

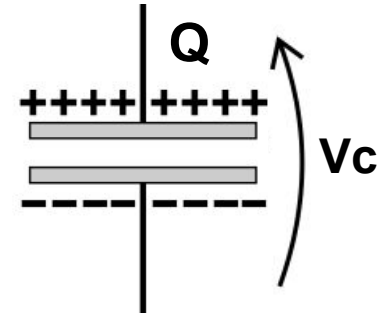
RC

# Respuesta temporal

# Repaso

$$C = \frac{Q}{V_c}$$

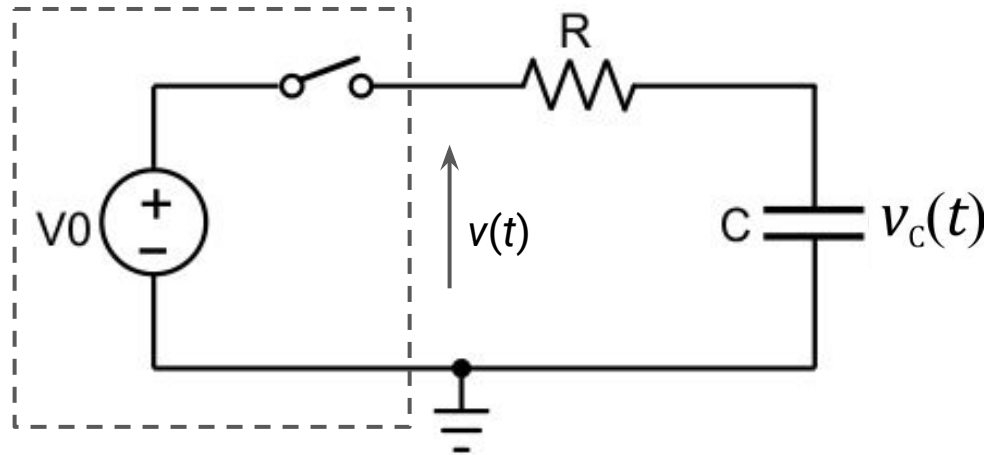
$$[F] = \frac{[C]}{[V]}$$



$$i(t) = C \frac{dv_c(t)}{dt}$$

*Relación entre tensión y corriente en un Capacitor*

Habíamos dejado planteado el siguiente circuito:

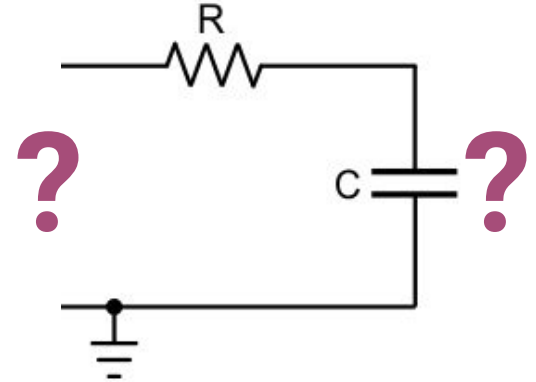


$$RC \frac{dv_C(t)}{dt} + v_C(t) = v(t)$$

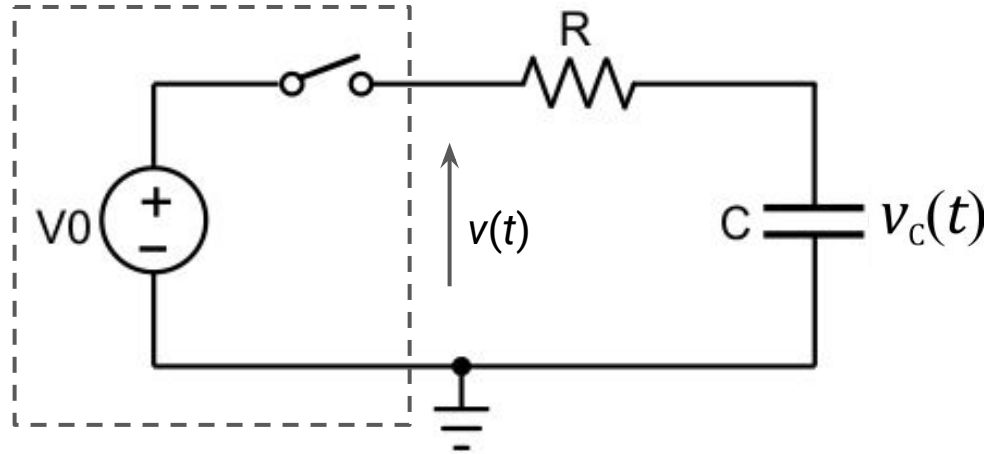
# Preguntas...

¿Qué forma de onda está excitando al circuito?

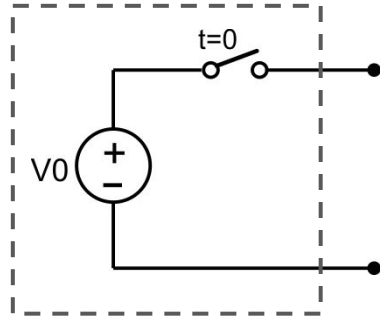
¿Cuál será la solución de la ecuación diferencial?



$$RC \frac{dv_C(t)}{dt} + v_C(t) = v(t)$$



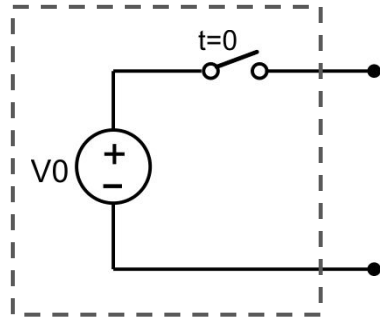
¿Qué forma de onda está excitando al circuito?



*¿Por qué usamos una fuente con un interruptor para excitar el circuito?*

# Circuito RC

# Respuesta transitoria



*¿Por qué usamos una fuente con un interruptor para excitar el circuito?*

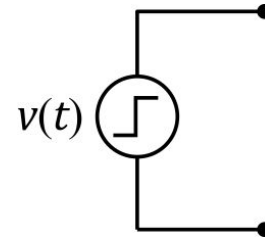
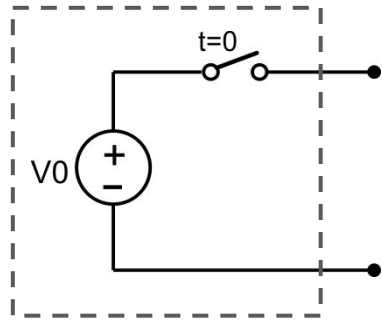
*Nos interesa estudiar la respuesta transitoria del circuito RC.*



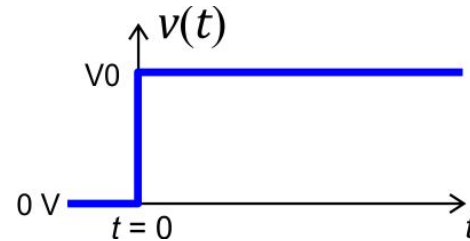


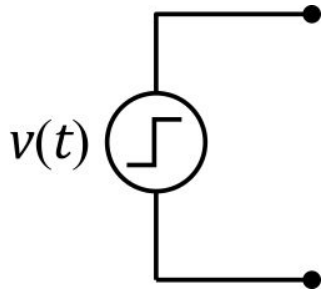
# Circuito RC

# Respuesta transitoria

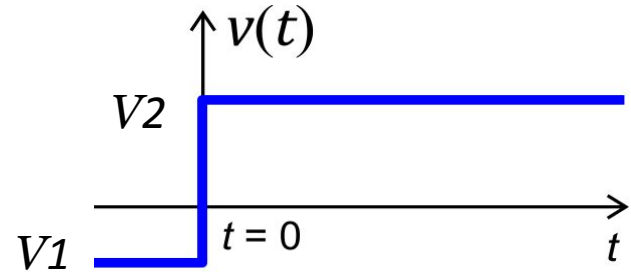


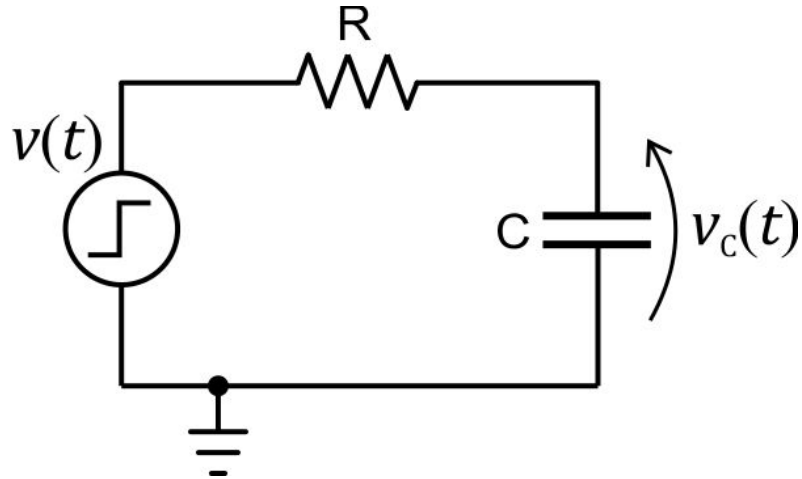
*Para analizar fenómenos transitorios, es muy común utilizar una entrada del tipo función **ESCALÓN**.*



