫P*dt = ∫ {C*v*dv/dt} * dt los dt se van
W =∫ C*v*dv= C*∫v*dv
W = $C*V^2/2$

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 XL, que depende de la inductancia de la bobina y de la frecuencia de la corriente.

$XL = 2 \pi f L = w L$

Donde XL se expresa en ohm

Si Vi es una fuente de alimentación en ac, y es mayor que cero, la bobina se comienza a cargar, almacenando corriente eléctrica, cuando no hay presencia de una fuente de voltaje, se comienza a descarga o entrega su corriente al circuito.

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

$VL(t) = L*di/dt$
La corriente será.
$VL(t)/L = di/dt$
$\{VL(t)/L\}*dt = di$ integrando en ambos extremos se tendrá
$iL(t) = 1/L *\int V(t)*dt$
la potencia en la bobina será

$PL(t) = v*i = L*di/dt * i$

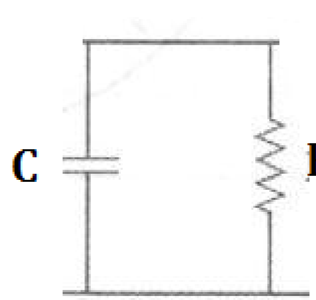
La energía almacenada sera

$W = \int P*dt = \int \{L*di/dt * i\} *dt$ dt se elimina
$W = \int \{L*di * i\} = L*\int di * i$

$W = L*i^2 / 2$

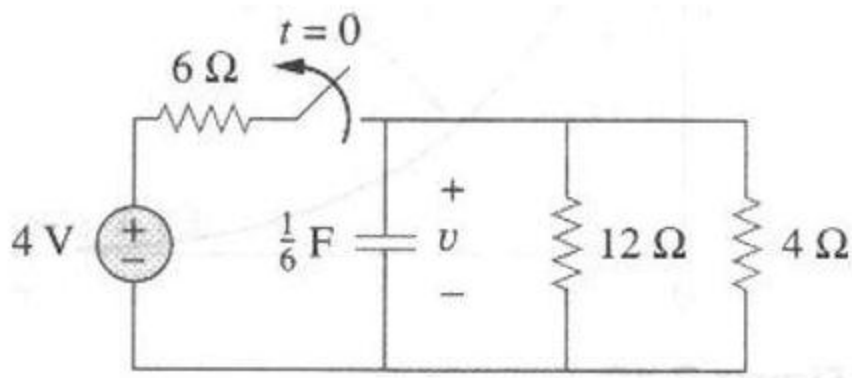
CIRCUITOS RC SIN FUENTE

Se considera un circuito RC sin fuente, aquel en el cual al aplicar t+ en el interruptor, solo resultan resistencias y el capacitor. Una vez determinado que el circuito es sin fuente se deberá reducir a una sola resistencia y un solo capacitor, a lo cual llamaremos circuito RC sin fuente:



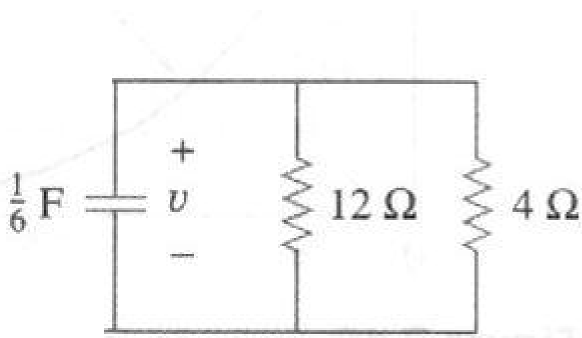
Ejemplo

Se tiene el siguiente circuito



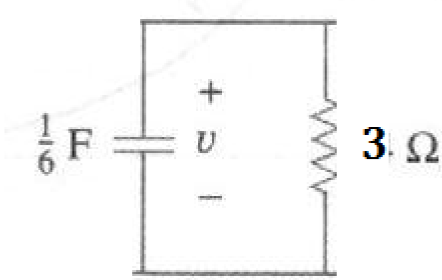
Para saber si es RC sin fuente debo de aplicar t+

Aplicando t+ se tiene:

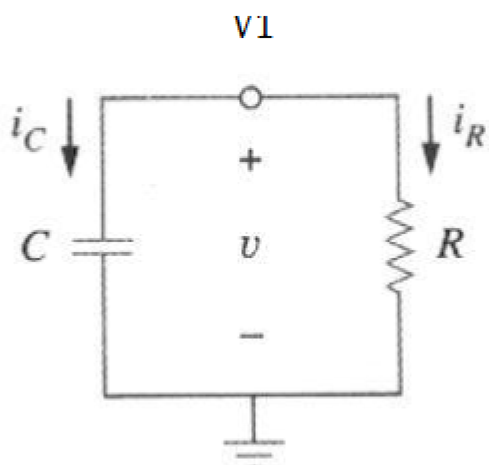


Como se observa, el circuito no tiene fuente de voltaje ni de corriente presente.

Rediciendo se tendrá



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



Ic + iR = 0
C*dv/dt + V1/R = 0
C*dv/dt = - V1/R
dv/dt = - V1/R*C como por nodal v1-0-Vc= 0 entonces V1 = Vc
dv/vc = - { 1/RC}*dt
∫dv/vc = ∫- { 1/R*C}*dt integro en ambos lados
∫dv/vc = - 1/RC * ∫ dt R y C son constantes y salen de la integral
Logn (vc/vo) = - 1/RC * t integrando se tiene
Logn (vc/vo) = - t/RC aplico antilogaritmo para hallar v

vc/vo = e- t/RC donde vo es la condición inicial de C antes de que actué t+

vc = vo*e- t/RC como v=vc

Vc(t) = Vo*e- t/RC haciendo RC = T

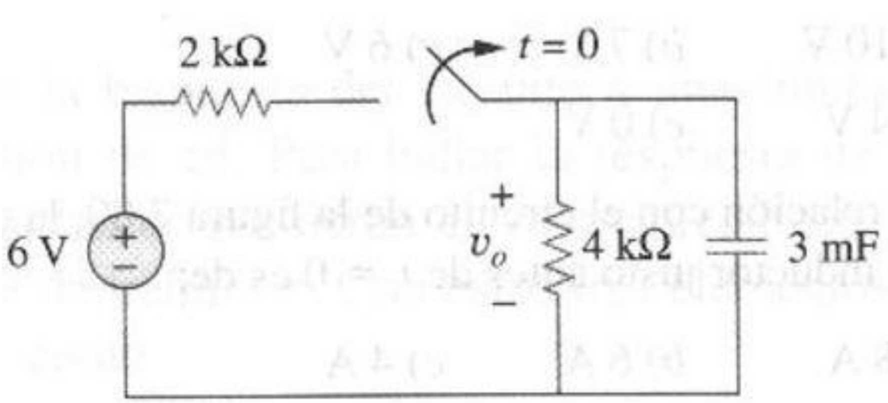
Vc(t) = Vo*e- t/T   a T se le llama constante de relajación y es la rapidez con que se descarga el condensador.

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

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

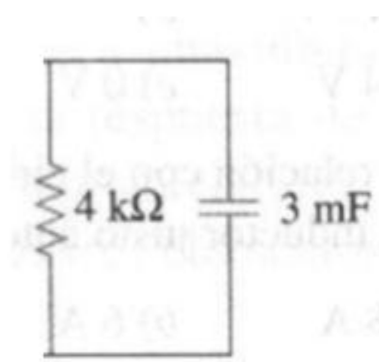
Vo se obtiene accionando en el circuito inicial el interruptor en t-

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.

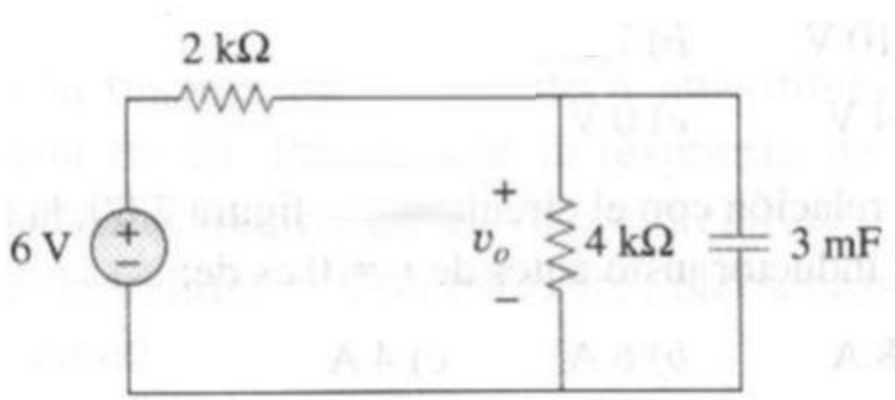
El voltaje en el condensador será

Vc(t) = Vo*e- t/T

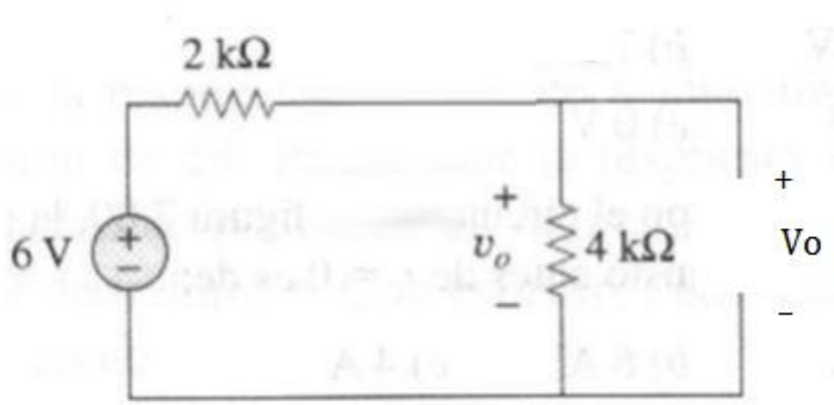
T = RC = 3mF*4KΩ= 12 S

2. Procedo a obtener Vo

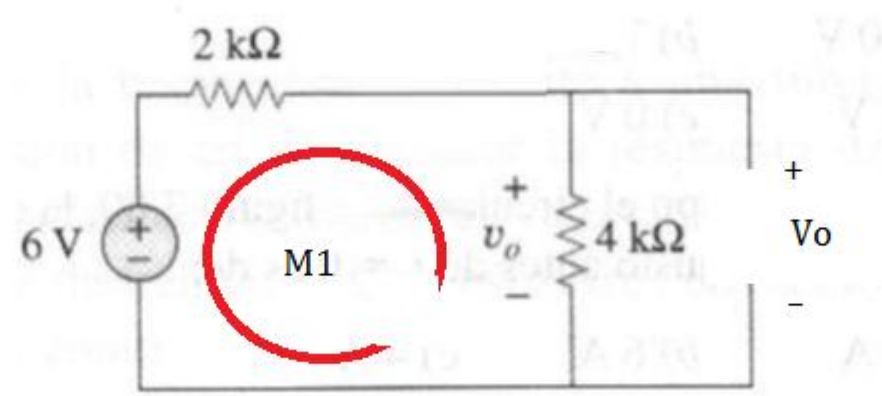
Vo se obtiene del circuito inicial con el interruptor en t-.



