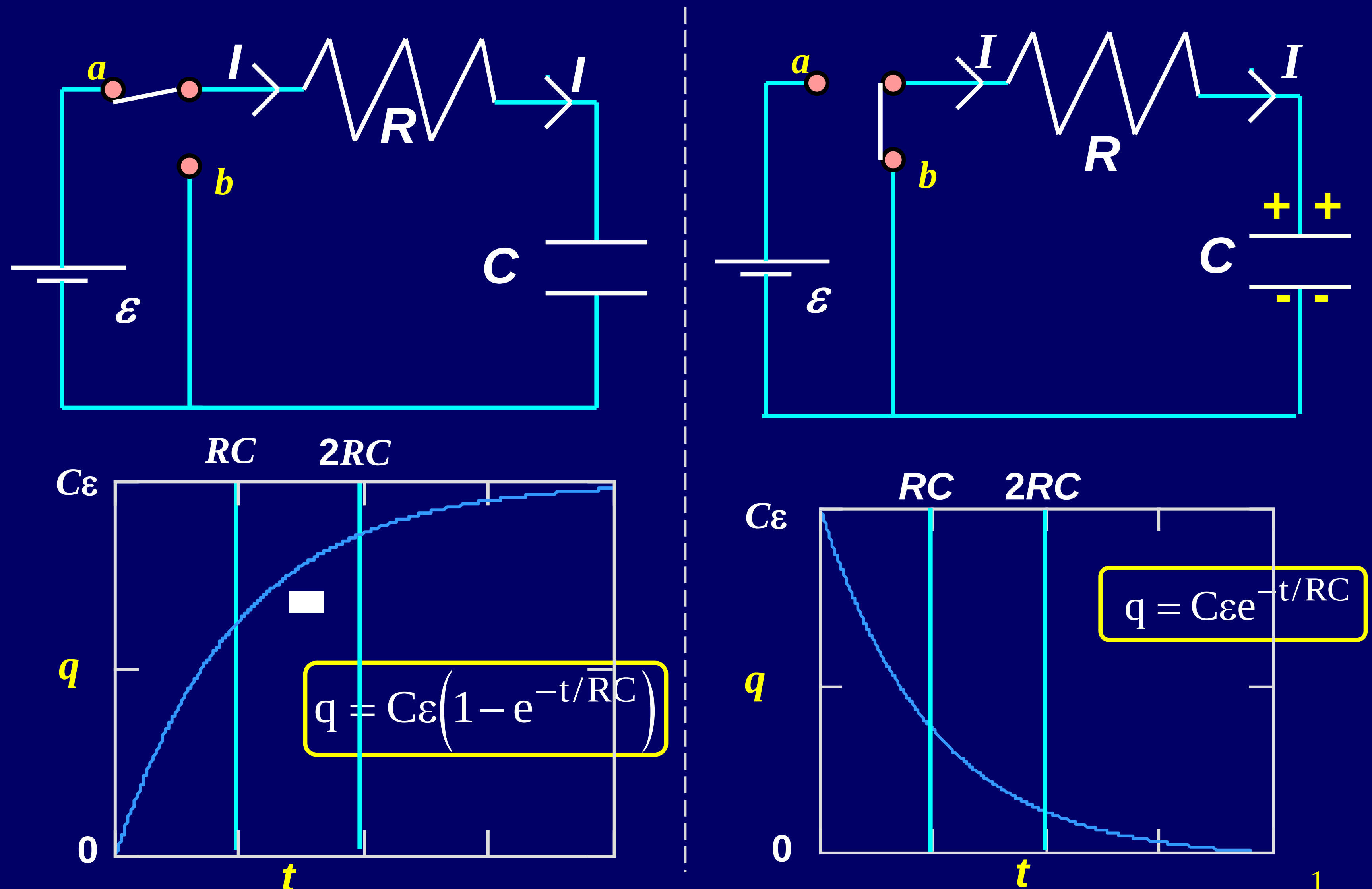
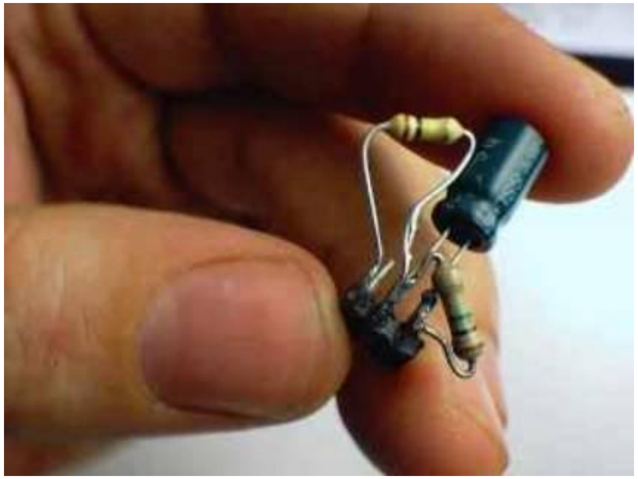
Circuitos RC