Función **ESCALÓN** genérica

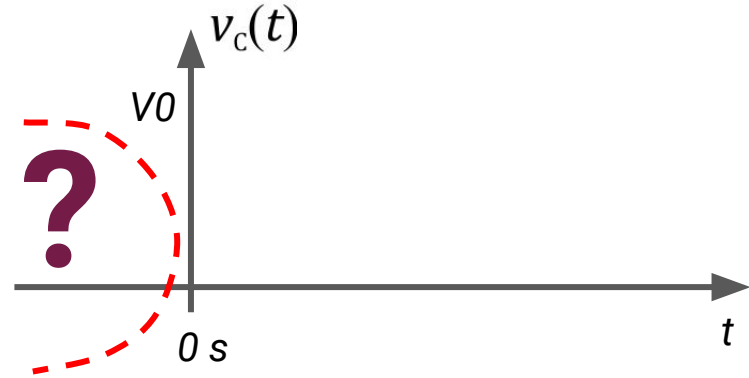
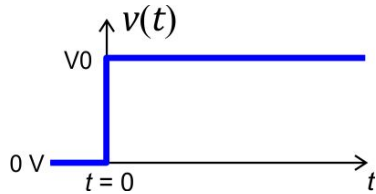
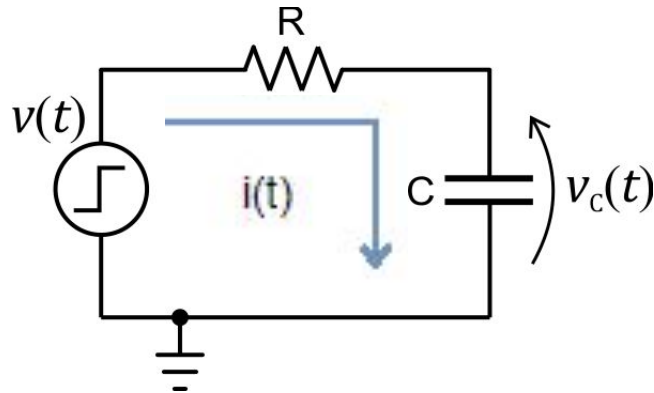
$$v(t) = \begin{cases} V_1 & t < 0 \\ V_2 & t \geq 0 \end{cases}$$





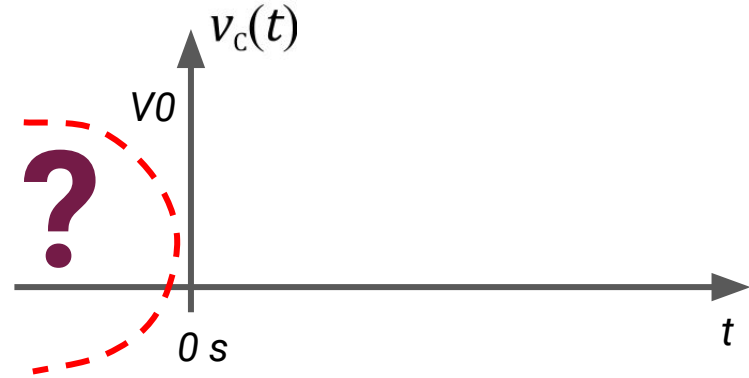
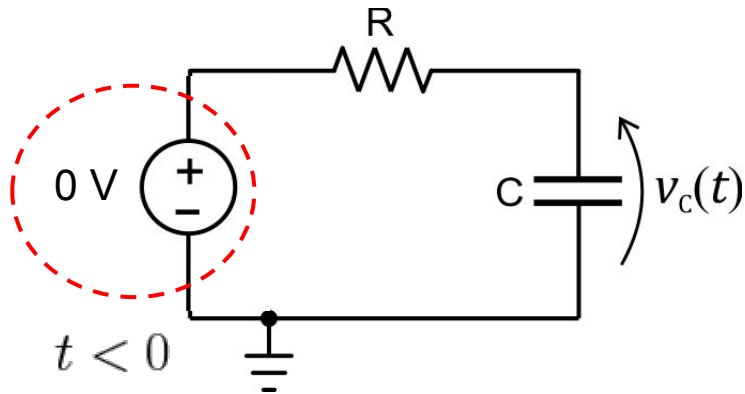
¿Cuál será la solución de la ecuación diferencial?

*Primero analicemos el comportamiento cualitativamente*

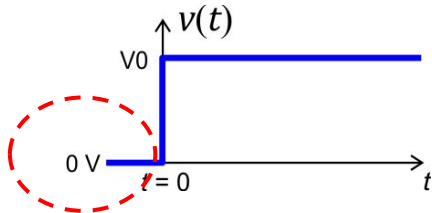


**¿Cuánto vale la tensión en el capacitor antes de  $t=0$ ?**

*Primero analicemos el comportamiento cualitativamente*



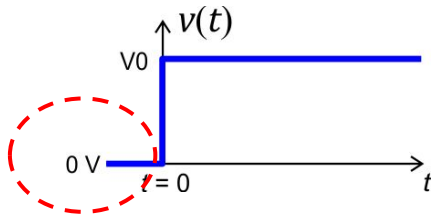
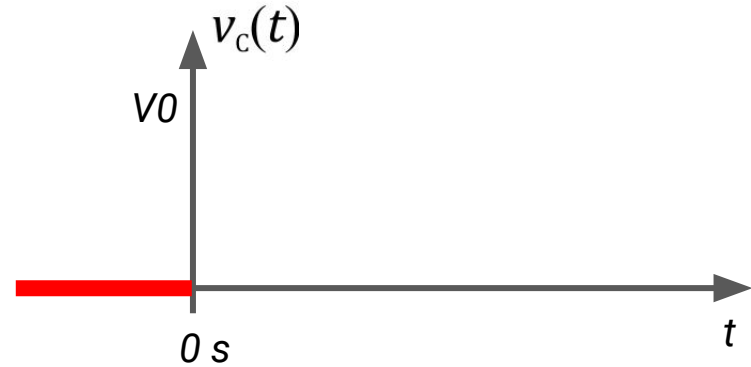
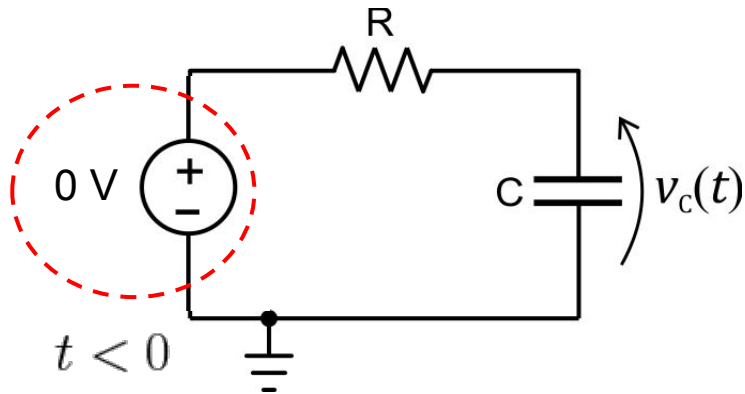
**¿Cuánto vale la tensión en el capacitor antes de  $t=0$ ?**



# Circuito RC

# Respuesta transitoria

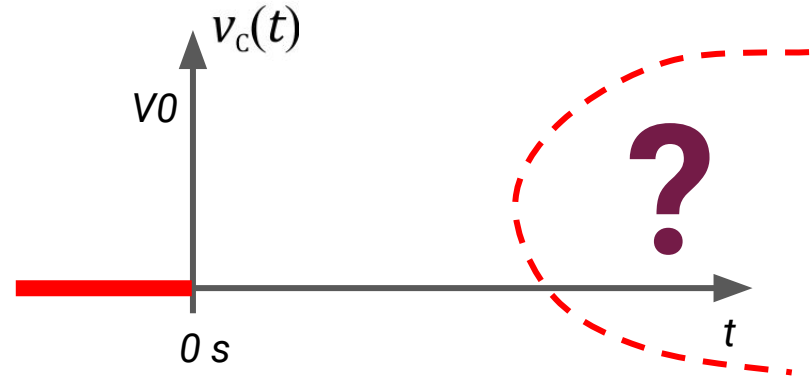
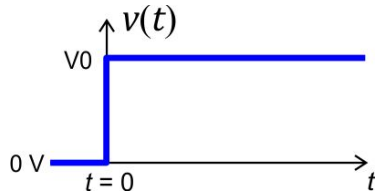
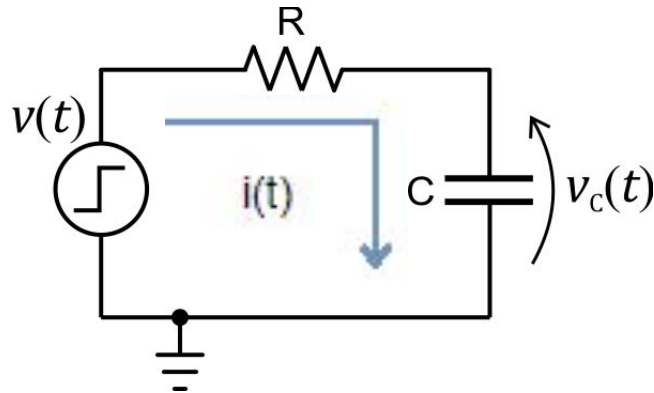
*Primero analicemos el comportamiento cualitativamente*