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



Aplico mallas



M1

-6 + 6i1 = 0
I1= 1 mA

Hallo vo
Vo – 4i1 = 0
Vo = 4i1 = 4k*1m
Vo = 4 v

3. Obtenidos los parámetros se tiene que

Vc(t) = Vo*e- t/T = 4*e- t/12 = 4*e- 0,083t
Vc(t) = 4*e- 0,083t si t=20mS = 0,02 s
Vc(20mS) = 4*e- 0,083*0.02 = 4*e- 0,0016
Vc(20mS) = 4*0.998 = 3,99 v

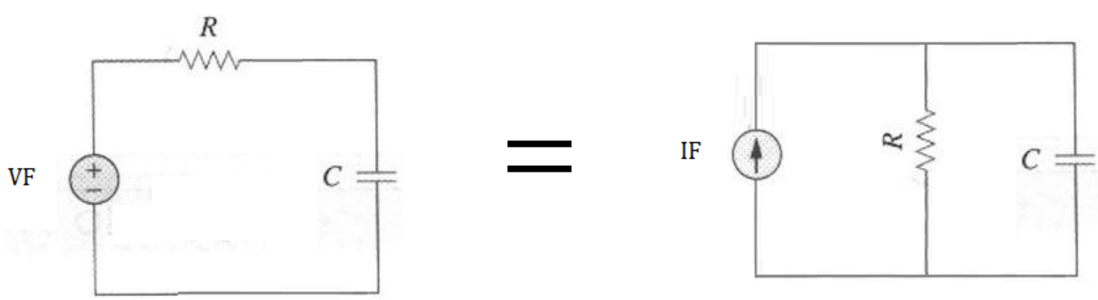
Si t= 10 s
Vc(t) = 4*e- 0,083t si t= 10 s
Vc(20mS) = 4*e- 0,083*10 = 4*e- 0,83
Vc(20mS) = 4*0.43 = 1,74 v

Si t = 100 s

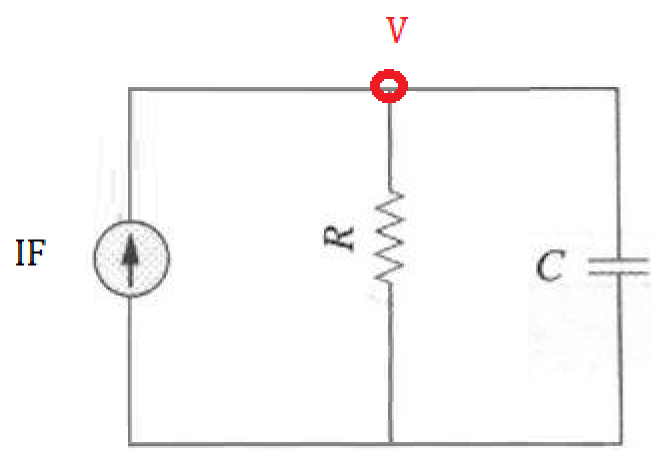
Vc(t) = 4*e- 0,083t si t= 100 s
Vc(20mS) = 4*e- 0,083*100 = 4*e- 8,3
Vc(20mS) = 4*0. 0.000248 = 0.00099 v casi descargado por completo

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:



$-IF + V/R + C*dv/dt = 0$

$-IF + V/R = - C*dv/dt$

$1/R*(V – IF*R) = - C*dv/dt$

$1/RC = - dv/dt \ / (V – IF*R)$

$-1/RC*dt = dv/ (V – IF*R)$

Aplico integral en ambos lados

$\int -1/RC*dt = \int dv/ (V – IF*R)$

$-1/RC*\int dt = \int dv/ (V – IF*R)$

Solucionando se tendrá

$-1/RC*t = \text{Log}\{(V – IF*R)/(Vo – IF*R)\}$

$-t/RC = \text{Log}\{(V – IF*R)/(Vo – IF*R)\}$

Procedo aplicar antilogaritmo

e- t/RC = {(V – IF*R)/(Vo – IF*R)}
(Vo – IF*R)*e- t/RC = (V – IF*R)
IF*R + (Vo – IF*R)*e- t/RC = V
Como V = Vc
Vc(t) = IF*R + (Vo – IF*R)*e- t/RC

Com T = RC

Vc(t) = IF*R + (Vo – IF*R)*e- t/T

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

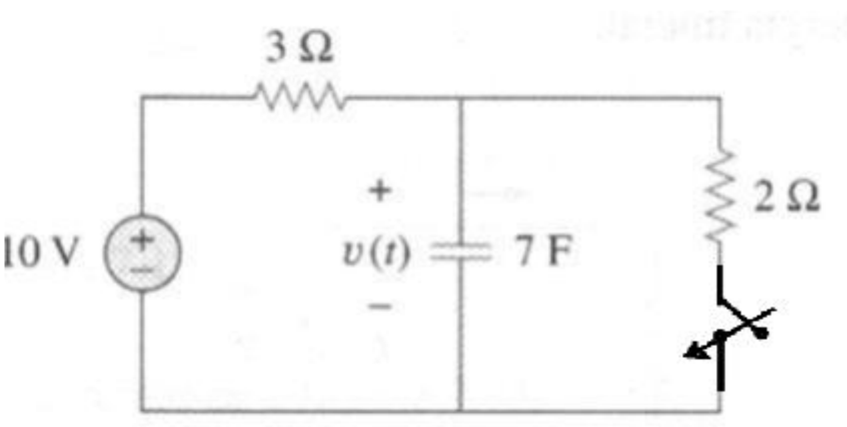
Vo se obtiene aplicando al circuito inicial el interruptor en t-

También puede utilizar la expresión en términos de Vs

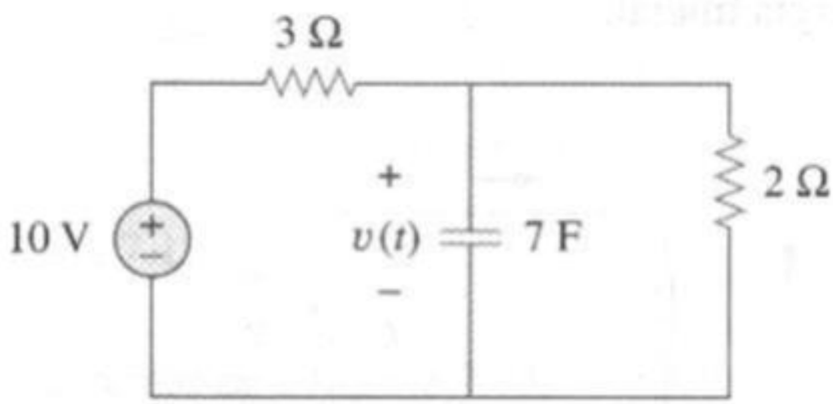
$$v(t) = V_s + (V_0 - V_s)e^{-t/\tau}$$

Vs es el voltaje final resultante en t+

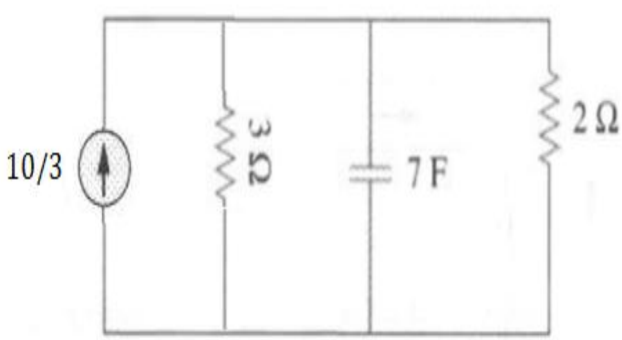
Ejemplo 2. Obtener Vc(20mS)

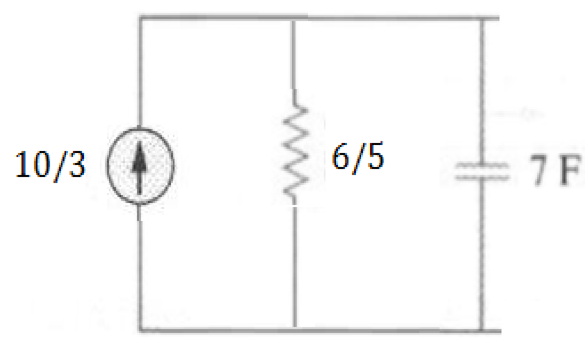


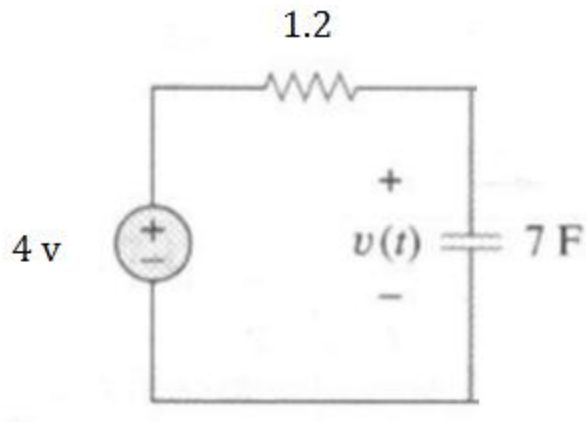
1. Aplico t+ para conocer el tipo de circuito



Aplicando transformación de fuentes







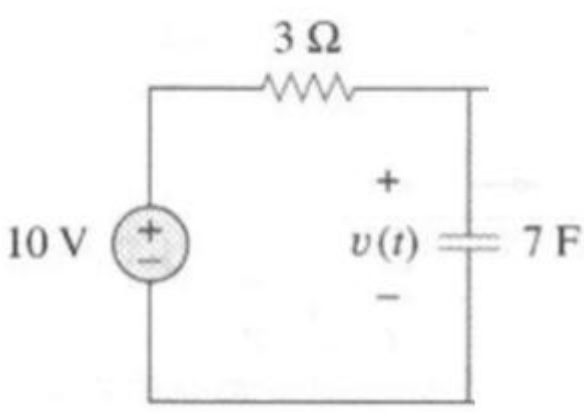
Reducido el circuito se observa que presenta fuente, lo que indica que es un circuito RC con fuente y debo utilizar la ecuación que identifica este tipo de circuitos

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

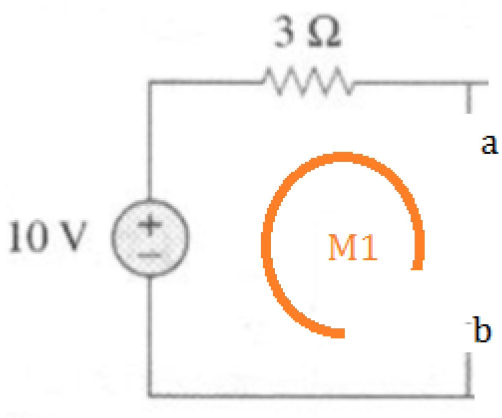
Vs = 4 v, T= 1.2*7 = 8,4 s

Procedo a obtener Vo

Vo 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 + 3i1 + Vab = 0

Como i1=0

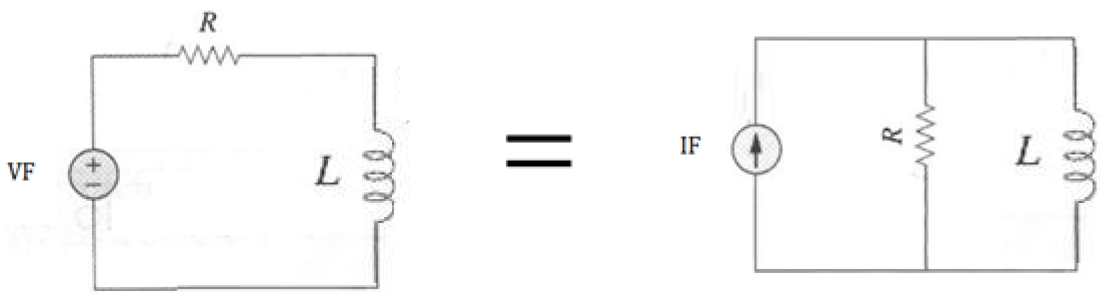
Vab = 10 v

1. Obtenidos los parámetros se tiene que

Vc(t) = Vs + (Vo-Vs)*e- t/T
Vc(t) = 4 + (10-4)*e- t/8,4
Vc(t) = 4 + 6*e- t/8,4
Si t= 20ms = 20/1000=0,02 s
Vc(20ms) = 4 + 6*e- 0,02/8,4
Vc(20ms) = 4 + 6*e- 0,0023
Vc(t) = 4 + 6*0,997
Vc(t) = 10 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