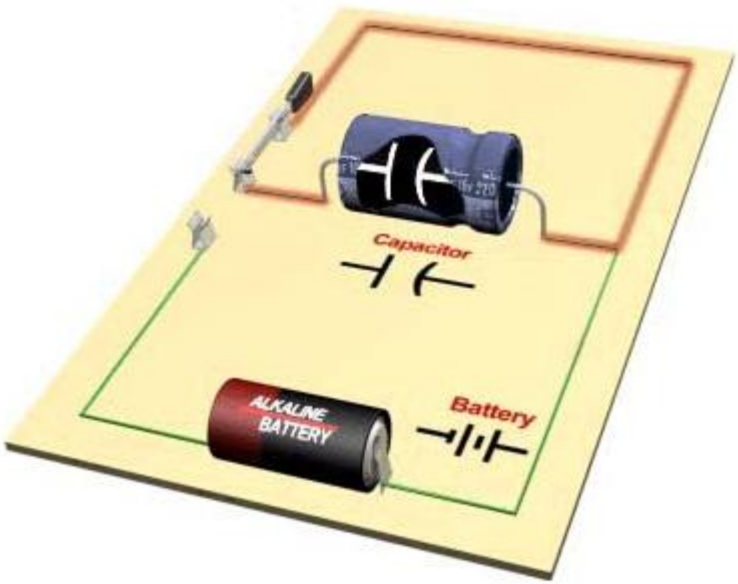


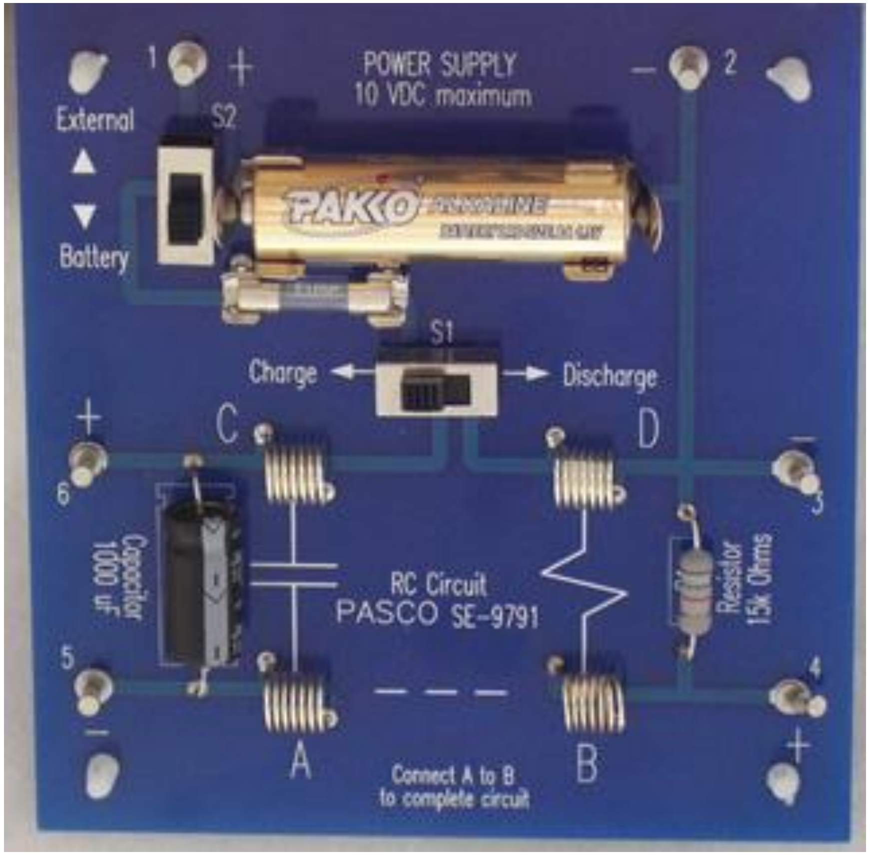
❖Los circuitos RC se encuentran entre los más útiles, simples y robustos circuitos eléctricos pasivos, y juegan un rol integral en los dispositivos de uso diario tales como luces de tráfico, marcapasos y equipos de audio.

❖Mientras sus aplicaciones son numerosas y variadas, son mayormente utilizados por su capacidad de filtrar señales y su sorprendente precisión.

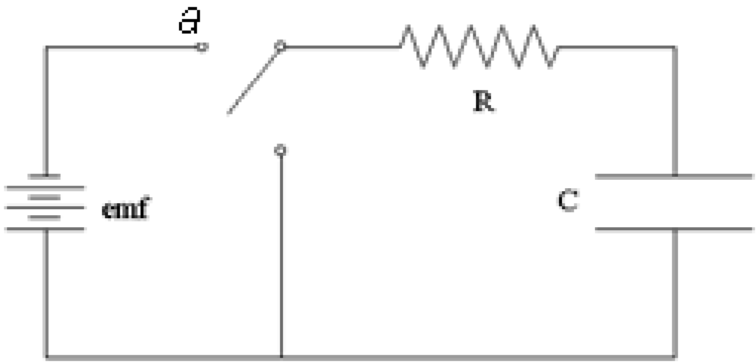


Carga y descarga de un capacitor





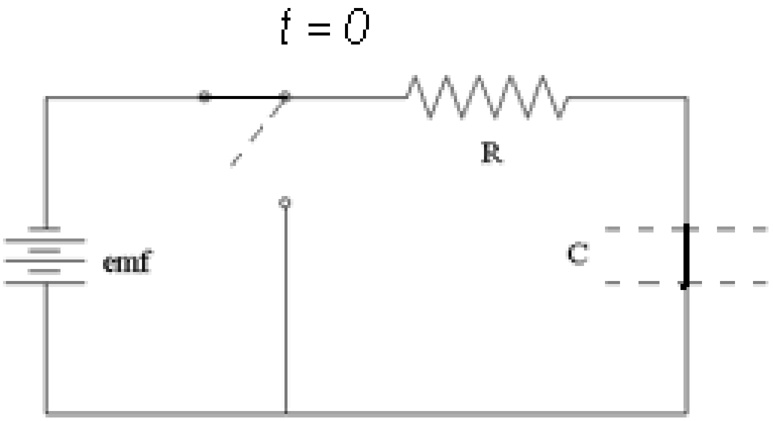
Revisión: Comportamiento de un Capacitor



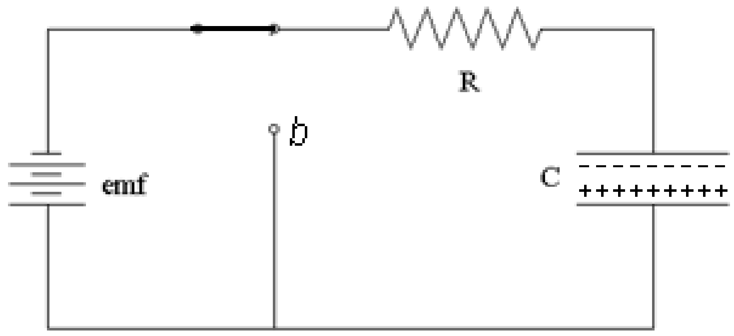
Cargando…(suponiendo que al instante de pasar el interruptor a la posición *a*, éste se encuentra descargado)

Al cerrar el interruptor, en ese instante, el capacitor se comporta como un corto (alambre)

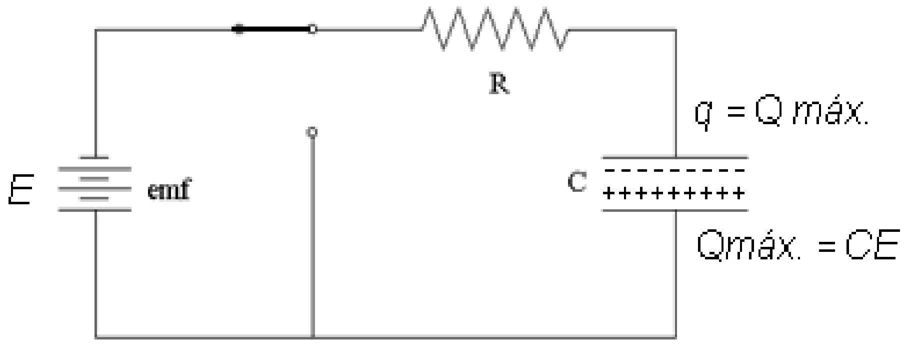
Al no tener carga el capacitor, la diferencia de potencial entre sus placas es cero, se comporta como un "corto"



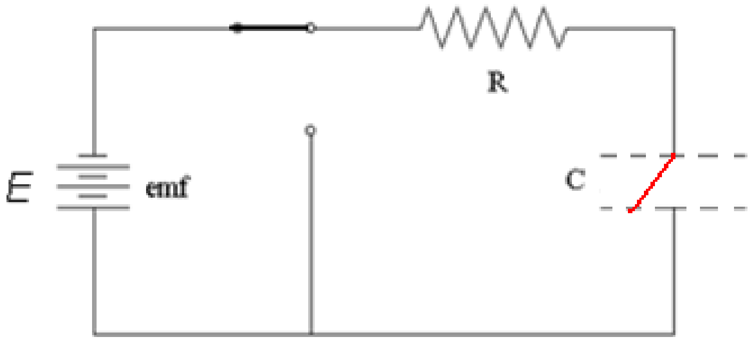
Revisión: Comportamiento de un Capacitor



Después de que el interruptor permanece cerrado por un tiempo muy largo.



El capacitor se carga completamente, adquiere su carga máxima.