# Circuito RC

# Respuesta transitoria

*Primero analicemos el comportamiento cualitativamente*

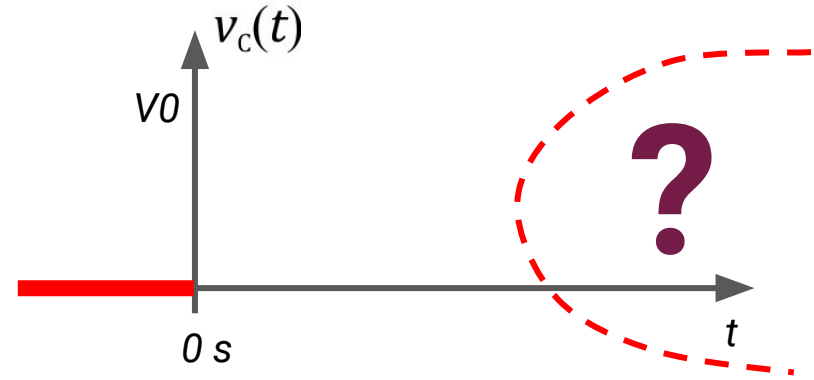
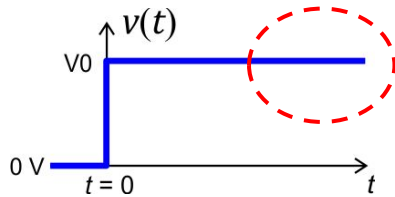
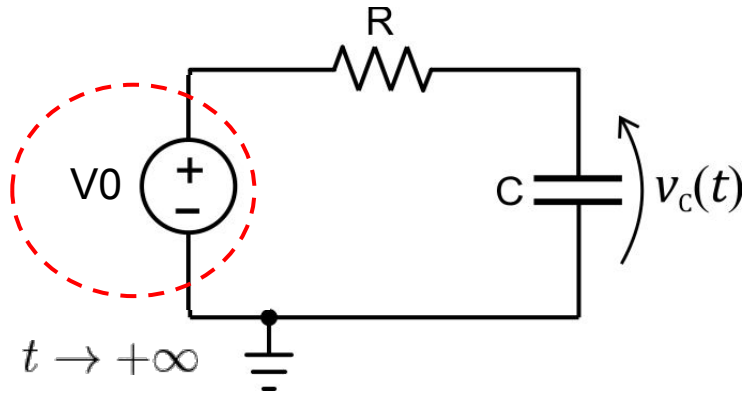


***¿Cuánto vale la tensión en el capacitor mucho tiempo después de  $t=0$ ?***

# Circuito RC

# Respuesta transitoria

*Primero analicemos el comportamiento cualitativamente*



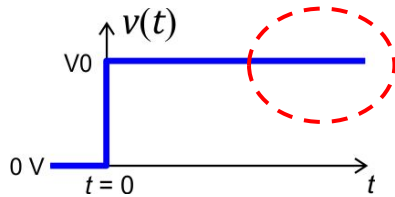
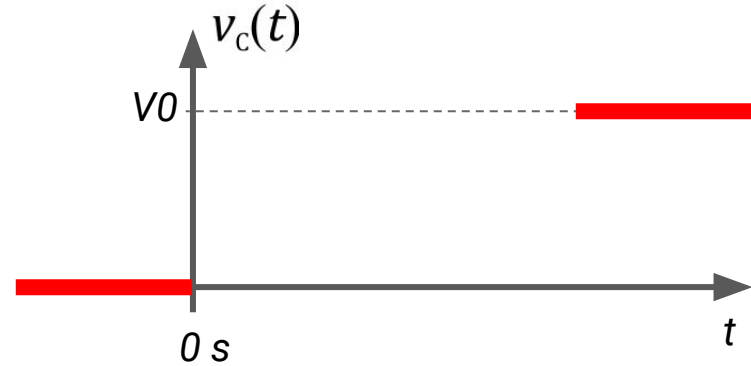
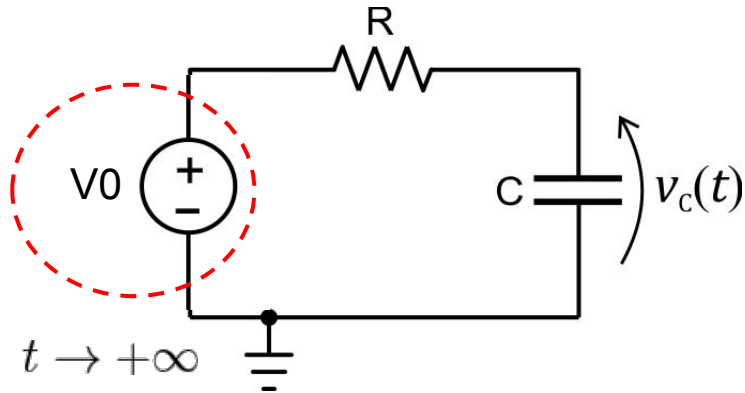
***¿Cuánto vale la tensión en el capacitor mucho tiempo después de  $t=0$ ?***



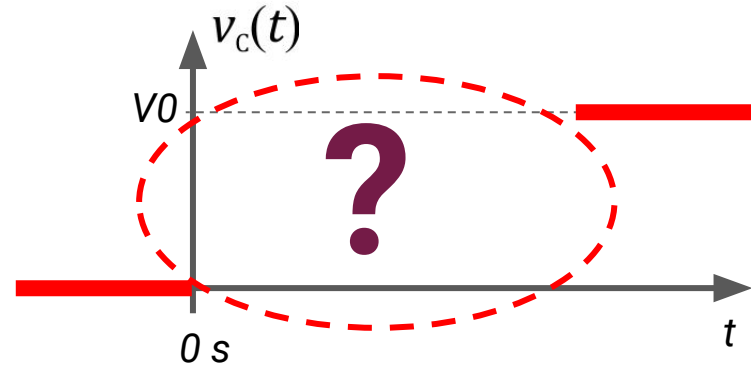
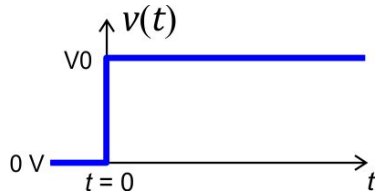
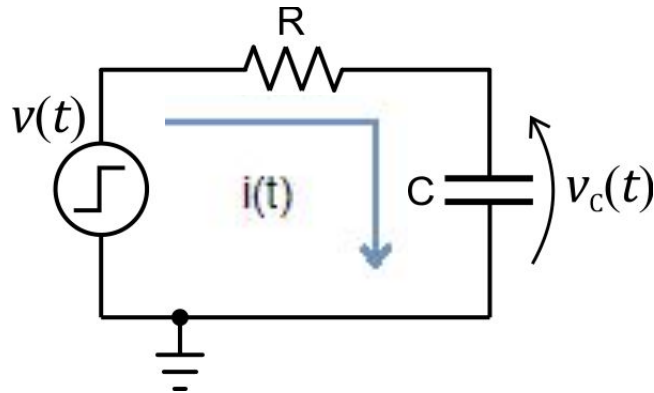
# Circuito RC

# Respuesta transitoria

*Primero analicemos el comportamiento cualitativamente*



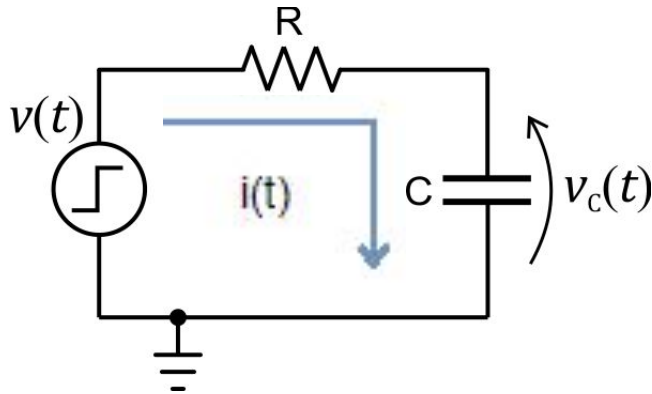
*Primero analicemos el comportamiento cualitativamente*