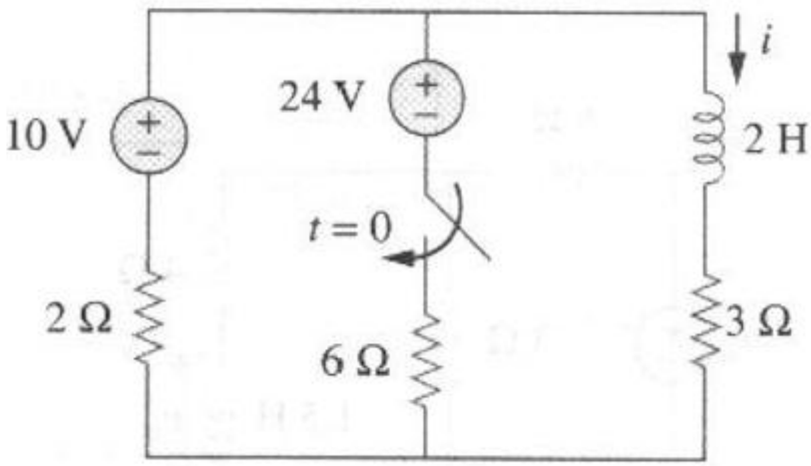
-VF + i*R + Ldi/dt = 0

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

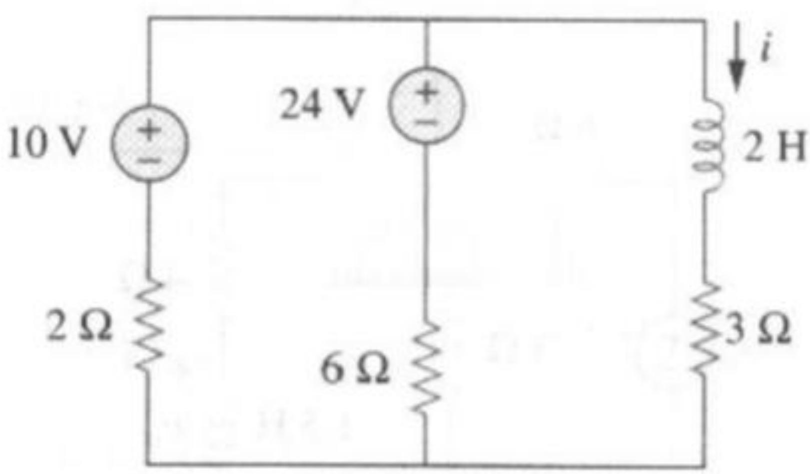
I(t) = IF + (Io-IF))*e- t/T

Donde T=L/R
e es la expresión Euler y al ser elevado al menos su máximo valor es uno.
Io se obtiene aplicando al circuito inicial el interruptor en t-

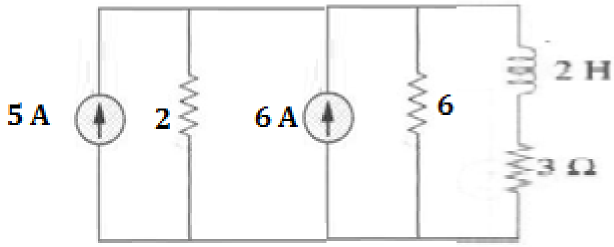
Ejemplo obtener IL(10mS)

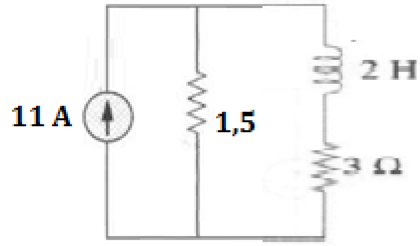


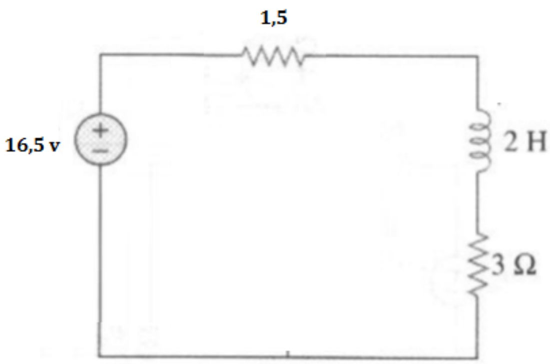
T+

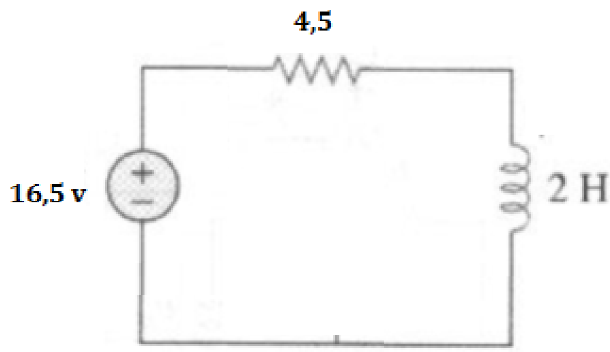


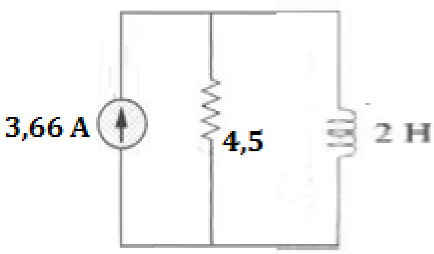
Reduzco el circuito









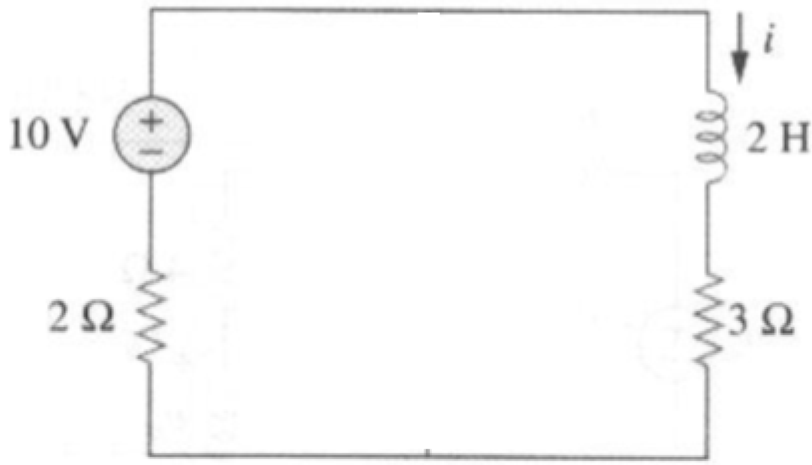


Como se observa es un circuito RL con fuente

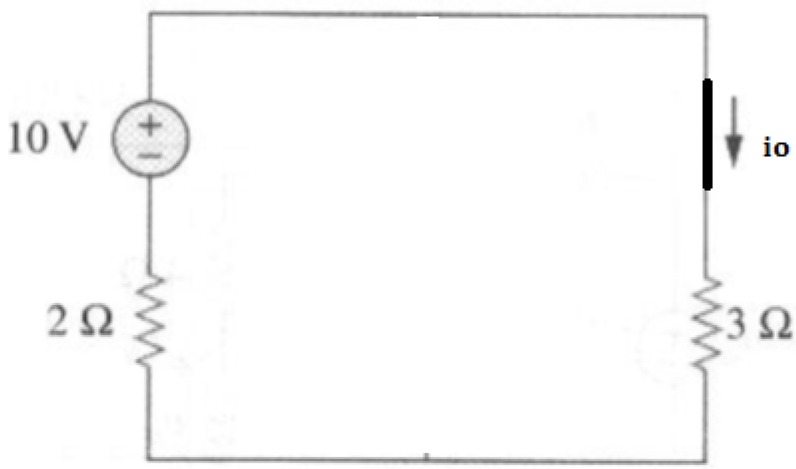
La ecuación requerida será.

I(t) = IF + (Io-IF))*e- t/T
IF = 3,66 A
T= L/R = 2/4,5 = 0,44
Io se obtiene de t-

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



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



Aplicando LKV

$-10 + 5i = 0$

$I = I_o = 10/5 = 2$ A

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

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

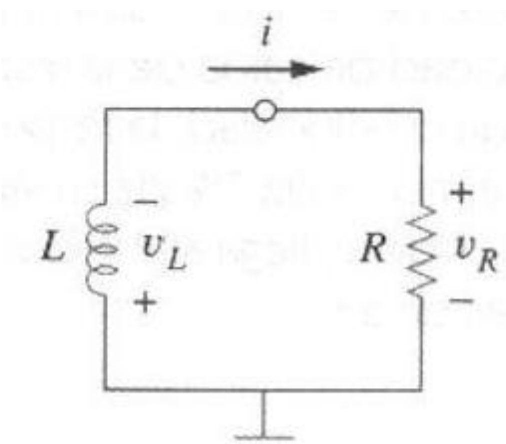
$I(t) = 3{,}66 - 1{,}66 * e^{-t/0{,}44}$

Si t=10ms

$I(10ms) = 3{,}66 - 1{,}66*e^{-0{,}01/0{,}44}$
$I(10ms) = 3{,}66 - 1{,}66*e^{-0.022}$
$I(10ms) = 3{,}66 - 1{,}66*0{,}9782$
$I(10ms) = 2{,}03$ 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

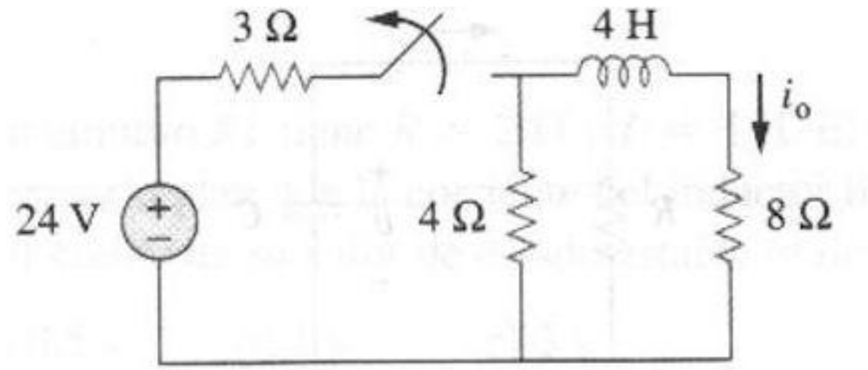
$i*R + Ldi/dt = 0$

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

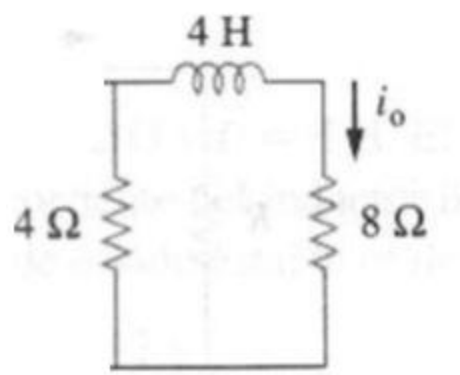
$I(t) = Io*e^{-t/T}$

Donde $T=L/R$
e es la expresión Euler y al ser elevado al menos su máximo valor es uno.
Io se obtiene aplicando al circuito inicial el interruptor en t-

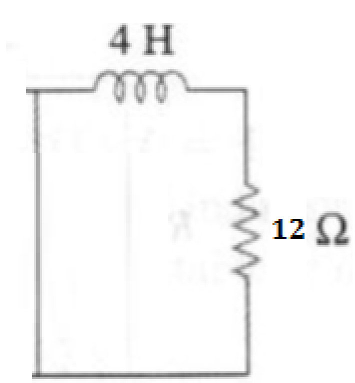
Ejemplo obtener IL(50mS)