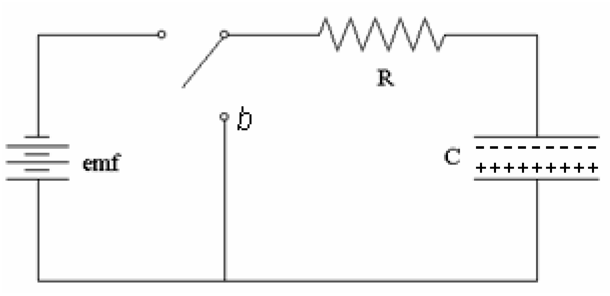


Al cargarse completamente, no permite el paso de corriente y se comporta como un circuito abierto.

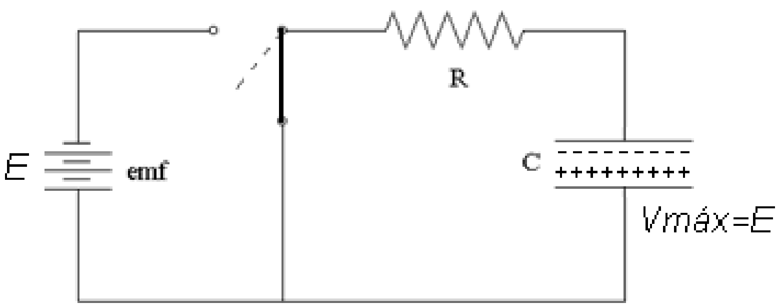
Revisión: Comportamiento de un Capacitor

Descargando....

•Inicialmente el capacitor se encuentra cargado. Al instante de pasar el interruptor a la posición b, el capacitor se comporta como una batería.

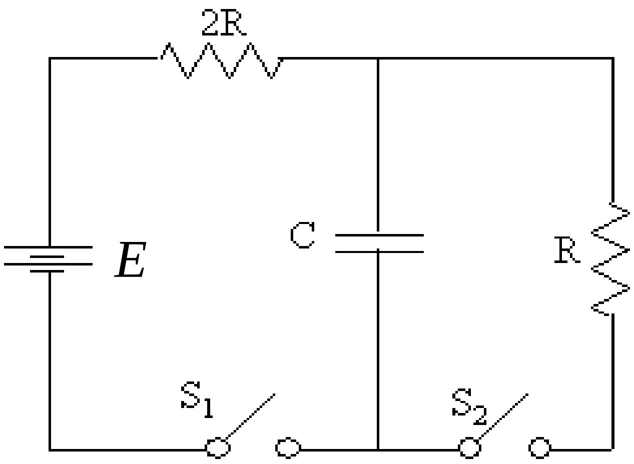


•Luego de que se "descarga" completamente, el capacitor se comporta como un alambre ("corto")



Comprobemos conceptos:

El capacitor se encuentra inicialmente descargado, y los dos interruptores están inicialmente abiertos.

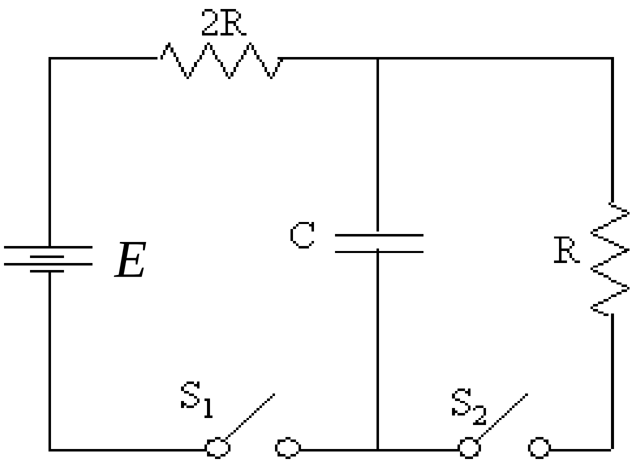


1) What is the voltage across the capacitor immediately after switch S_1 is closed?

a) $V_c = 0$ b) $V_c = E$ c) $V_c = 1/2\ E$

Comprobemos conceptos:

El capacitor se encuentra inicialmente descargado, y los dos interruptores están abiertos.

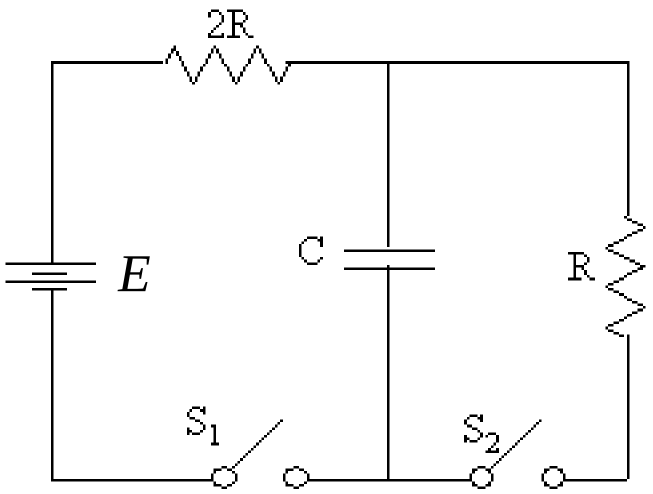


2) Find the voltage across the capacitor after the switch S_1 has been closed for a very long time.

a) $V_c = 0$ b) $V_c = E$ c) $V_c = 1/2\ E$

Prevuelo:

Después de permanecer cerrado por largo tiempo, el interruptor 1 es abierto y el interruptor 2 es cerrado. ¿Cuál es la corriente a través del resistor de la derecha inmediatamente después que el interruptor 2 es cerrado?



a) $I_R = 0$

b) $I_R = E/(3R)$

c) $I_R = E/(2R)$

d) $I_R = E/R$

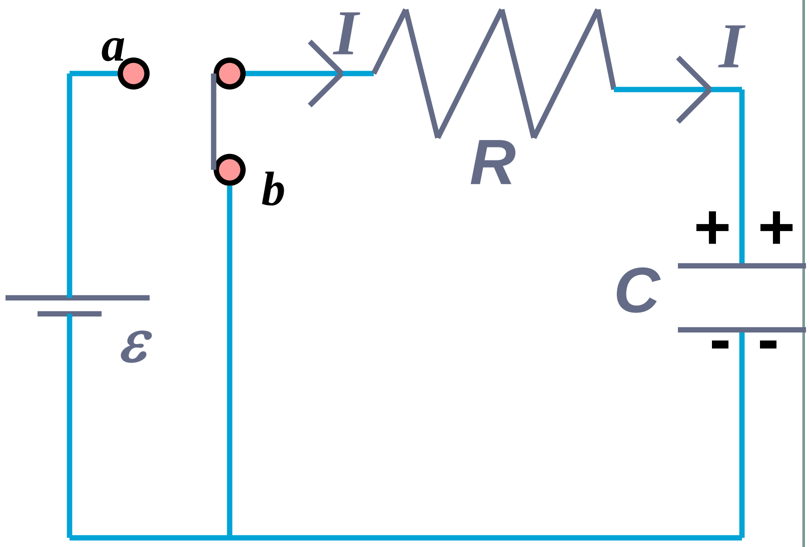
Circuito RC: tratamiento matemático
(Corriente variable (transitorio) -- descarga)

- **Descarga del capacitor:**

C está inicialmente cargado con
$Q = Q_0 = C\varepsilon$

Pase el "switch" de $a \rightarrow b$ a $t = 0$.

Calcule la carga y corriente en función del tiempo.