**¿Cuánto vale la tensión en el capacitor durante la transición?**

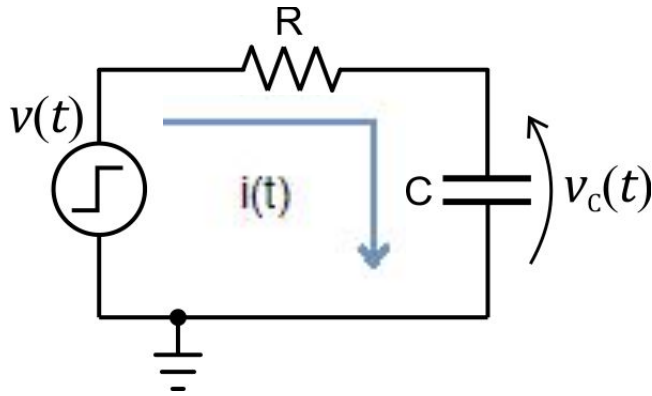
**Veamos la solución de la  
ecuación diferencial ...**

Solución de la ecuación diferencial para un **escalón de entrada**



$$RC \frac{dv_C(t)}{dt} + v_C(t) = v(t)$$

Solución de la ecuación diferencial para un **escalón de entrada**



$$RC \frac{dv_C(t)}{dt} + v_C(t) = v(t)$$

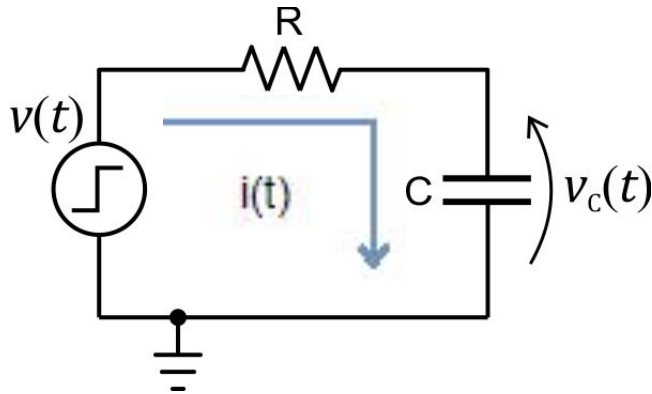
$$v_C(t) = V_f + (V_i - V_f)e^{-t/RC}$$

$$V_i = v_C(0)$$

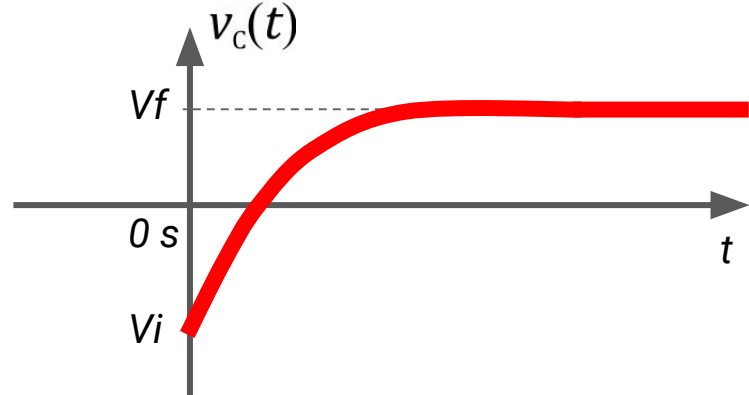
$$V_f = v_C(\infty)$$

Condición inicial

*Solución de la ecuación diferencial para un escalón de entrada*

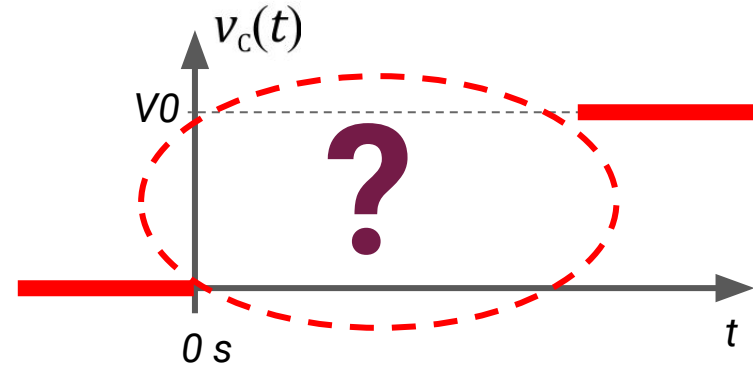
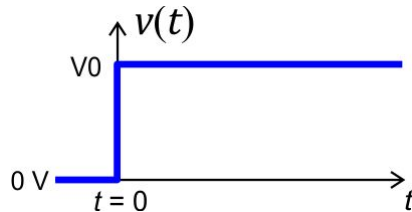
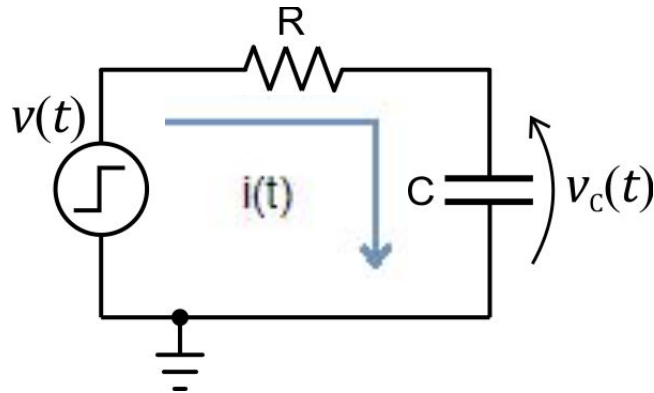


$$v_C(t) = V_f + (V_i - V_f)e^{-t/RC}$$



**Volvamos al ejemplo...**

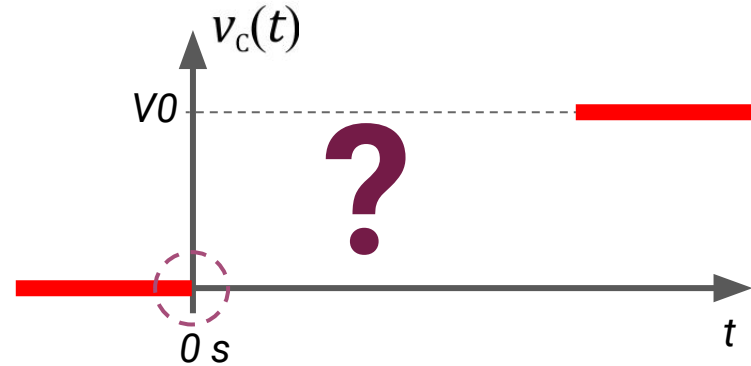
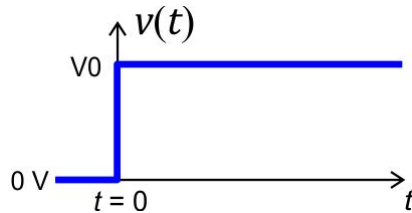
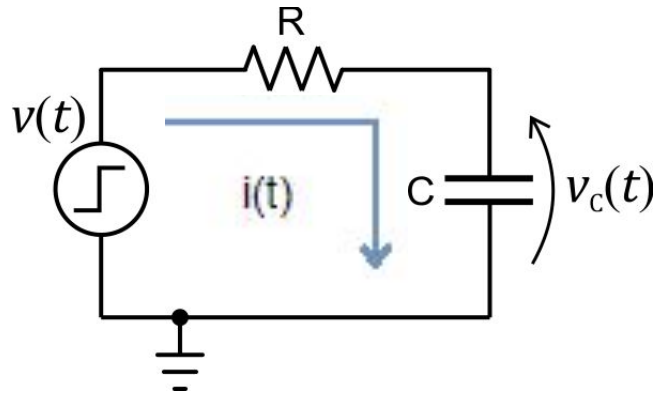
*Primero analicemos el comportamiento cualitativamente*