T+



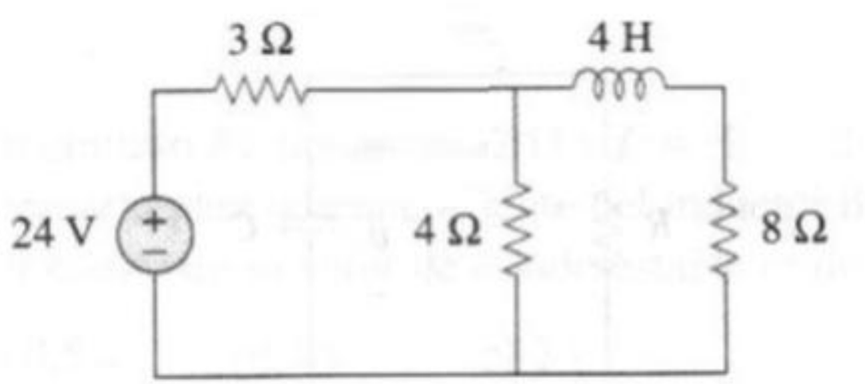
Reduciendo se tendrá



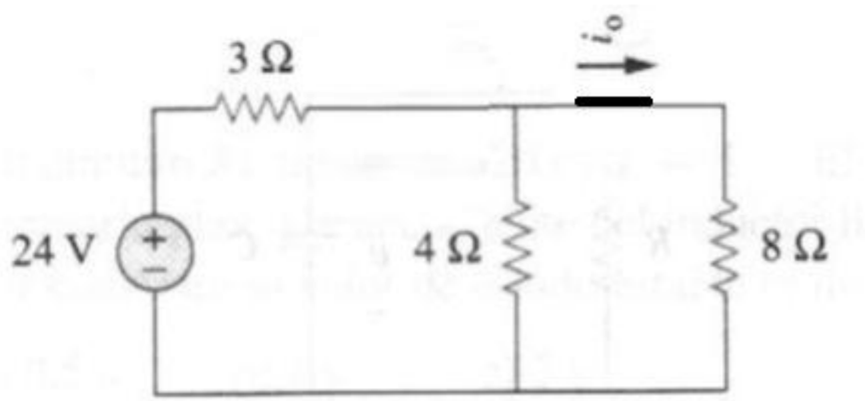
Como se observa es un circuito RL sin fuente y su ecuación es

I(t) = Io*e- t/T
T=L/R = 4/12 = 0,33
Io se obtiene de t-

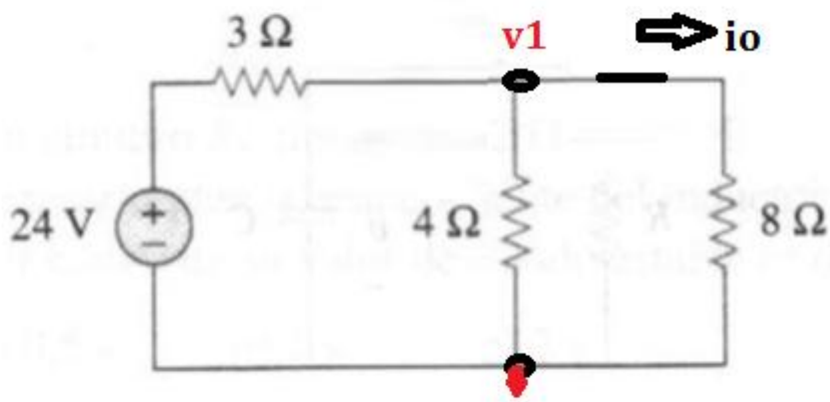
t-



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



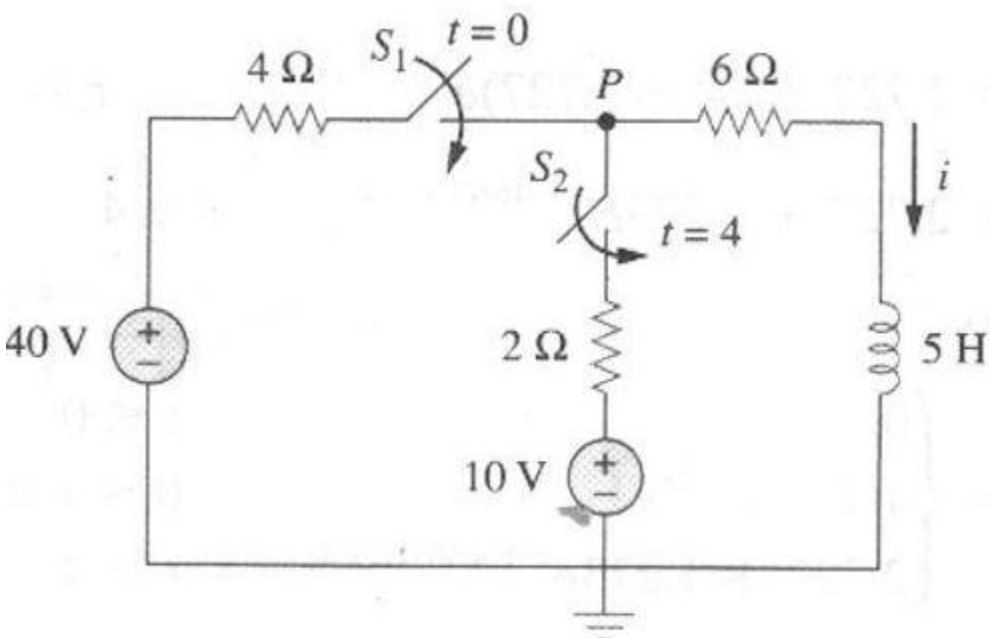
Solucionando por nodos



(V1-24)/3 + v1/4 + v1/8 = 0 mult *24
8(V1-24) +6 v1 + 3v1 = 0
(8V1-192) +6 v1 + 3v1 = 0
12V1-192 +6 = 0
12V1 = 186
V1 = 15,5 v
Io = v1/8 = 1,93 A

I(t) = Io*e- t/T
T=L/R = 4/12 = 0,33
I(t) = 1,93*e- t/0,33
Si t=50ms = 0,05 s
I(t) = 1,93*e- 0,15
I(t) = 1,93*0,86
I(t) = 0,66 A

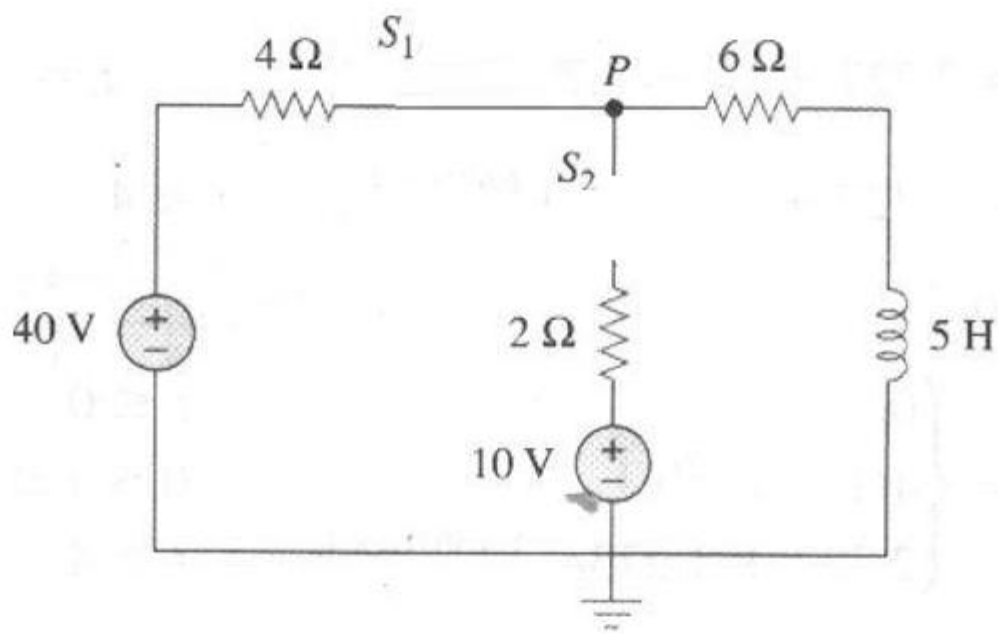
Ejemplo con dos interruptores



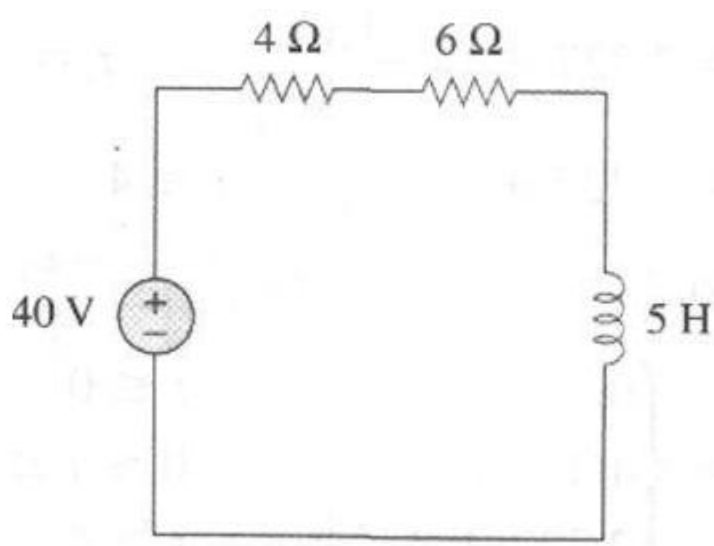
Al haber dos interruptores, se tendrán dos t+ y dos t-, uno para cada interruptor, se inicia con el primer tiempo t=0

Para el interruptor S1 se tendrá

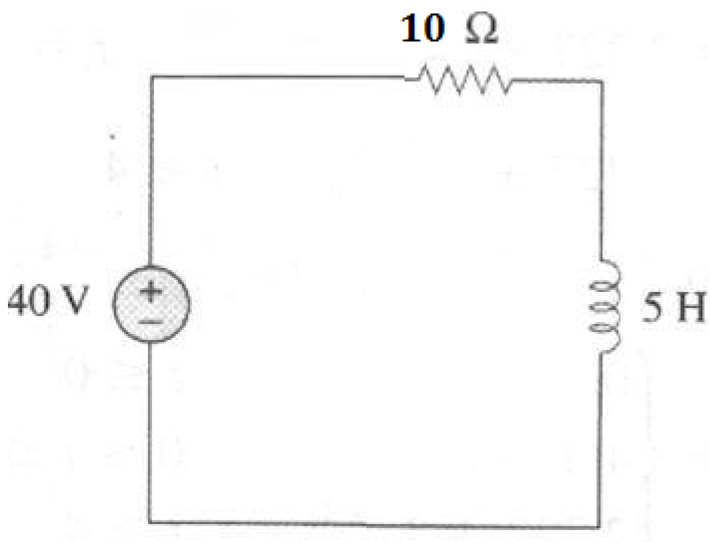
T+ para o<t<4



Como se observa S1 actúa y se convierte en corto y S2 no actúa y mantiene abierto



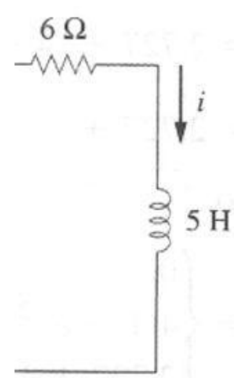
Reduciendo



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

I(t) = IF + (Io-IF))*e- t/T
T=L/R = 5/10=0.2 s
IF= 40/10= 4 A
Io 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

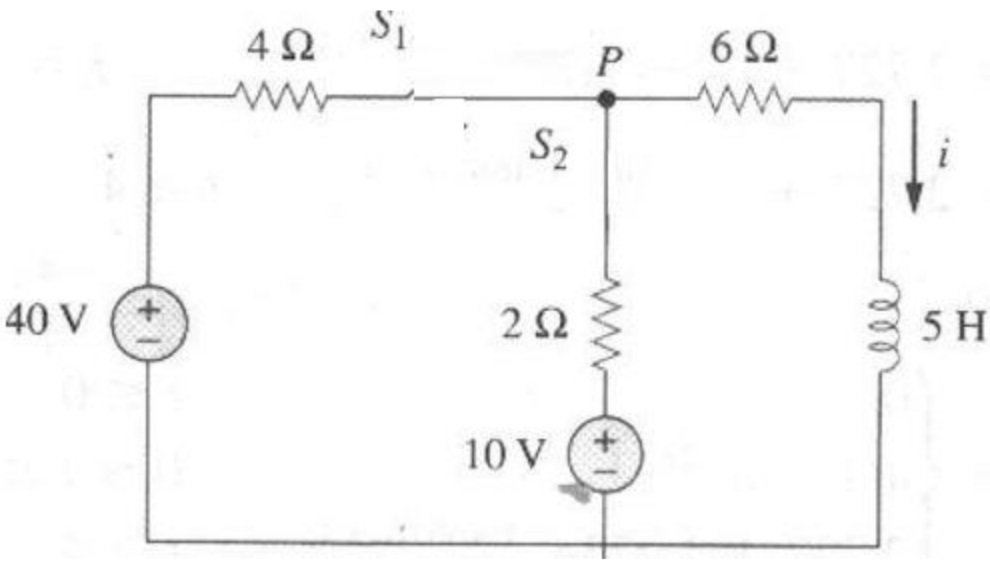
io = 0

I(t) = IF + (Io-IF))*e- t/T
T=L/R = 5/10=0.2 s
IF= 40/10= 4 A

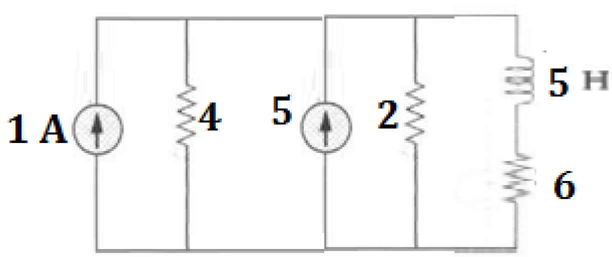
I(t) = IF + (Io-IF))*e- t/T
I(t) = 4 + (0-4))*e- t/0,2
I(t) = 4 - 4*e- t/0,2