- **Teorema del lazo (LVK)** $\Rightarrow$ $$IR + \frac{Q}{C} = 0$$

- **Conviértala a una ecuación diferencial para Q:**

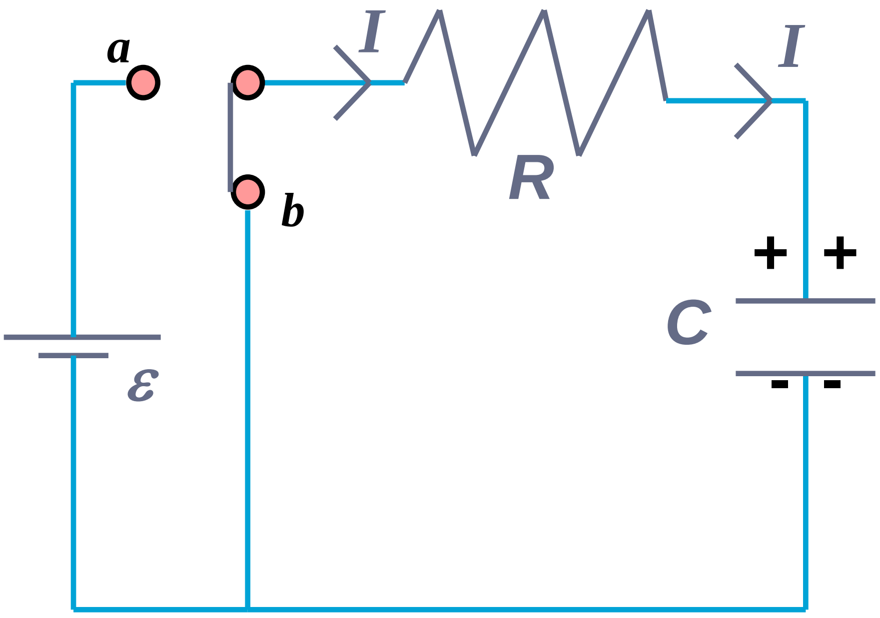
Note: la corriente que fluye del capacitor es …

$$I = +\frac{dQ}{dt} \quad \Rightarrow \quad \boxed{R\frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C} = 0}$$

Descarga del Capacitor: Q(t)

$$\boxed{R\frac{dQ}{dt}+\frac{Q}{C}=0}$$

C* está inicialmente cargado con *Q* = *Q*$_0$ = *Cε



- **Solución:**

$$\boxed{Q=Q_0e^{-t/\tau}=C\varepsilon e^{-t/RC}}$$

- **Comprobemos la solución:**

$$\frac{dQ}{dt}=C\varepsilon e^{-t/RC}\left(-\frac{1}{RC}\right)$$

$$\Rightarrow\ R\frac{dQ}{dt}+\frac{Q}{C}=-\varepsilon e^{-t/RC}+\varepsilon e^{-t/RC}=0\ !$$

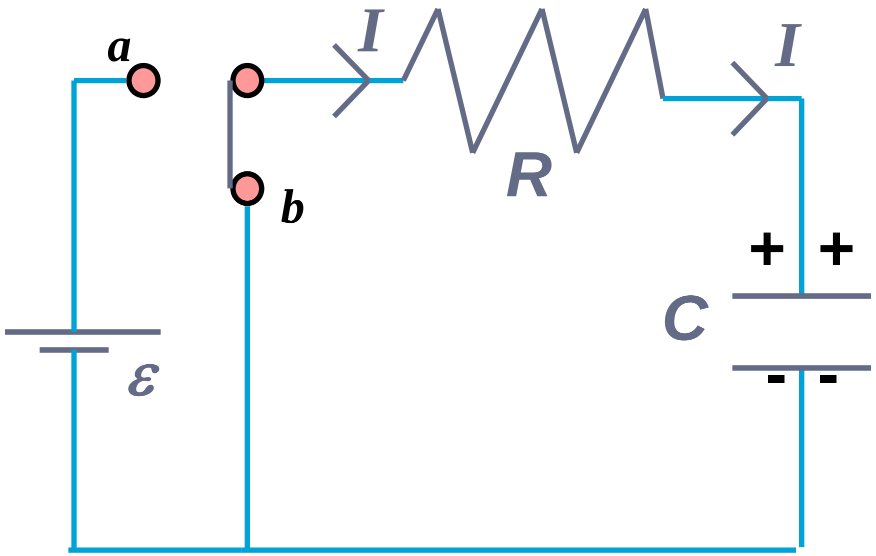
$$\tau=RC=Constante\,de\,tiempo\,capacitiva$$

La solución incorpora las condiciones de frontera (borde):

$$t=0\Rightarrow Q=C\varepsilon$$

$$t=\infty\Rightarrow Q=0$$

Descarga del Capacitor: I(t)



- **Descarga del capacitor:**

$$Q = Q_0 e^{-t/\tau} = C\varepsilon e^{-t/RC}$$

- **La corriente se encuentra derivando:**

$$\boxed{I = \frac{dQ}{dt} = -\frac{\varepsilon}{R} e^{-t/RC}} \Rightarrow$$

Signo menos:
La corriente es opuesta a la dirección original, las cargas fluyen desde el capacitor.

Conclusión:

- **El capacitor descarga exponencialmente con constante de tiempo** $\tau = RC$
- **La corriente disminuye desde su valor inicial máximo (= $-\varepsilon/R$) con la misma constante de tiempo**