***¿Cuánto vale la tensión en el capacitor durante la transición?***



*Primero analicemos el comportamiento cualitativamente*



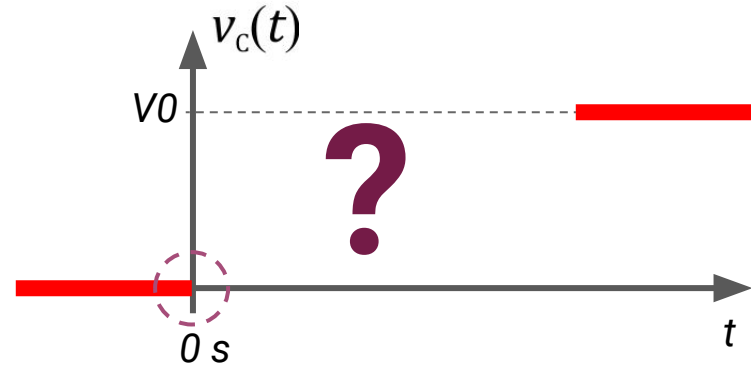
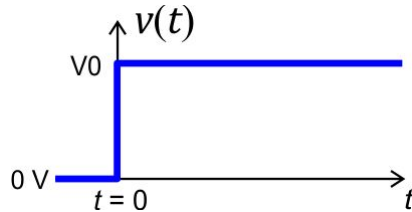
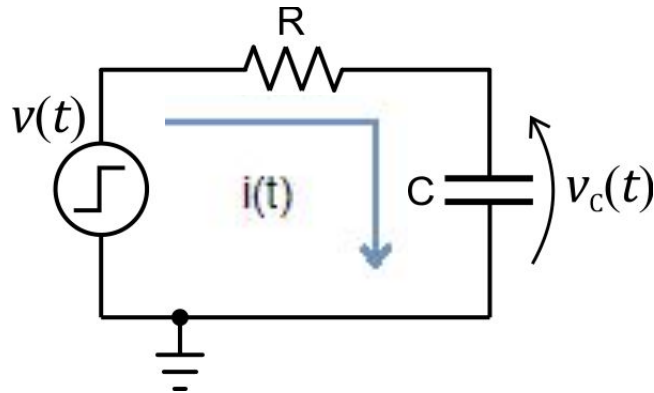
**¿Cuánto vale la tensión en  $t=0$ ?  
(condición inicial)**

$V_i$

# Circuito RC

# Respuesta transitoria

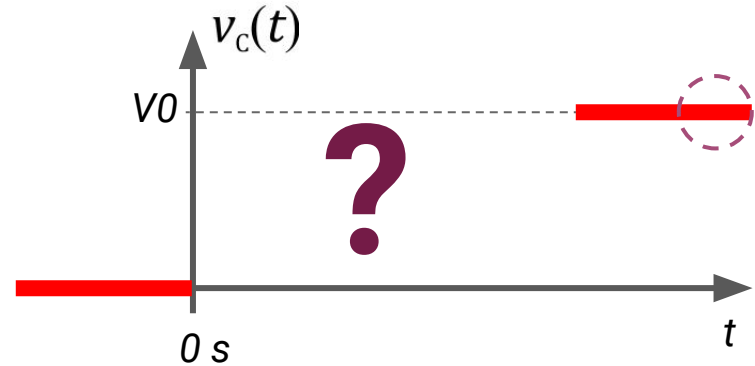
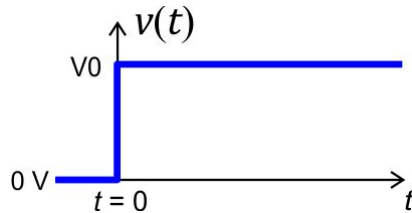
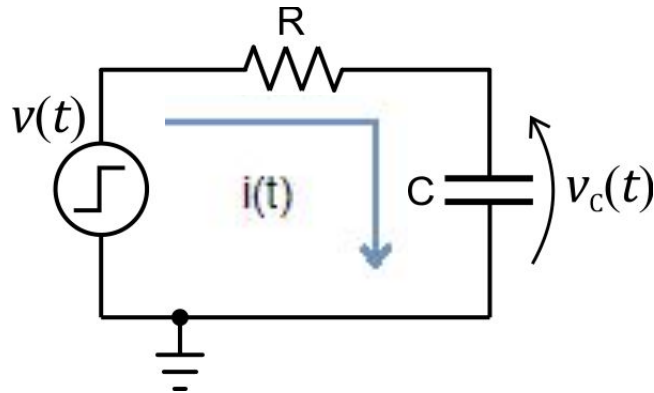
*Primero analicemos el comportamiento cualitativamente*



**¿Cuánto vale la tensión en  $t=0$ ?  
(condición inicial)**

$$V_i = 0 V$$

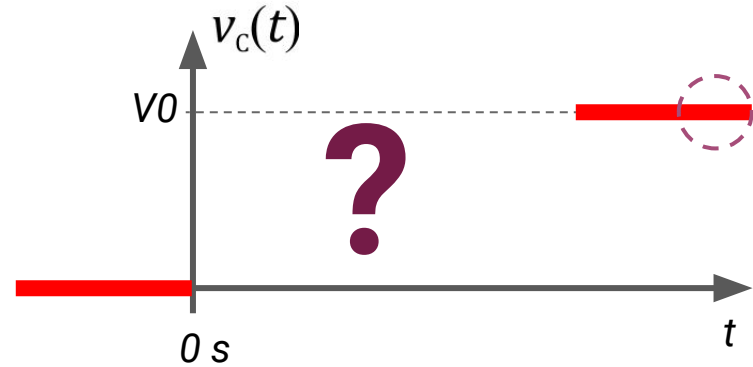
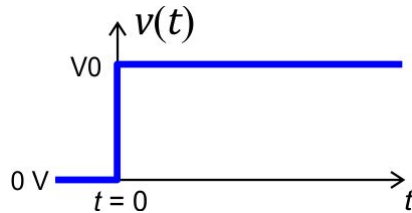
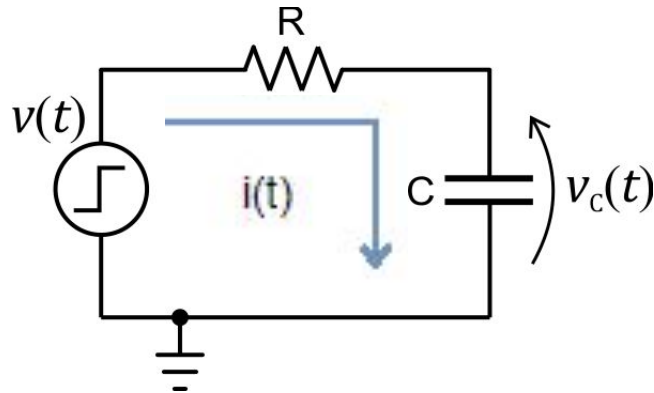
*Primero analicemos el comportamiento cualitativamente*



**¿Cuánto vale la tensión en  $t = \infty$ ? (condición final)**

$V_f$

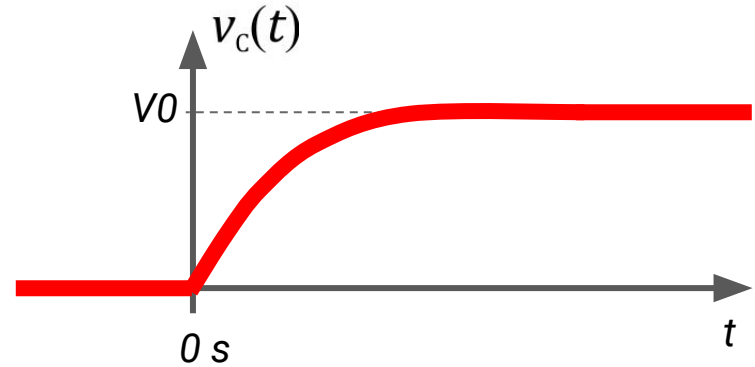
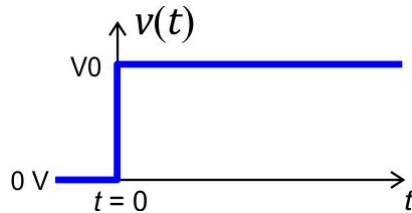
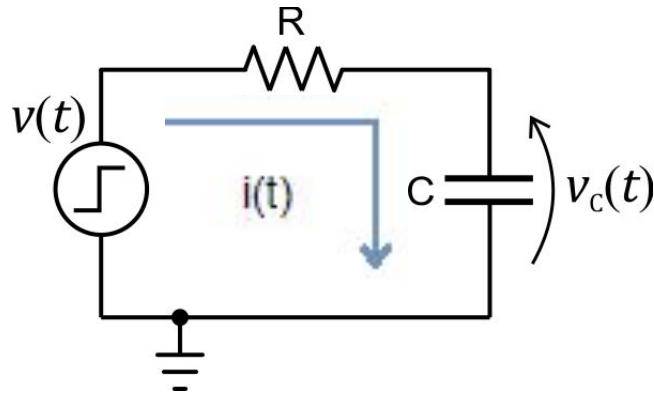
*Primero analicemos el comportamiento cualitativamente*



**¿Cuánto vale la tensión en  $t=\infty$ ? (condición final)**

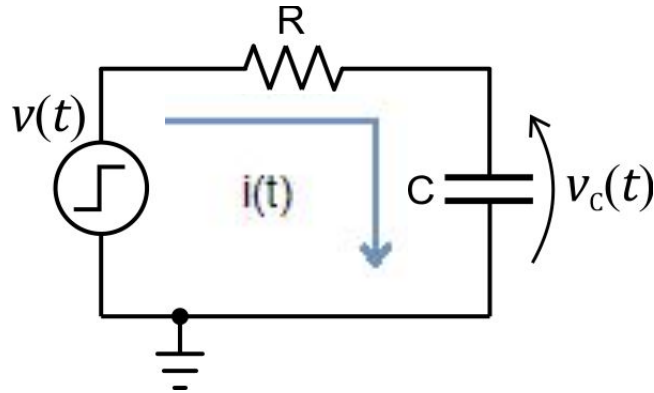
$$V_f = V_0$$

*Primero analicemos el comportamiento cualitativamente*

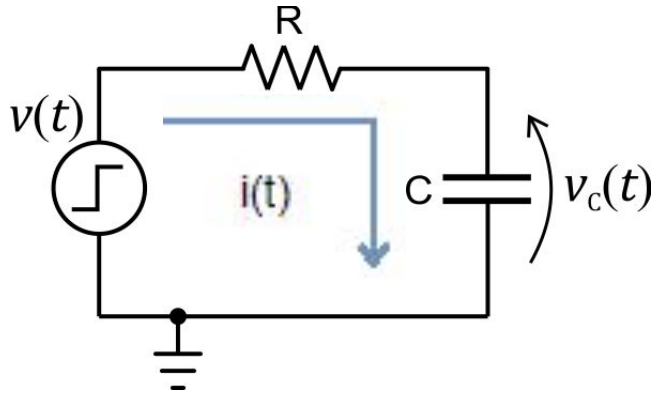


$$v_c(t) = V_0 \left( 1 - e^{-t/RC} \right) \quad t \geq 0$$

¿Cuánto vale la corriente  $i(t)$ ?