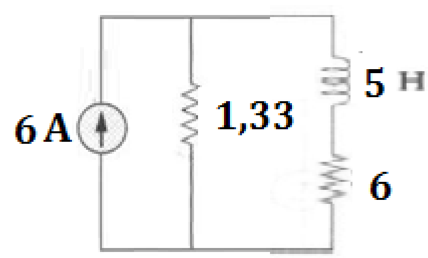
Para el interruptor S2 se tendrá

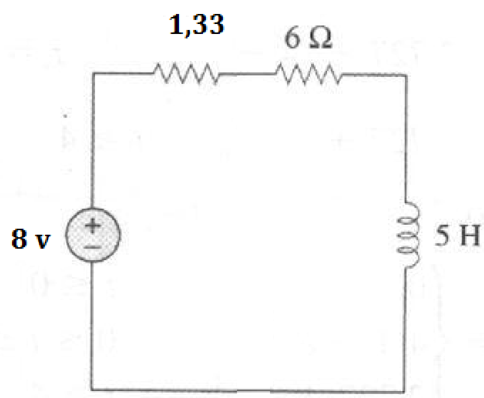
T+ para t>=4

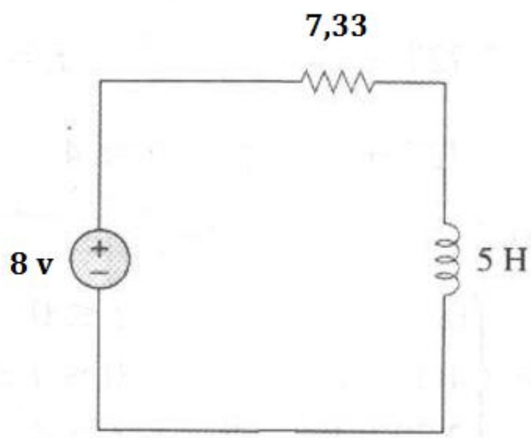


Reduciendo







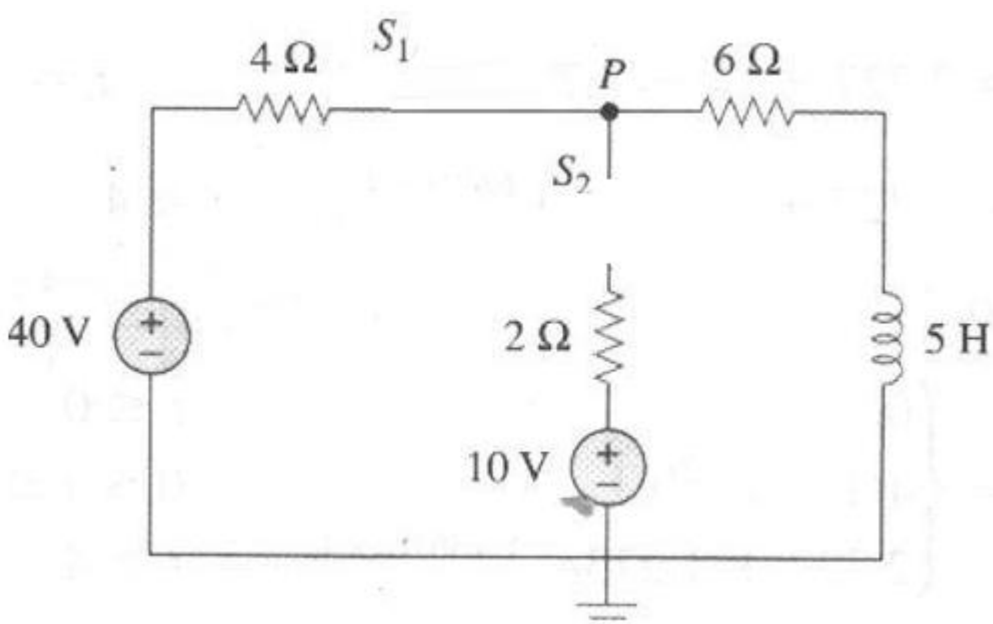


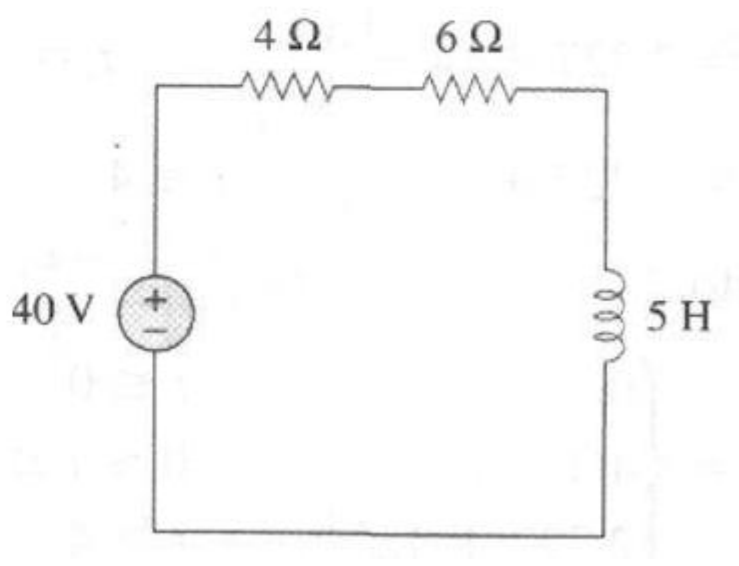
Como se observa, se tiene un circuito RL con fuente, la ecuación será

I(t) = IF + (Io-IF))*e- t/T
T=L/R = 5/7,33=0.68 s
IF= 8/7,33= 1.09 A
Io se calcula del t- para S1

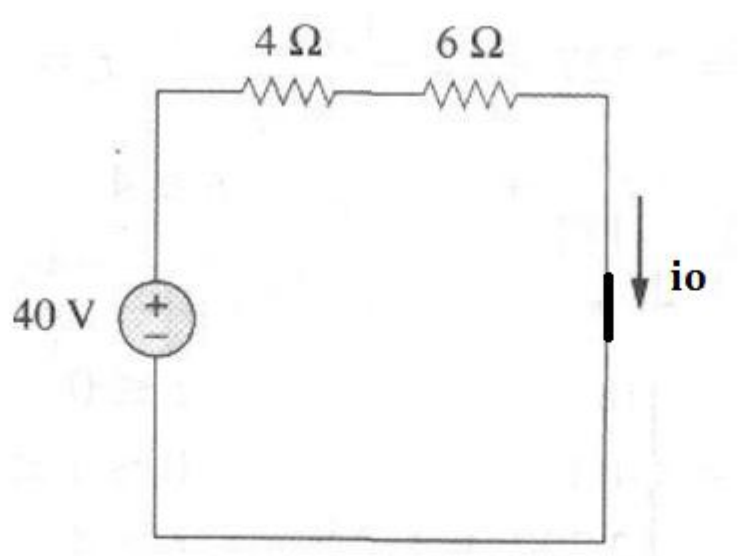
T- para S2

T- 0<t<4





En t- la bobina se comporta como un corto



Aplicando LKV

Io=40/10 = 4 A

I(t) = IF + (Io-IF))*e- t/T
T=L/R = 5/7,33=0.68 s
IF= 8/7,33= 1.09 A

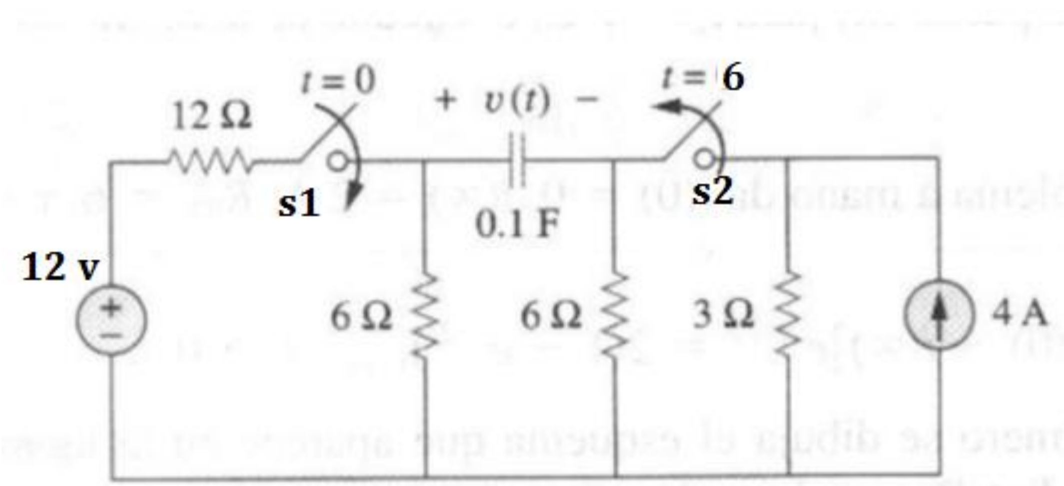
I(t) = 1,09 + (4-1.09))*e- t/0,68
I(t) = 1,09 + 3.09*e- t/0,68

Si han pasado 50 ms

t=50ms = 0,05 s

I(50ms) = 1,09 + 3.09*e- 0,05/0,68
I(50ms) = 1,09 + 3.09*e- 0,073
(50ms) = 1,09 + 3.09*0,929
I(50ms) = 3,96 A