Descarga del Capacitor

Descarga de C

$$Q = C\varepsilon e^{-t/RC}$$

Max = $C\varepsilon$

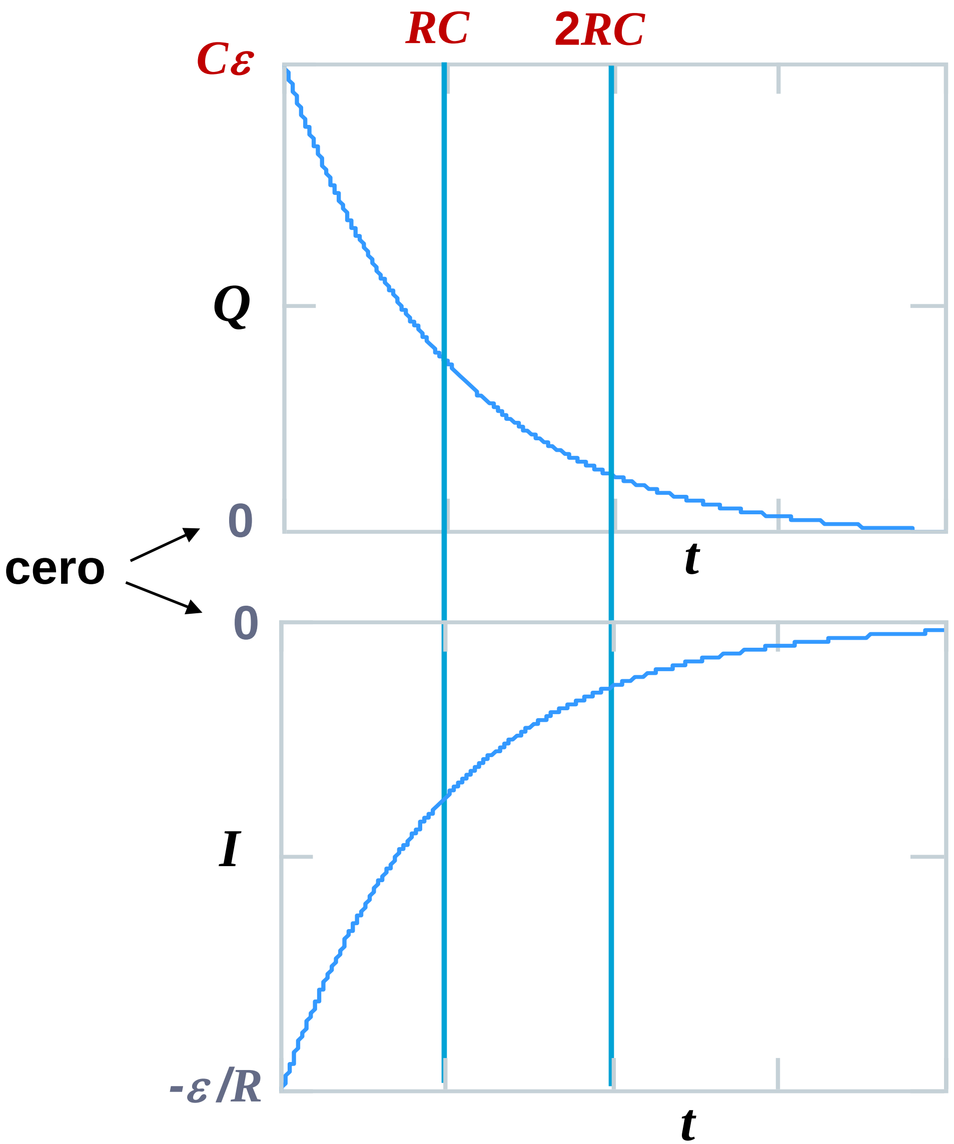
37% Max. a $t = RC$

Corriente

$$I = \frac{dQ}{dt} = -\frac{\varepsilon}{R} e^{-t/RC}$$

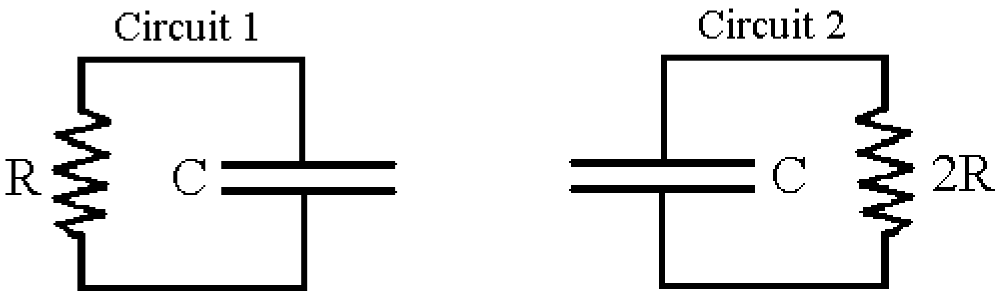
"Max" $= -\varepsilon/R$

37% Max. a $t = RC$



Preflight :

Los dos circuitos que se muestran contienen capacitores idénticos completamente cargados a $t=0$. El circuito 2 tiene el doble de resistencia que el circuito 1.



Compare the charge on the two capacitors a short time after $t = 0$

a) $Q_1 > Q_2$

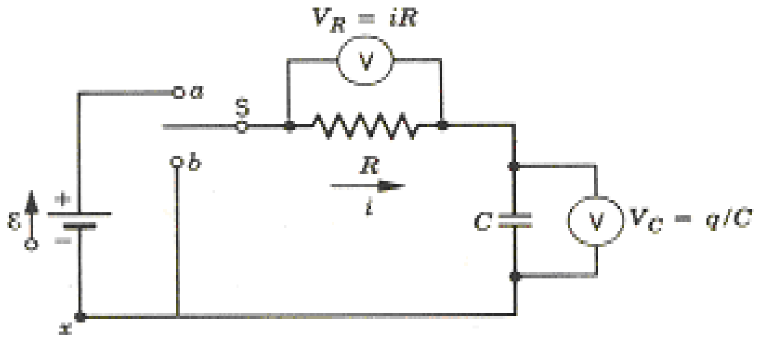
b) $Q_1 = Q_2$

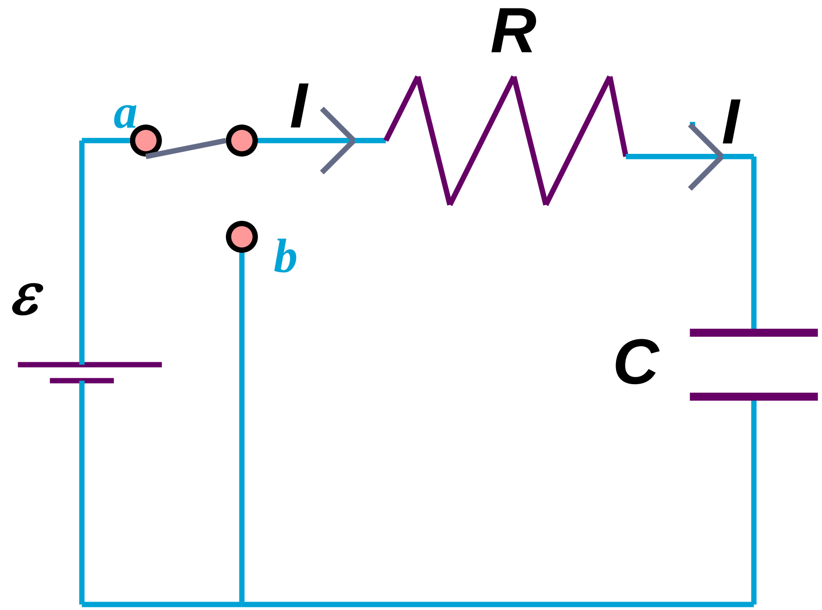
c) $Q_1 < Q_2$

Circuito RC
(Corriente variable en el tiempo: proceso de carga)

- **Carga del capacitor:**

  C está inicialmente descargado; conecte el interruptor en a a t=0





Calcule la carga y corriente
en funcion del tiempo

- teorema del lazo $\Rightarrow$ $\varepsilon - IR - \dfrac{Q}{C} = 0$

Importa el lugar donde
se coloque R en el lazo??

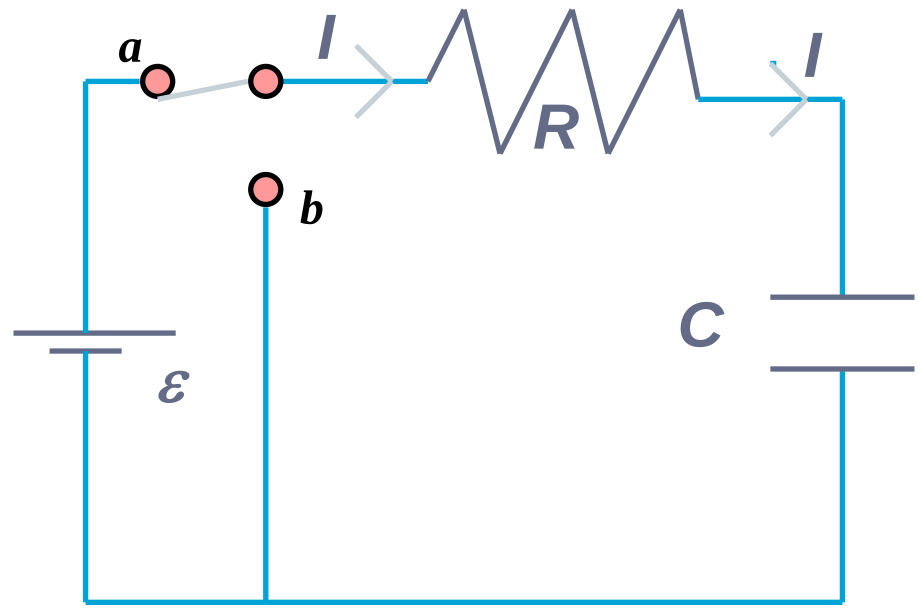
Convierta en una ecuación diferencial para Q:

$$I = \frac{dQ}{dt} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\varepsilon = R\frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C}}$$