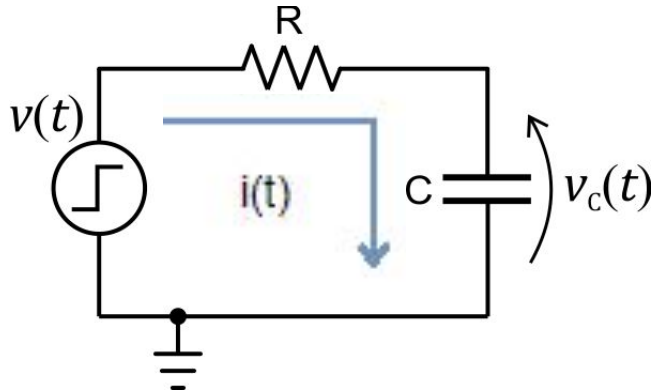
¿Cuánto vale la corriente  $i(t)$ ?



Sabemos que:

$$v_C(t) = V_0 \left( 1 - e^{-t/RC} \right)$$

¿Cuánto vale la corriente  $i(t)$ ?



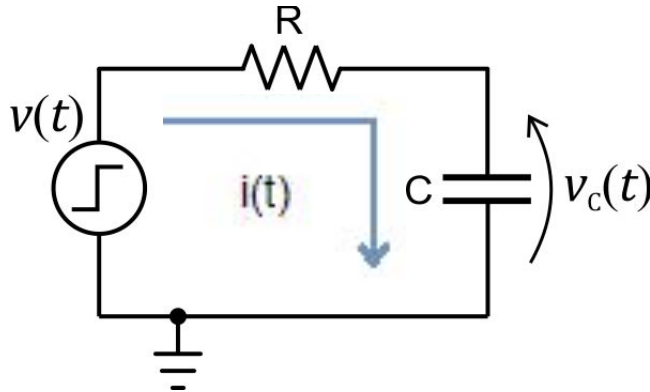
Sabemos que:

$$v_C(t) = V_0 \left( 1 - e^{-t/RC} \right)$$

$$i(t) = C \frac{dv_C(t)}{dt}$$



¿Cuánto vale la corriente  $i(t)$ ?



Corriente sobre el capacitor  
en función del tiempo

Sabemos que:

$$v_C(t) = V_0 \left(1 - e^{-t/RC}\right)$$

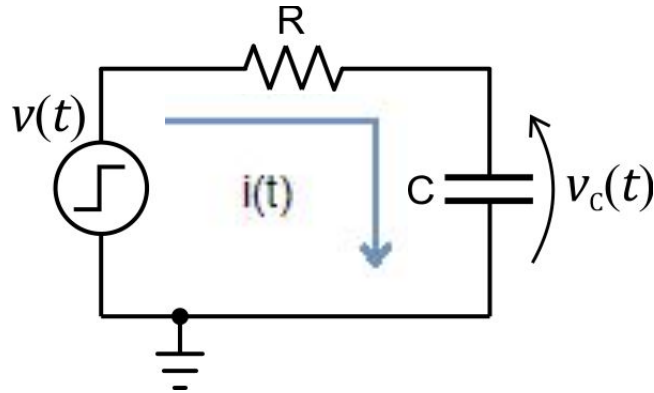
$$i(t) = C \frac{dv_C(t)}{dt}$$

$$i(t) = \frac{V_0}{R} e^{-t/RC}$$

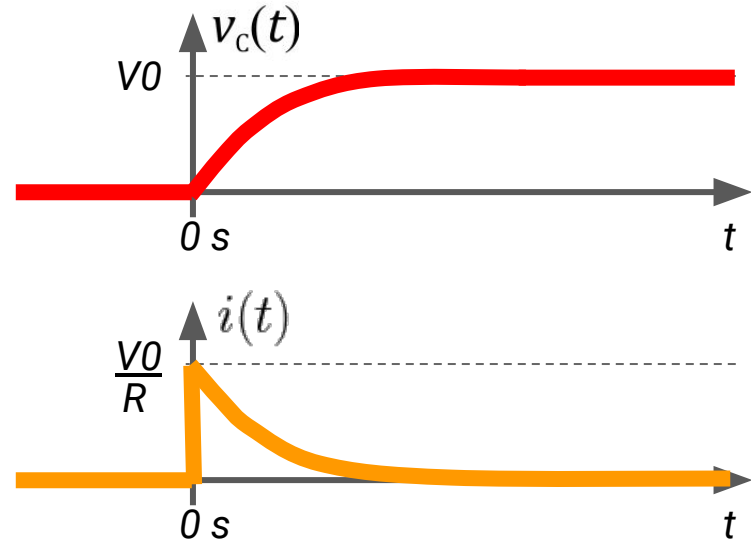
# Circuito RC

# Respuesta transitoria

¿Cuánto vale la corriente  $i(t)$ ?



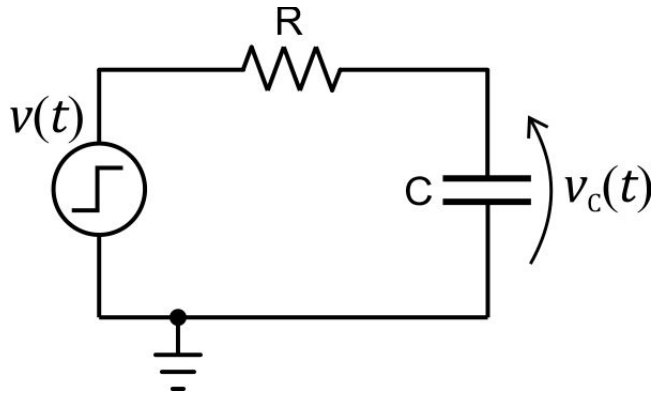
$$v_C(t) = V_0 \left(1 - e^{-t/RC}\right)$$



$$i(t) = \frac{V_0}{R} e^{-t/RC}$$

# Constante de tiempo

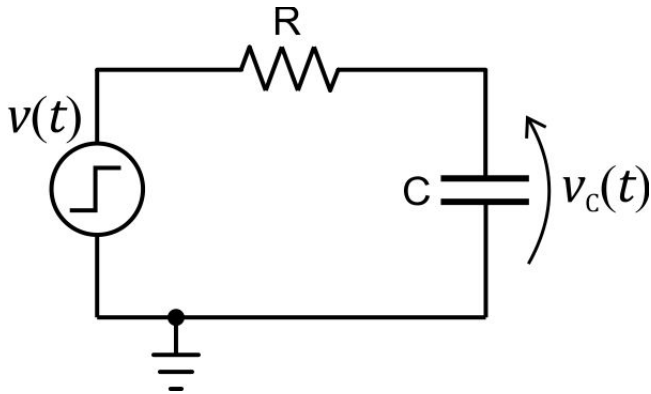
¿Cómo caracterizar el tiempo de respuesta a un escalón?



$$v_C(t) = V_0 \left( 1 - e^{-t/RC} \right)$$

- La constante  **$RC$**  tiene un nombre especial: “**constante de tiempo**”.
- Tiene unidades de *segundos* [s].
- Se suele representar con la letra griega  $\tau$  (tau).

¿Cómo caracterizar el tiempo de respuesta a un escalón?