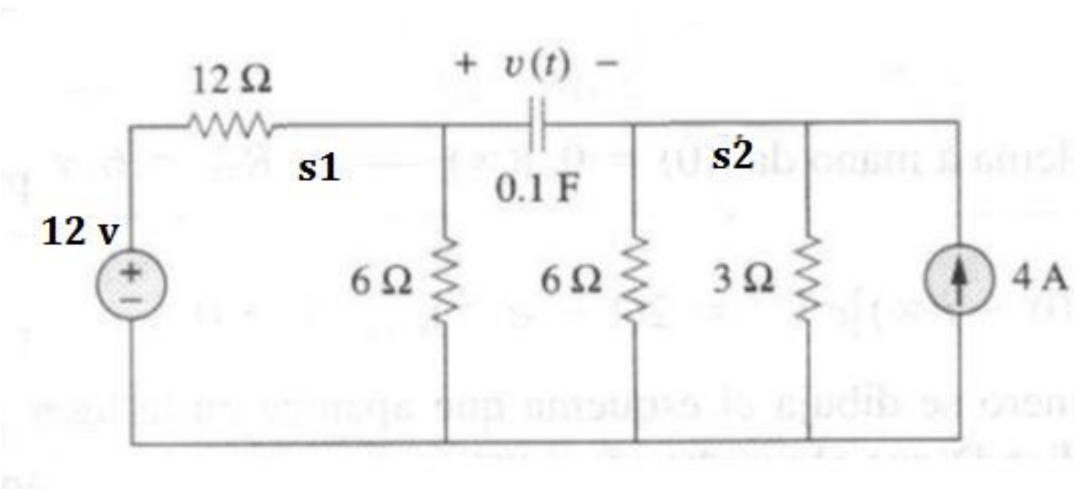
Ejemplo



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

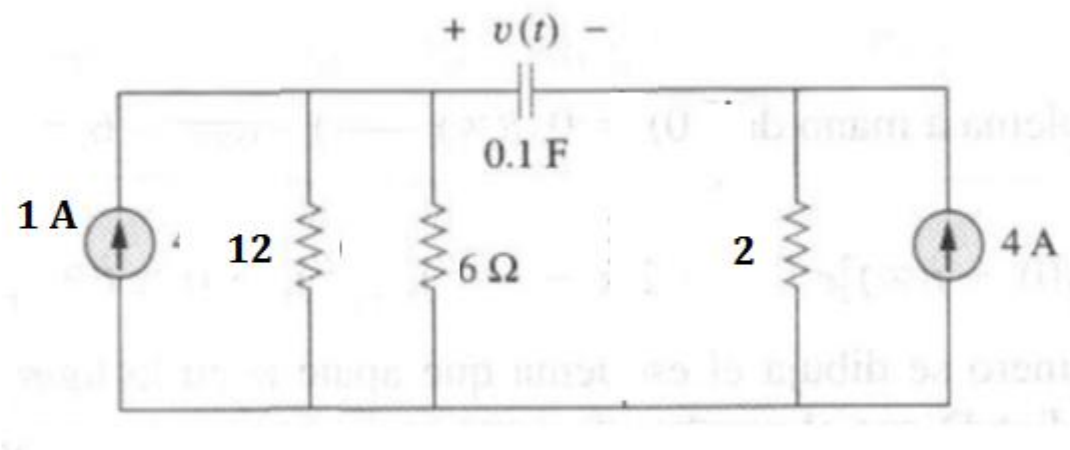
Para el interruptor S1 se tendrá

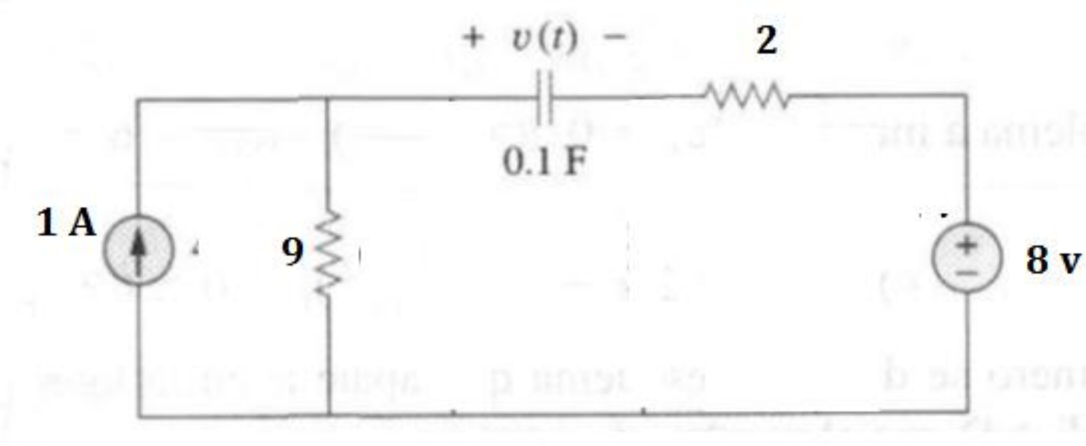
T+ para o<t<6

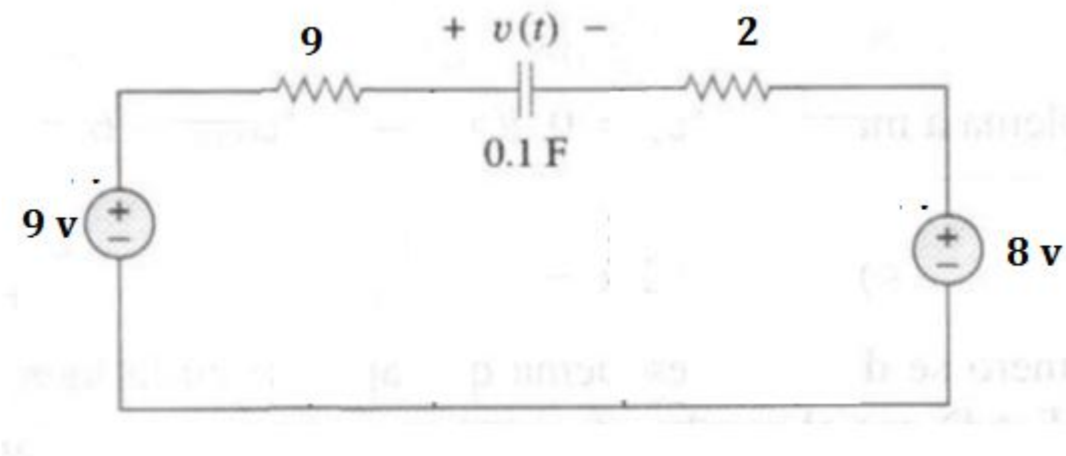


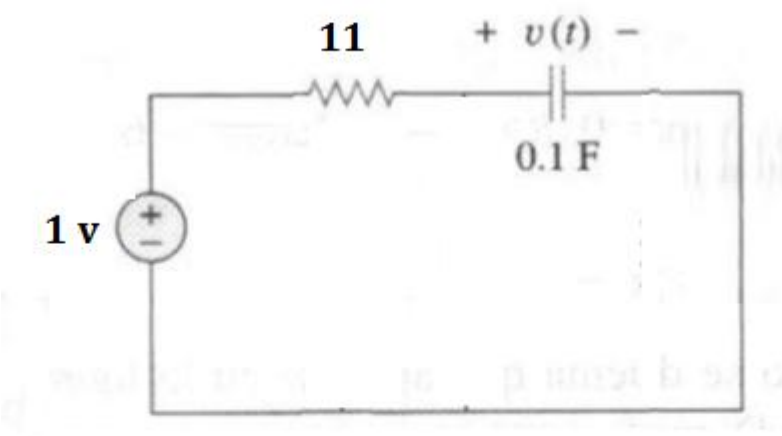
Como se observa al activar s1 cierra el circuito y s2 al no estar activo se encuentra cerrado

Reduciendo





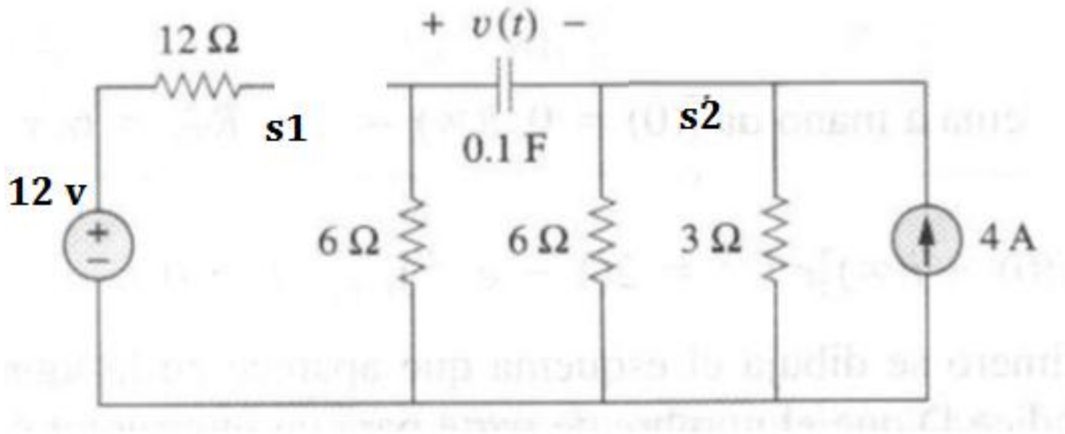




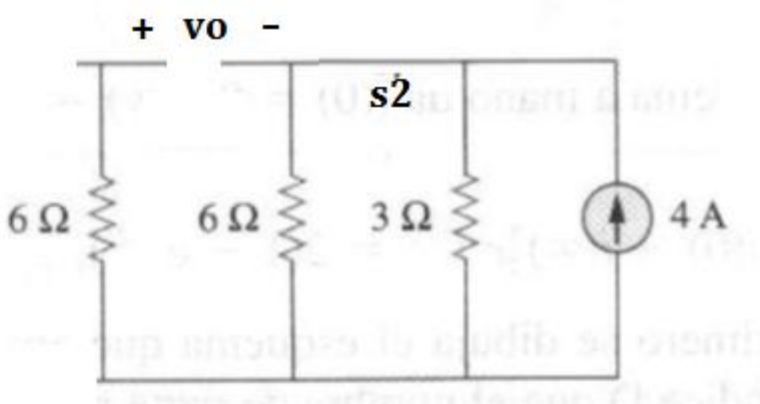
Como se observa es un circuito RL con fuente, la ecuación a utilizar será

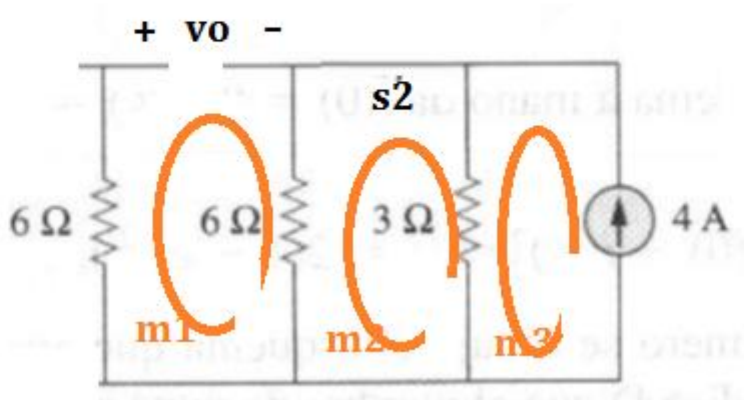
Vc(t) = Vs + (Vo-Vs)*e- t/T
Vs=1
T=RC=11*0,1=1,1 s
Vo se obtiene de t- en s1

t- t<0 para S1



En t- el condensador se comporta como un circuito abierto





M1 i1= 0

12i1-6i2+v0=0
Vo=6i2

De M2
9i2-3i3=0

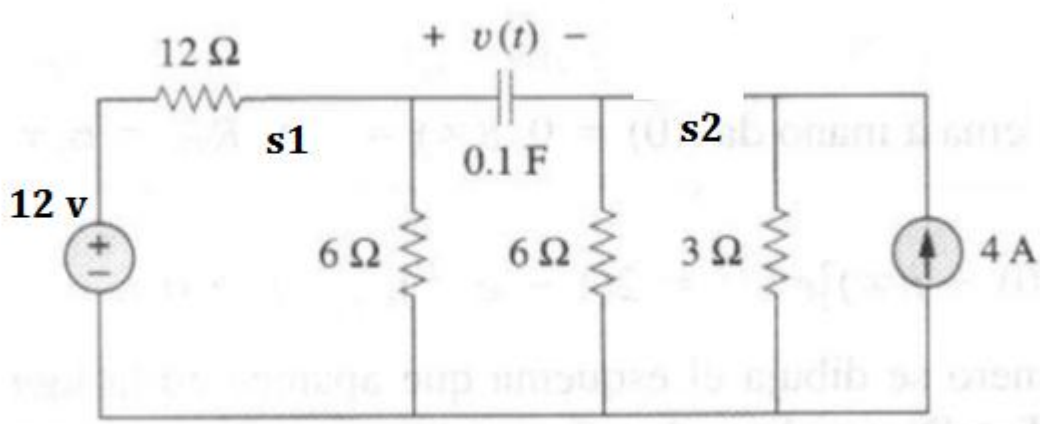
M3 i3= - 4
9i2-3(-4)=0
I2= - 1,33 A

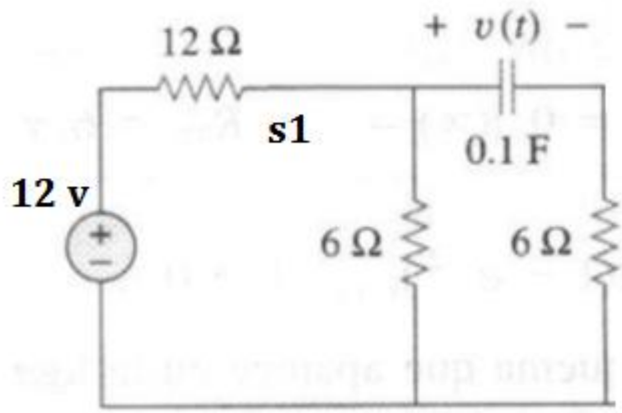
Vo=6i2=- 8 v
Vo = - 8 v

Vc(t) = Vs + (Vo-Vs)*e- t/T
Vs=1
T=RC=11*0,1=1,1 s
Vc(t) = 1 + (-8-1)*e- t/1,1
Vc(t) = 1 - 9*e- t/1,1