Cargando el Capacitor: Q(t)

- **Carga del capacitor:**

$$\boxed{\varepsilon = R\frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C}}$$



- **Solución:**

$$\boxed{Q = C\varepsilon(1 - e^{-t/RC})}$$

Comprobemos la solución:

$$\frac{dQ}{dt} = C\varepsilon e^{-t/RC}\left(\frac{1}{RC}\right)$$

$$\Rightarrow \quad R\frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C} = \varepsilon e^{-t/RC} + \varepsilon(1 - e^{-t/RC}) = \varepsilon \qquad !$$

La solución incorpora las condiciones de frontera:

$$t = 0 \Rightarrow Q = 0$$

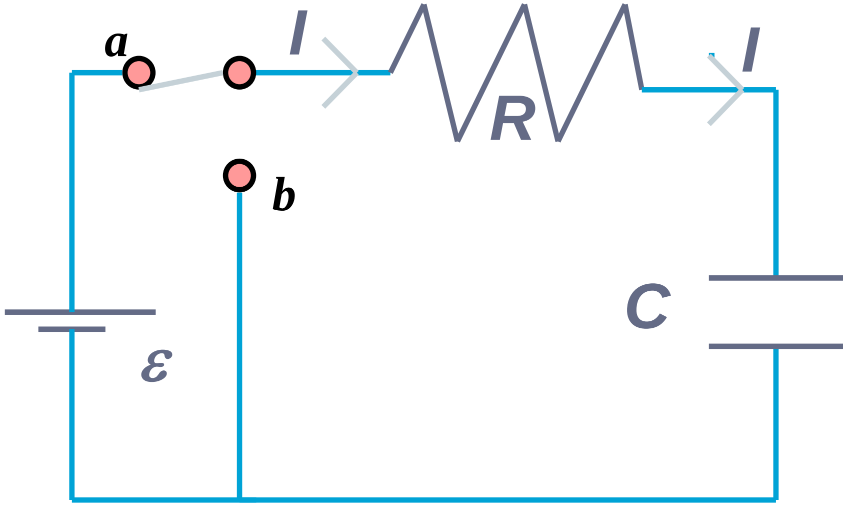
$$t = \infty \Rightarrow Q = C\varepsilon$$

Cargando el Capacitor: I(t)

- **Carga del capacitor:**

$$\boxed{Q = C\varepsilon\left(1 - e^{-t/RC}\right)}$$

- **La corriente se encuentra derivando la ecuación:**



$$\boxed{I = \frac{dQ}{dt} = \frac{\varepsilon}{R} e^{-t/RC}} \quad \Rightarrow$$

Conclusión:

- El Capacitor alcanza su carga final **($Q = C\varepsilon$)** *exponencialmente con una constante de tiempo* **$\tau = RC$.**
- La corriente disminuye desde su valor max. **($=\varepsilon/R$)** con la misma constante de tiempo.