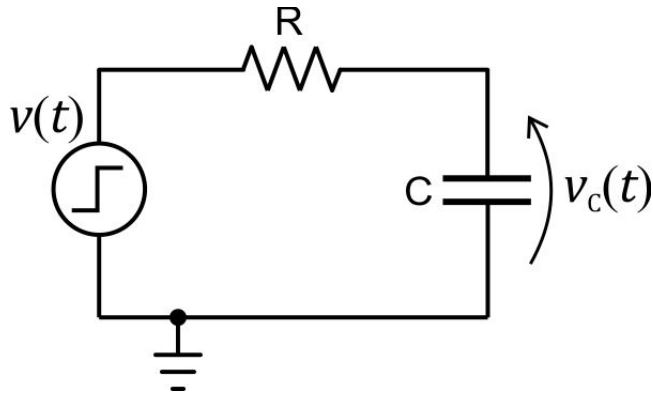


$$v_C(t) = V_0 \left( 1 - e^{-t/RC} \right)$$

- La constante  **$RC$**  tiene un nombre especial: “**constante de tiempo**”.
- Tiene unidades de *segundos* [s].
- Se suele representar con la letra griega  $\tau$  (tau).

$$\tau = RC$$

¿Cómo caracterizar el tiempo de respuesta a un escalón?

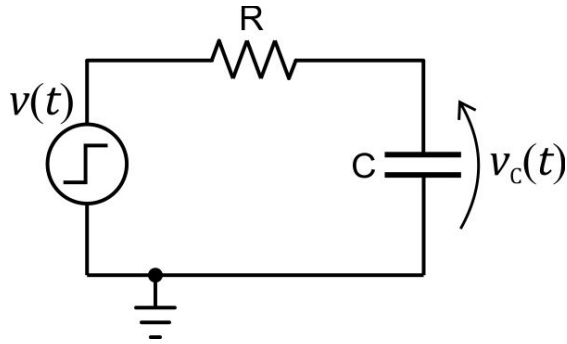


$$v_C(t) = V_0 \left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

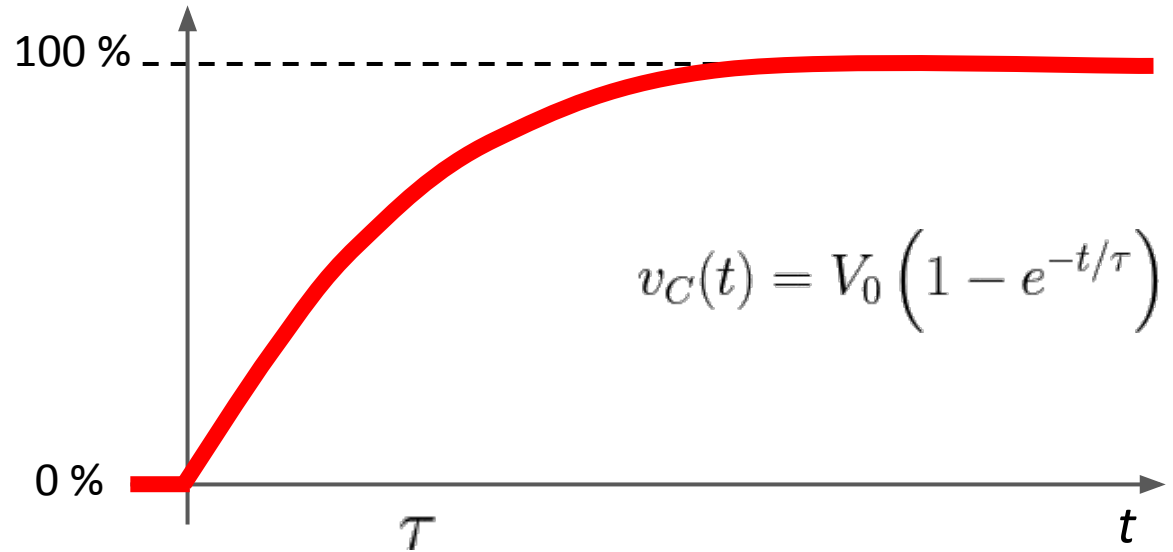
- La constante  **$RC$**  tiene un nombre especial: “**constante de tiempo**”.
- Tiene unidades de *segundos* [s].
- Se suele representar con la letra griega  $\tau$  (tau).

$$\tau = RC$$

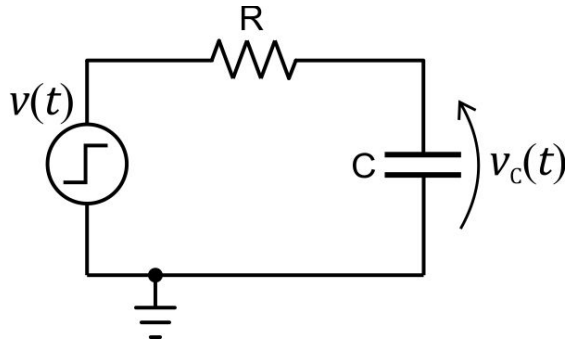
¿Cuánto vale la tensión en  $t=\tau$ ?



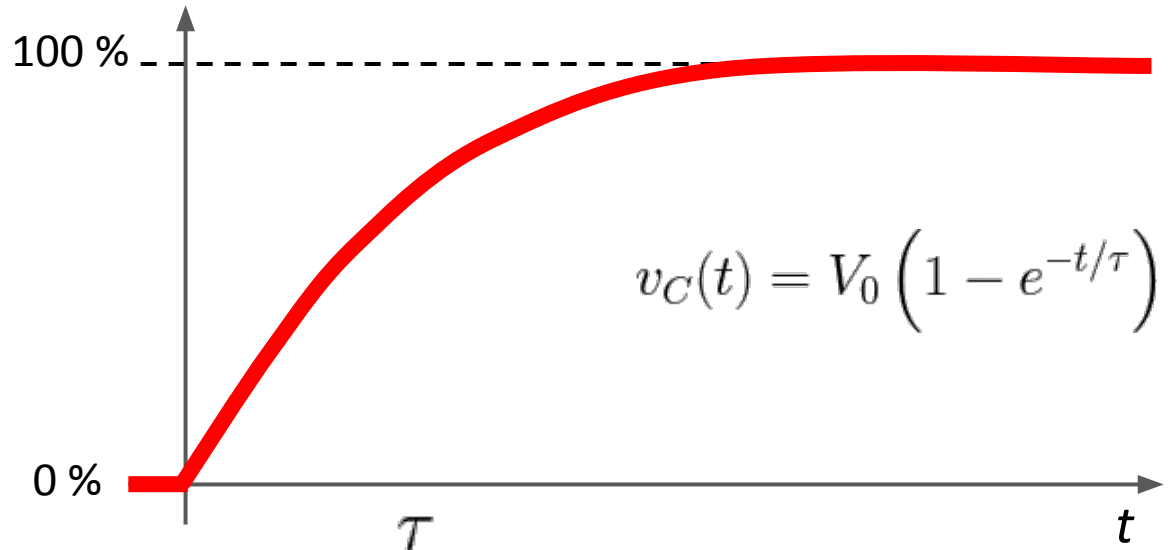
La tensión de carga sobre un capacitor, en un tiempo  $t=\tau$  es aproximadamente un 63% de la amplitud pico-pico del escalón de entrada



¿Cuánto vale la tensión en  $t=\tau$ ?



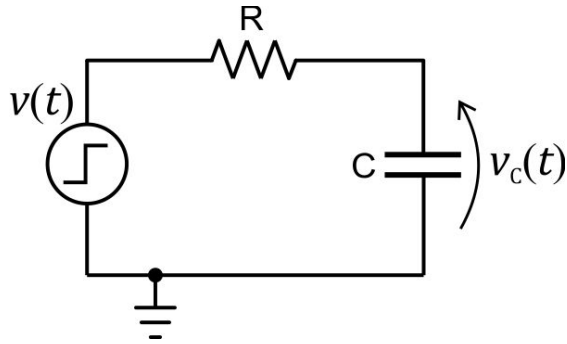
La tensión de carga sobre un capacitor, en un tiempo  $t=\tau$  es aproximadamente un 63% de la amplitud pico-pico del escalón de entrada



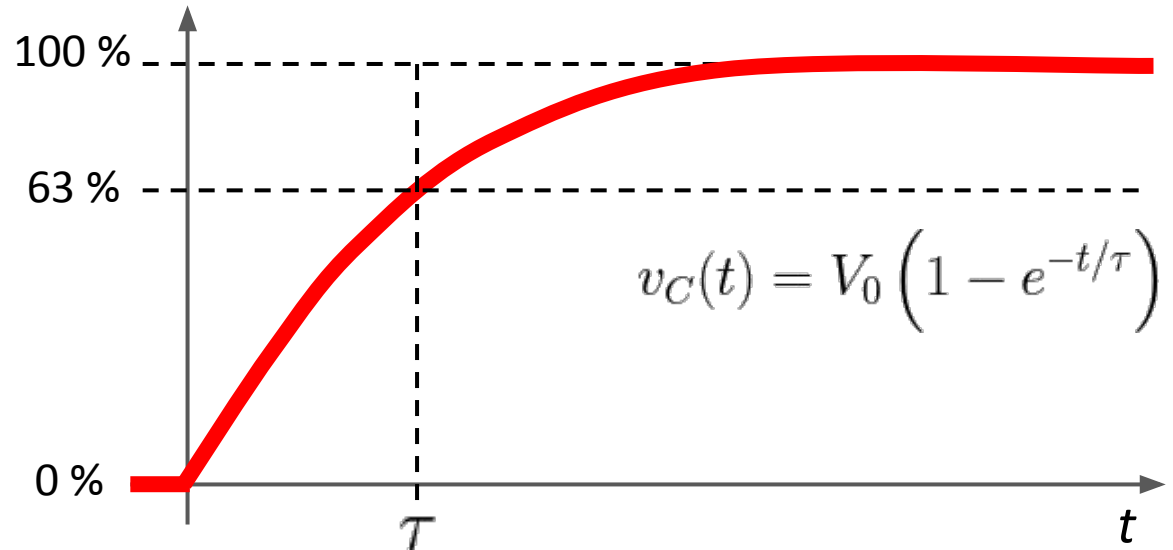
$$v_C(\tau) = V_0(1 - e^{-\tau/\tau}) = V_0(1 - e^{-1}) \simeq 0,63 V_0$$



¿Cuánto vale la tensión en  $t=\tau$ ?