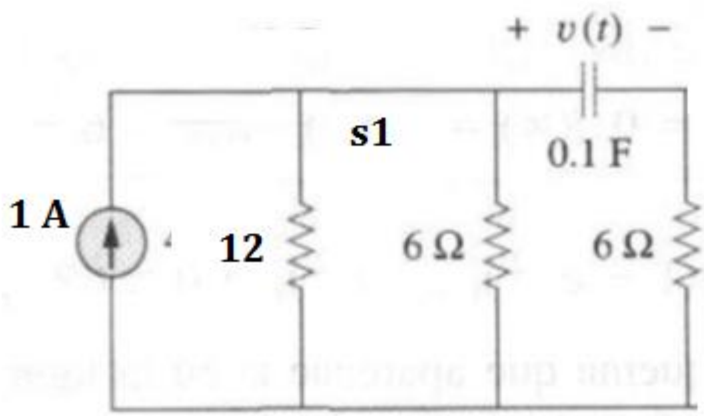
S2

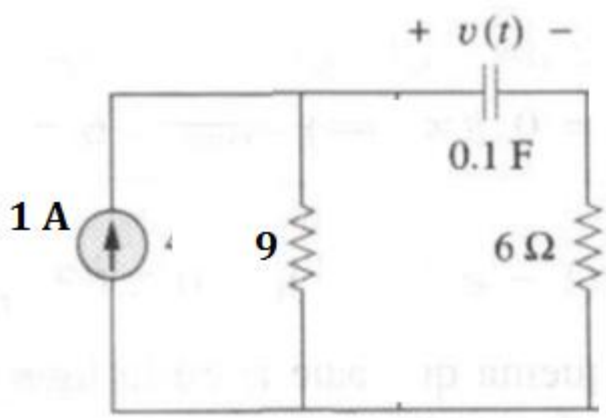
T+ si t > 6

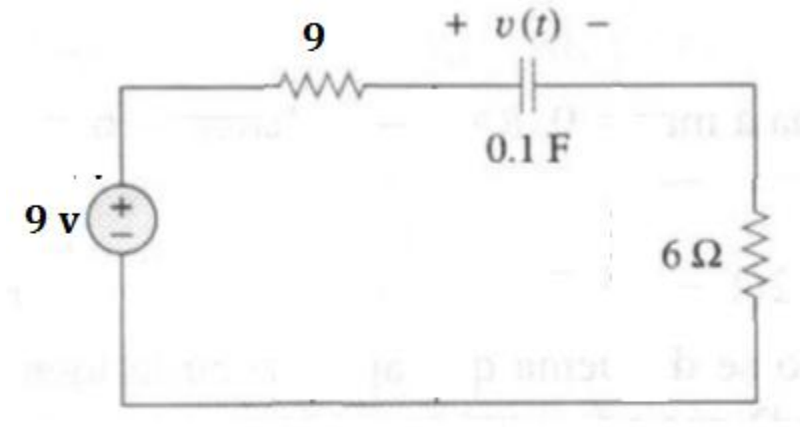


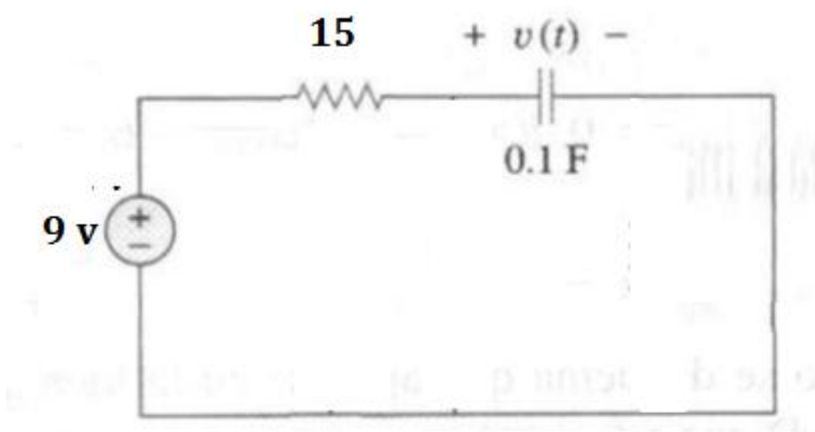


Reduciendo







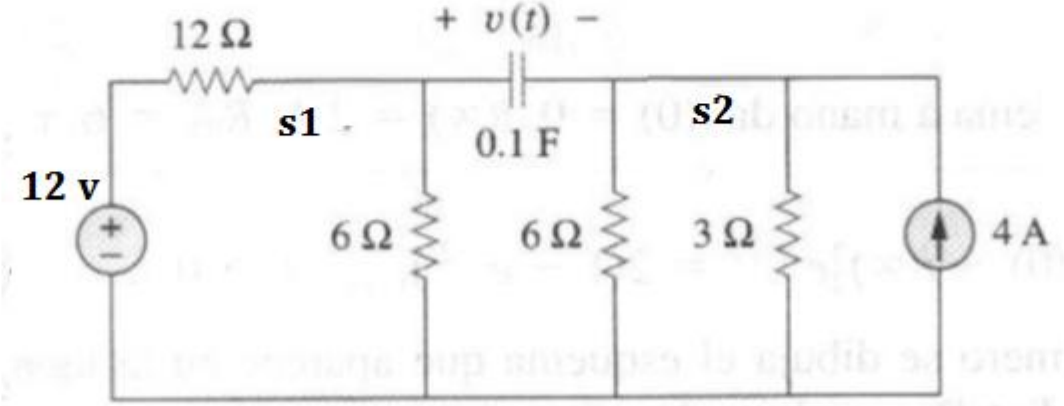


Observando se encuentra un circuito RL con fuente, su ecuación será

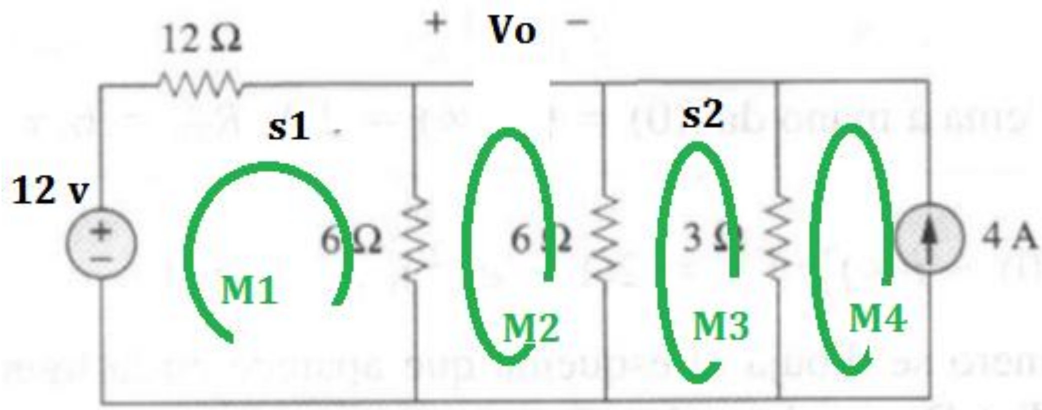
$Vc(t) = Vs + (Vo-Vs)*e^{-t/T}$
$Vs=9$
$T=RC=15*0,1=1,5$ s