Cargando el Capacitor

Carga de C

$$Q = C\varepsilon\left(1 - e^{-t/RC}\right)$$

Max = $C\varepsilon$

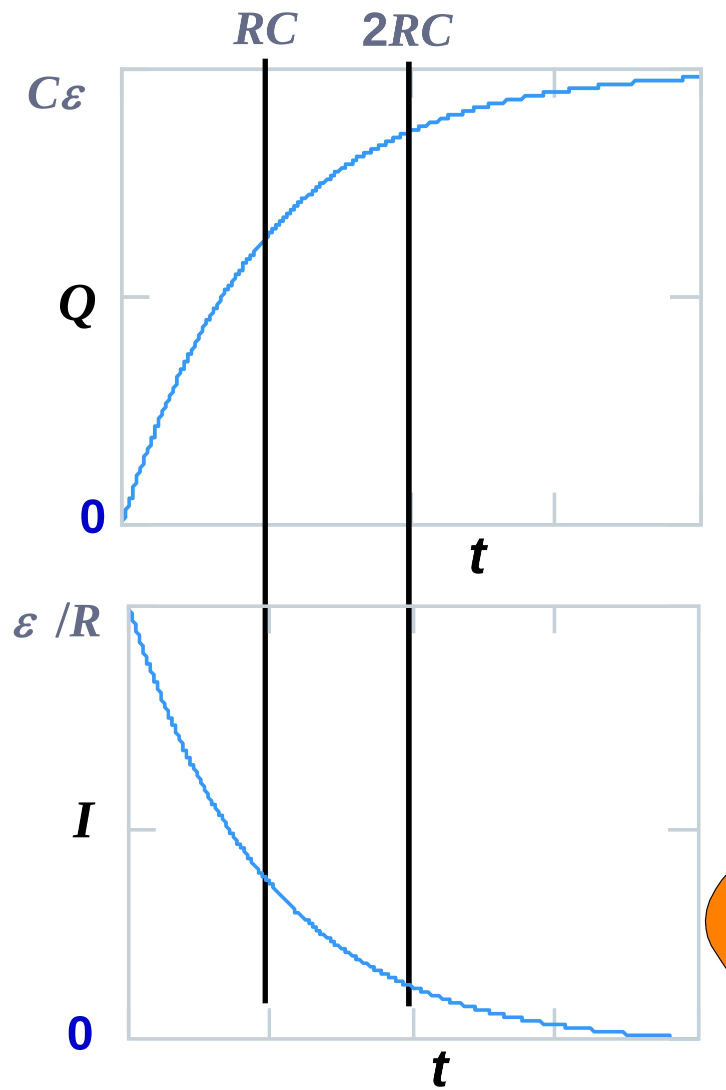
63% Max. a $t = RC$

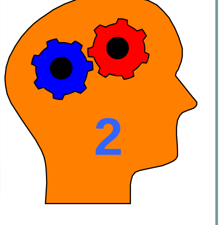
Corriente

$$I = \frac{dQ}{dt} = \frac{\varepsilon}{R}e^{-t/RC}$$

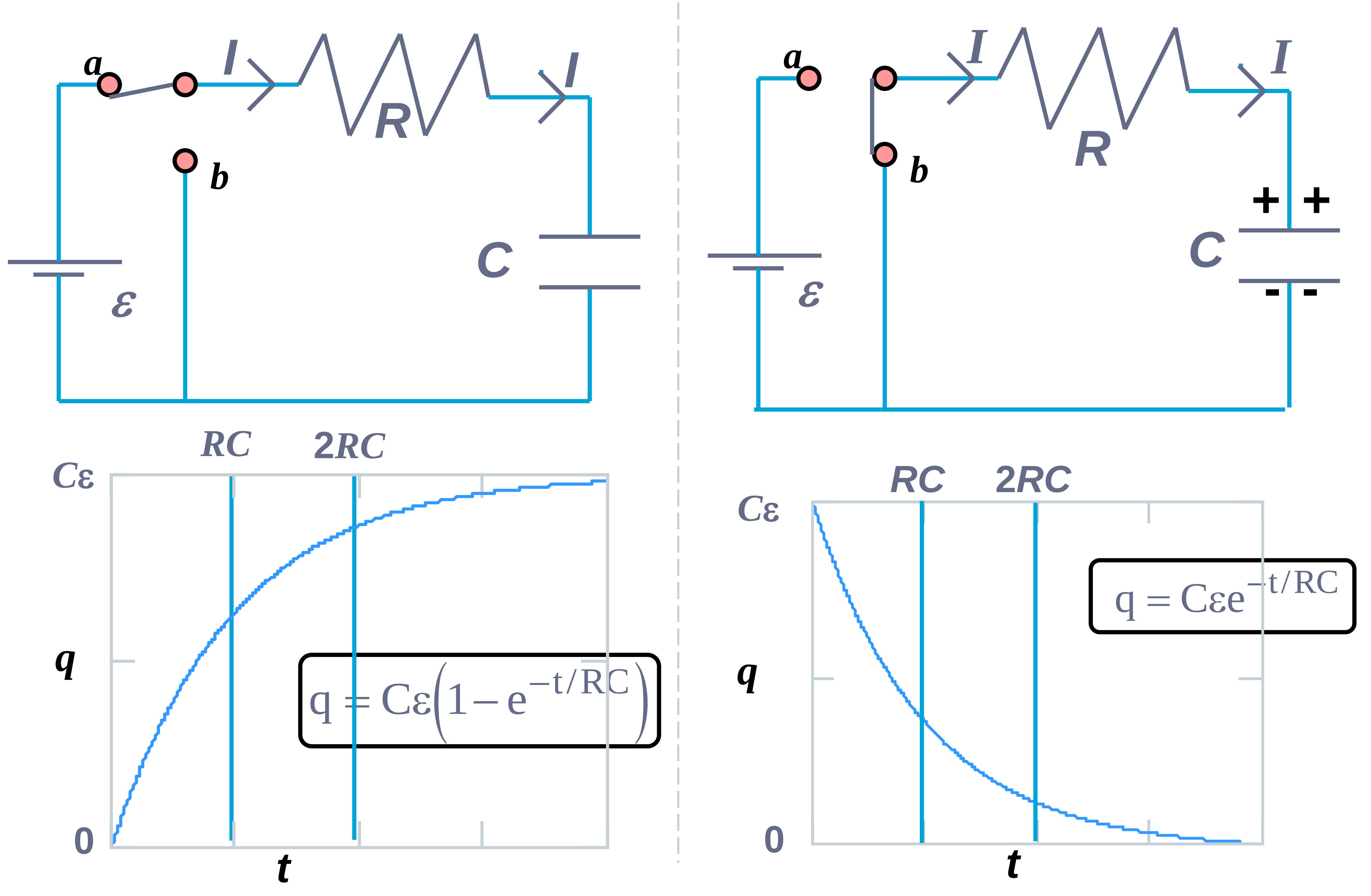
Max = ε/R

37% Max. a $t = RC$





Resumen: Carga y Descarga

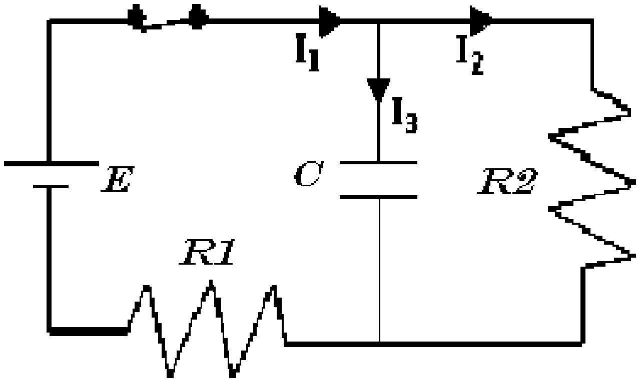


$$q = C\varepsilon\left(1 - e^{-t/RC}\right)$$

$$q = C\varepsilon e^{-t/RC}$$

Pregunta de concepto :

El circuito de abajo contiene una batería, un interruptor, un capacitor y dos resistencias.

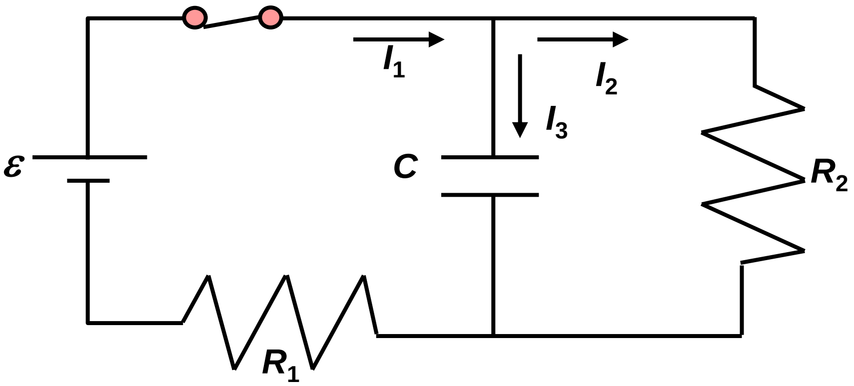


Find the current through R_1 after the switch has been closed for a long time.

a) $I_1 = 0$ b) $I_1 = E/R_1$ c) $I_1 = \mathrm{E}/(R_1 + R_2)$

ACT 3

- **A *t* = 0 el switch está cerrado en el circuito mostrado. El capacitor inicialmente descargado empieza a cargarse.**

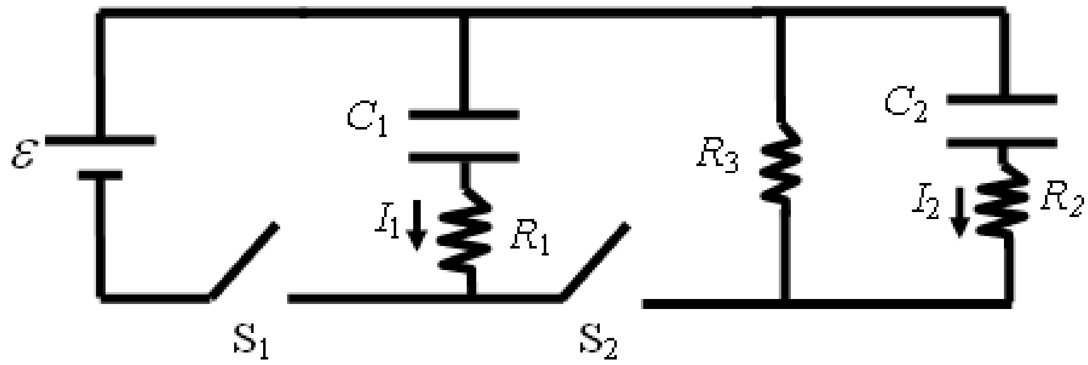


- **What will be the voltage across the capacitor a long time after the switch is closed?**

(a) $V_C = 0$ **(b)** $V_C = \varepsilon R_2/(R_1 + R_2)$ **(c)** $V_C = \varepsilon$