Vo se obtiene de del t- de S2

$O<t<6$



En t- el condensador se comporta como un circuito abierto



$-6I1-6I3+12I2+Vo=0$ como $i2=0$

$Vo= 6I1+6I3$

De M1

$-12 + 18i1 = 0$

$I1=0,66$ A

De m3 $i3=-4$

$Vo= 6I1+6I3$

$Vo= 6*0.66+6*(-4)$

$Vo= -20$ v

$Vc(t) = Vs + (Vo-Vs)*e^{- t/T}$

$Vs=9$

$T=RC=15*0,1=1,5$ s

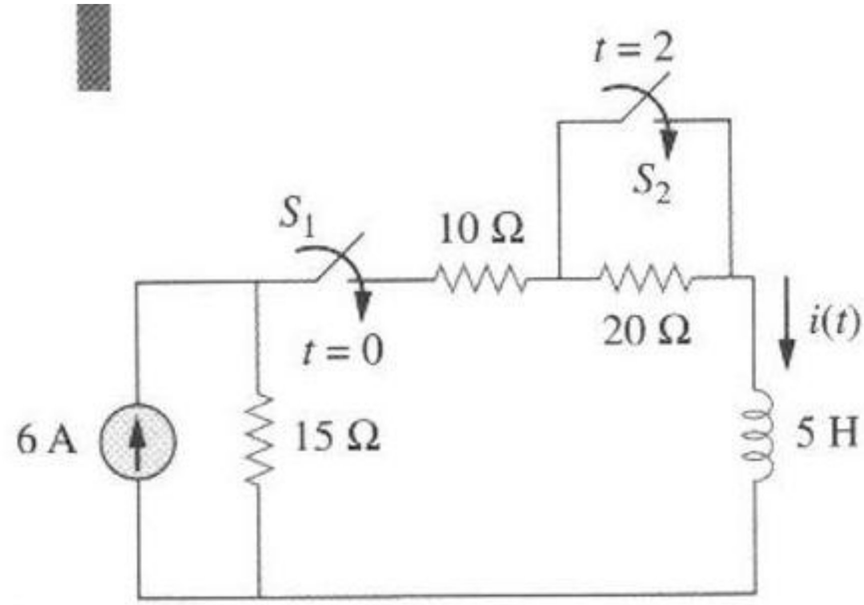
$Vc(t) = 9 + (-20-9)*e^{- t/1,5}$

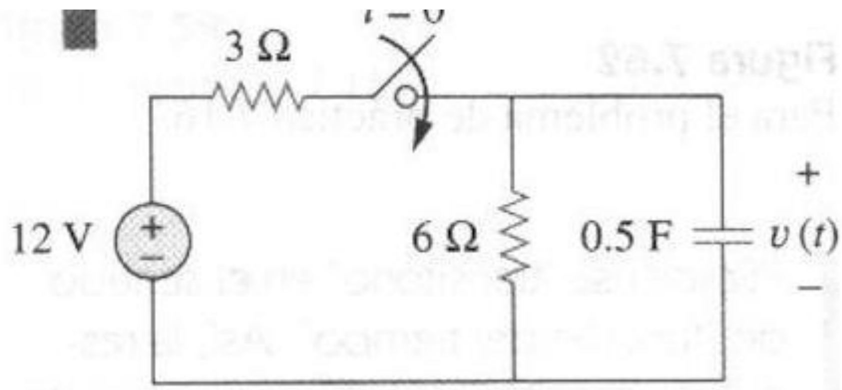
$Vc(t) = 9 - 29*e^{- t/1,5}$

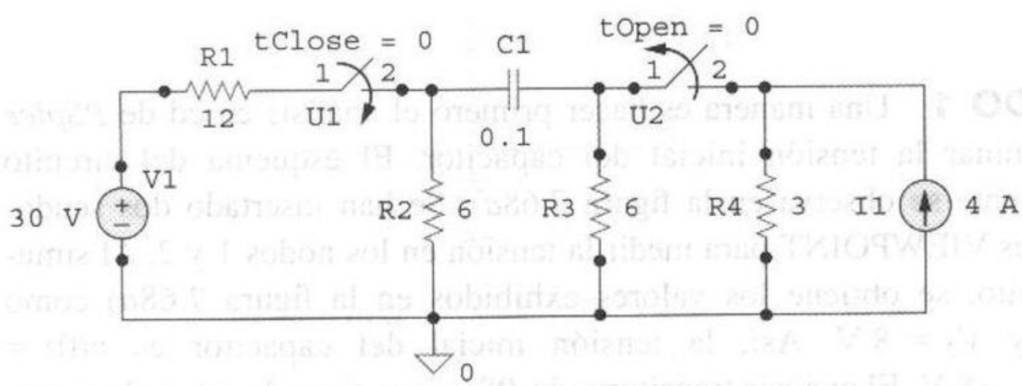
Si han pasado 100 ms calcula Vc

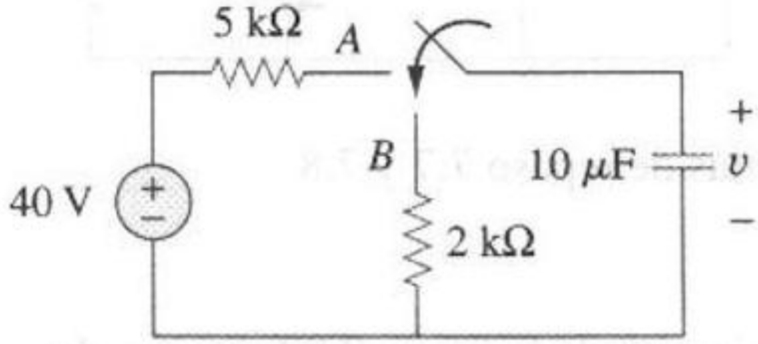
$T= 100$ ms $= 0,1$ s

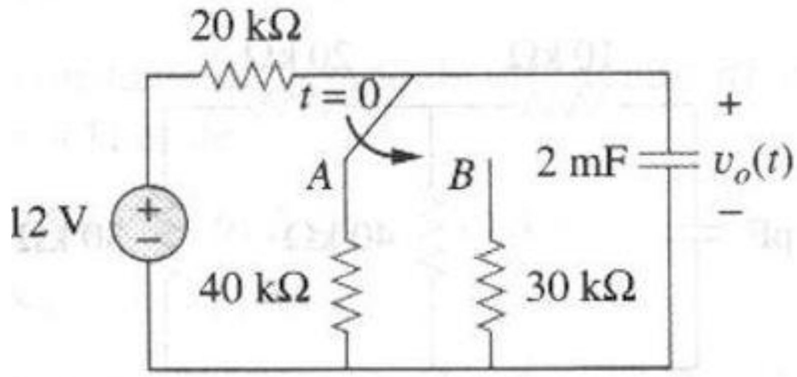
$Vc(t) = 9 – 29*e^{- 0,1/1,5}$
$Vc(t) = 9 – 29*e^{- 0,066}$
$Vc(t) = 9 – 29*0,936$
$Vc(t) = 9 – 29*0,936$
$Vc(t)= - 18,14$ v

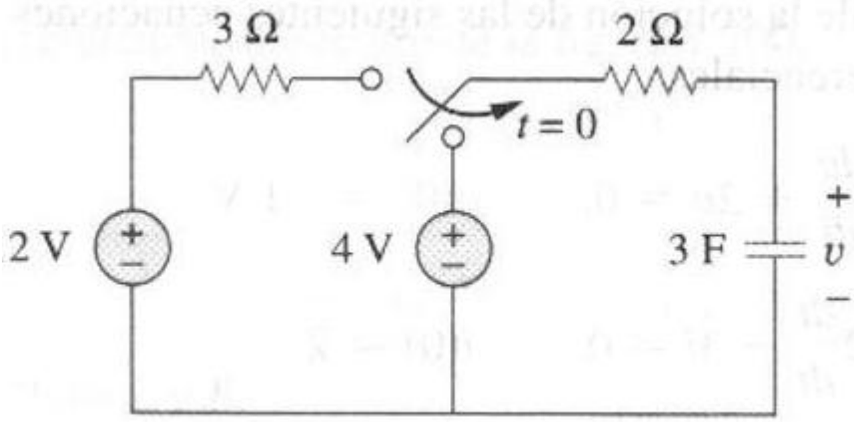

t = 2
S2
S1
10 Ω
20 Ω
i(t)
t = 0
6 A
15 Ω
5 H

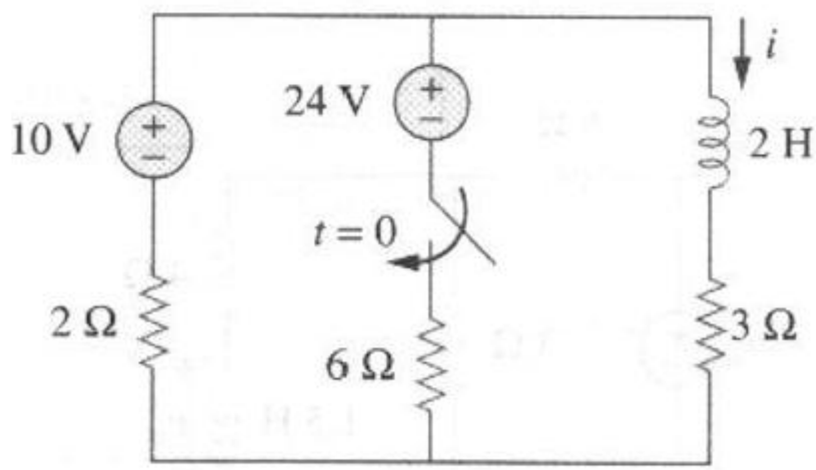

3 Ω
12 V
6 Ω
0.5 F
+
v(t)
−


tClose = 0
R1
12
U1
C1
0.1
tOpen = 0
U2
V1
30 V
R2
6
R3
6
R4
3
I1
4 A
0

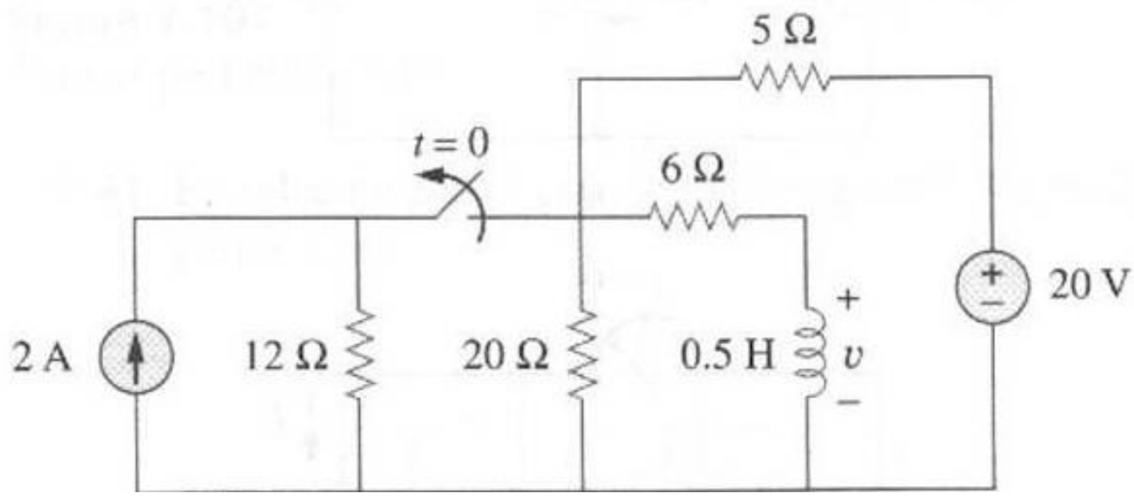

5 kΩ
A
B
40 V
10 μF
+
v
−
2 kΩ


20 kΩ
t = 0
A
B
2 mF
+
v_o(t)
−
12 V
40 kΩ
30 kΩ

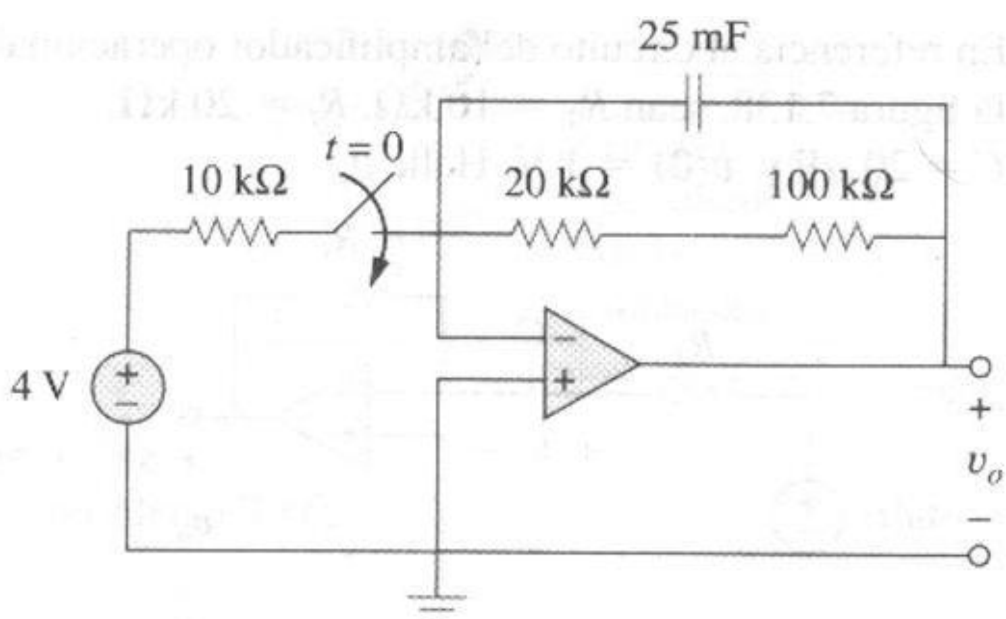

3 Ω
2 Ω
t = 0
2 V
4 V
3 F
+
v
−



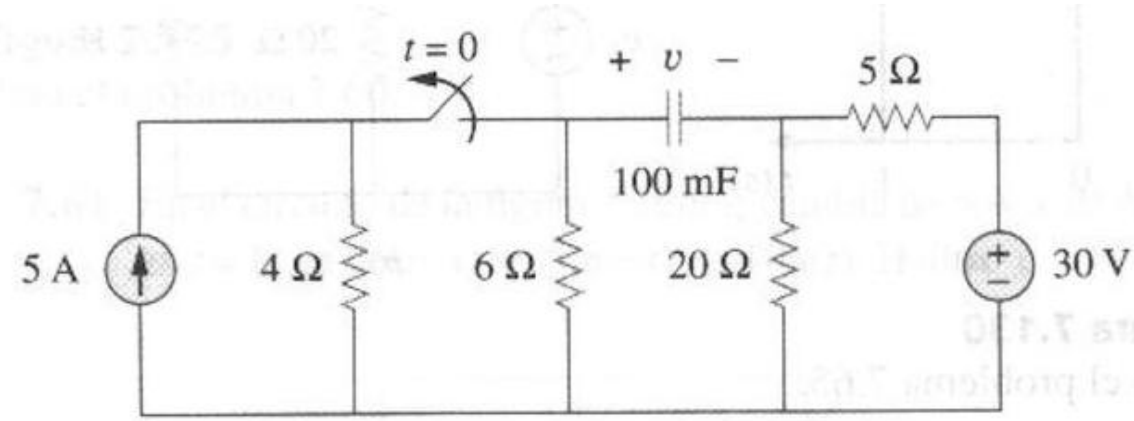
i
10 V
24 V
2 H
t = 0
2 Ω
6 Ω
3 Ω



5 Ω
t = 0
6 Ω
+
20 V
2 A
12 Ω
20 Ω
0.5 H
v
−



25 mF
t = 0
10 kΩ
20 kΩ
100 kΩ
−
+
4 V
+
v_o
−



t = 0
+ v −
5 Ω
100 mF
5 A
4 Ω
6 Ω
20 Ω
30 V