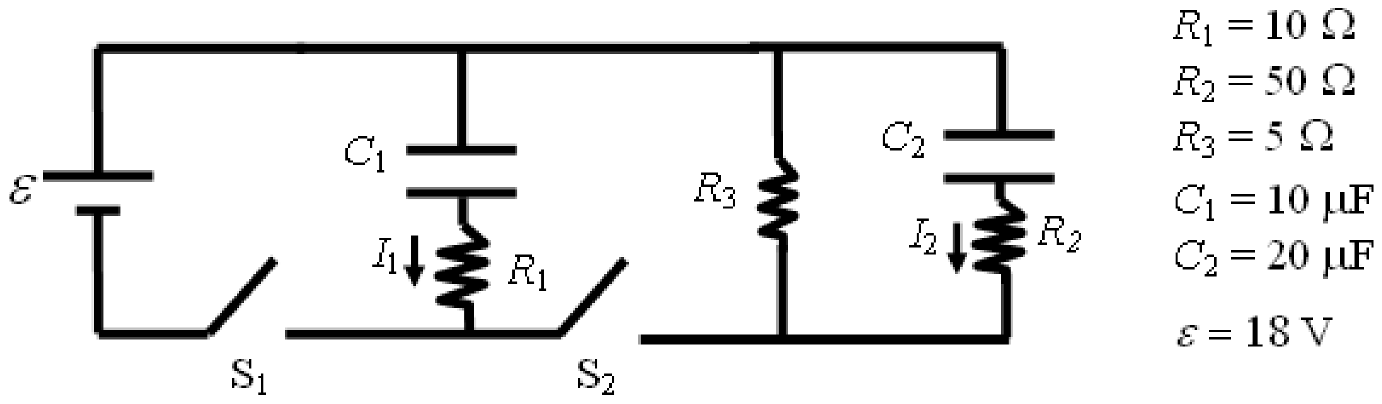
El circuito de abajo tiene dos capacitores, tres resistores, una batería y dos interruptores. Los interruptores, S_1 y S_2, se encuentran abiertos y los capacitores están descargados. Al instante t = 0 los dos interruptores se cierran. Immediatamente después de que los dos interruptores se cierran, ¿Cuál es la corriente I_2?

(a) $I_2 = 0.360$ A
(b) $I_2 = 0.240$ A
(c) $I_2 = 0$ A



$R_1 = 10\ \Omega$
$R_2 = 50\ \Omega$
$R_3 = 5\ \Omega$
$C_1 = 10\ \mu F$
$C_2 = 20\ \mu F$
$\varepsilon = 18$ V

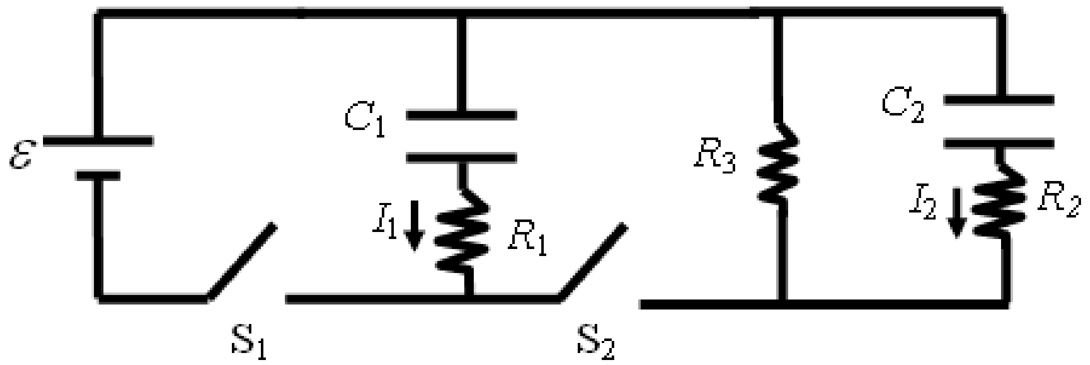
El circuito de abajo tiene dos capacitores, tres resistores, una batería y dos interruptores. Los interruptores, S_1 y S_2, se encuentran abiertos y los capacitores están descargados. Al instante t = 0 los dos interruptores se cierran.



Después de que los interruptores permanecen cerrados por un tiempo muy largo, ¿cuál es la corriente I_1?

(a) $I_1 = 0.240$ A
(b) $I_1 = 0.160$ A
(c) $I_1 = 0$ A

El circuito de abajo tiene dos capacitores, tres resistores, una batería y dos interruptores. Los interruptores, S_1 y S_2, se encuentran abiertos y los capacitores están descargados. Al instante t = 0 los dos interruptores se cierran.

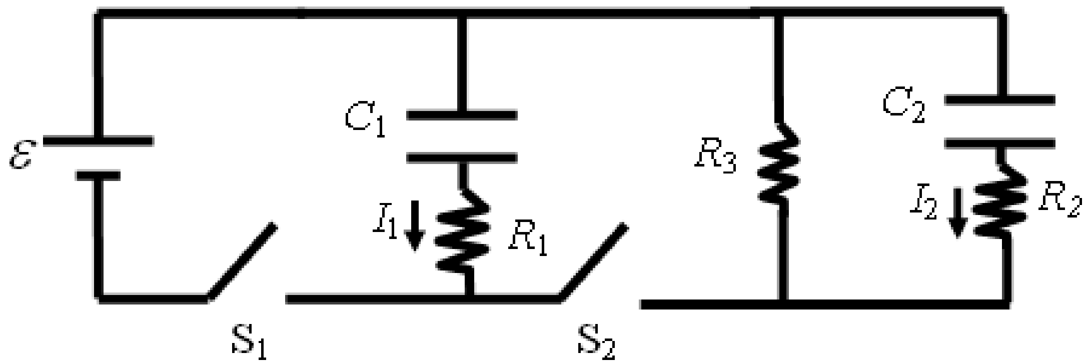


$R_1 = 10\ \Omega$
$R_2 = 50\ \Omega$
$R_3 = 5\ \Omega$
$C_1 = 10\ \mu F$
$C_2 = 20\ \mu F$
$\varepsilon = 18\ V$

Después de que los interruptores permanecen cerrados por un tiempo muy largo, ¿cuál es la energía total U, almacenada en los capacitores C_1 y C_2?

(a) $U = 2.01$ mJ
(b) $U = 2.16$ mJ
(c) $U = 3.20$ mJ
(d) $U = 4.86$ mJ
(e) $U = 1.14$ mJ

El circuito de abajo tiene dos capacitores, tres resistores, una batería y dos interruptores. Los interruptores, S_1 y S_2, se encuentran abiertos y los capacitores están descargados. Al instante t = 0 los dos interruptores se cierran.



$R_1 = 10\ \Omega$
$R_2 = 50\ \Omega$
$R_3 = 5\ \Omega$
$C_1 = 10\ \mu F$
$C_2 = 20\ \mu F$
$\varepsilon = 18\ V$

Después de que los interruptores permanecen cerrados por un tiempo muy largo, al instante T los dos interruptores se abren. Encuentre el instante t para el cual el voltaje V_{C2} a través del capacitor C_2 disminuye a ¼ de su valor máximo inicial.

(a) t = 0.202 ms + T
(b) t = 1.21 ms + T
(c) t = 1.52 ms + T

FIN DE ESTA UNIDAD

LA PROXIMA CLASE:

- **PRUEBA DE LECTURA DE LA UNIDAD: "CAMPO MAGNETICO (FUERZA MAGNETICA)"**
- **LECCION SOBRE: "CIRCUITOS ELECTRICOS"**