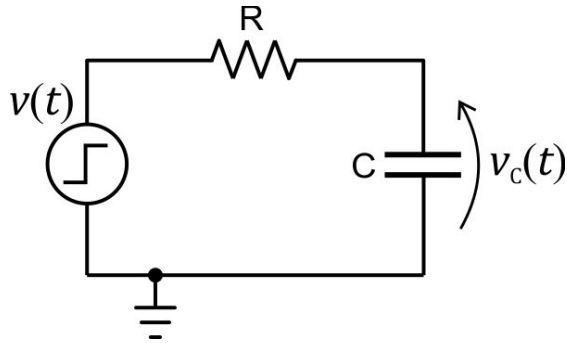


La tensión de carga sobre un capacitor, en un tiempo  $t=\tau$  es aproximadamente un 63% de la amplitud pico-pico del escalón de entrada

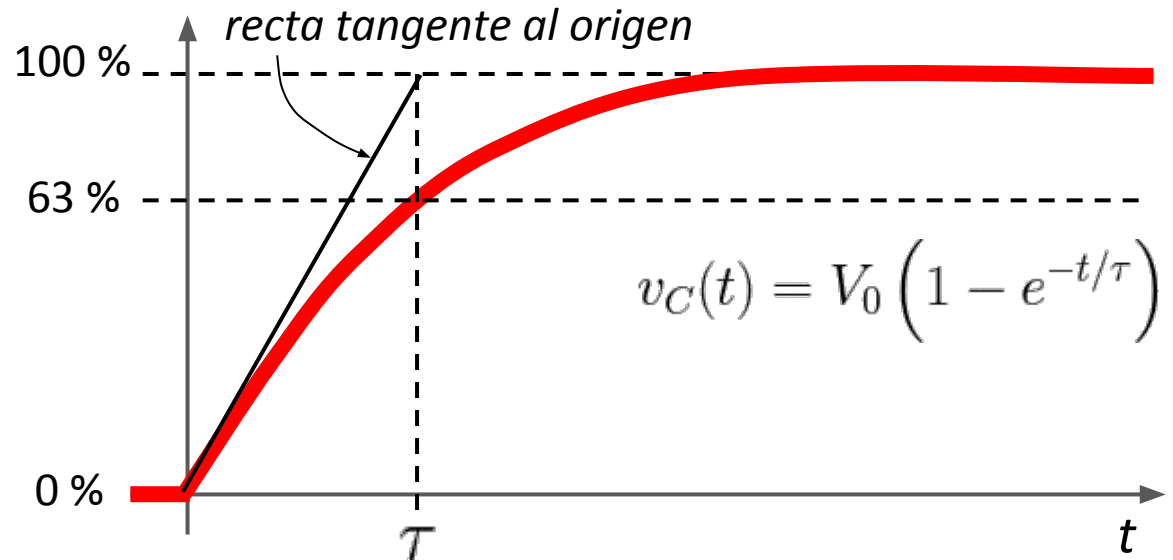


$$v_C(\tau) = V_0(1 - e^{-\tau/\tau}) = V_0(1 - e^{-1}) \simeq 0,63 V_0$$

¿Cuánto vale la tensión en  $t=\tau$ ?



La tensión de carga sobre un capacitor, en un tiempo  $t=\tau$  es aproximadamente un 63% de la amplitud pico-pico del escalón de entrada

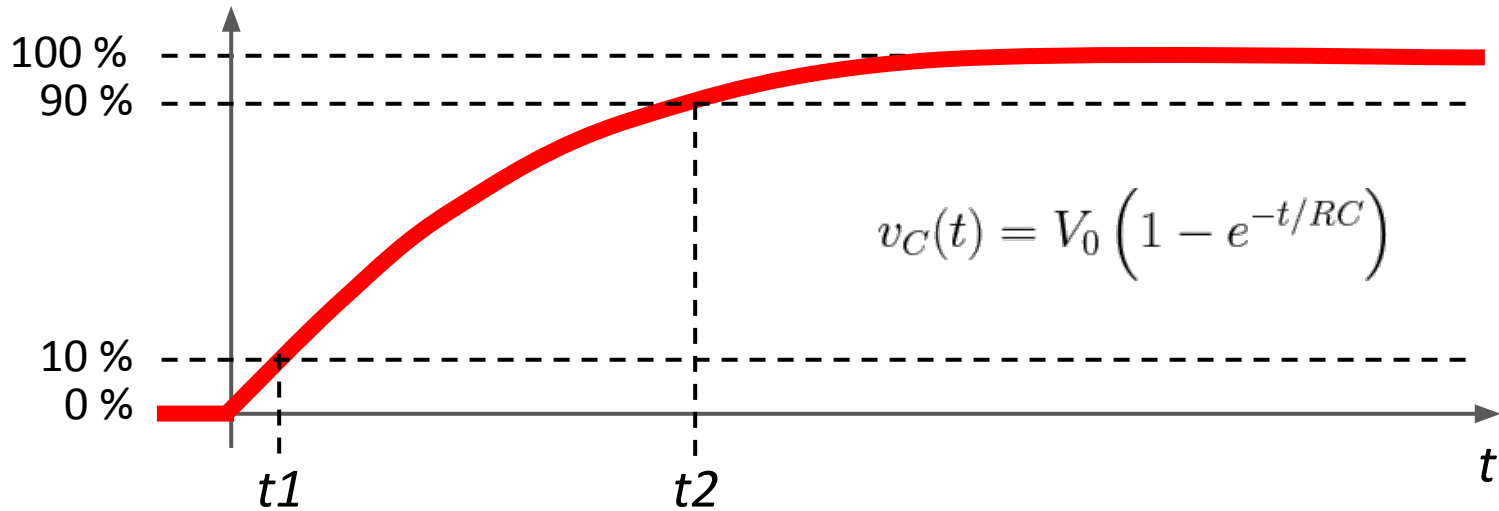


$$v_C(\tau) = V_0(1 - e^{-\tau/\tau}) = V_0(1 - e^{-1}) \simeq 0,63 V_0$$

**Tiempo de crecimiento**

# Circuito RC

# Tiempo de crecimiento



$$t_r = t_2 - t_1$$

Se define el **tiempo de crecimiento** (rise time) como el intervalo de tiempo que tarda la tensión en pasar del 10% al 90% del máximo valor.

$$t_r = \ln(9)RC \simeq 2,2 RC$$

$$t_r \simeq 2,2 \tau$$

# Videos

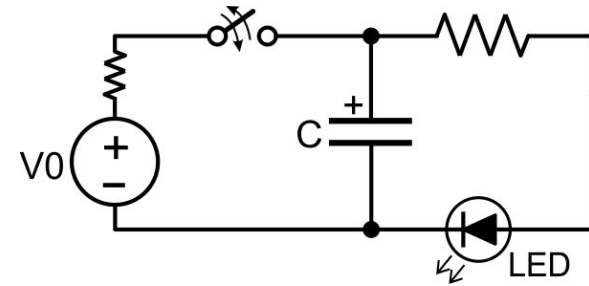
# Capacitor

# Experimento



## Experimento 2

Circuito:



1. Se carga el capacitor (se cierra la llave)
2. Se abre la llave y se observa la descarga
3. Se vuelve a repetir 1 y 2.

<https://youtu.be/YN5o7mNd79c>

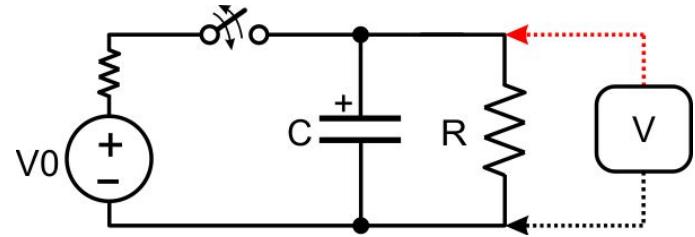
# Capacitor

# Experimento



## Experimento 3

Circuito:



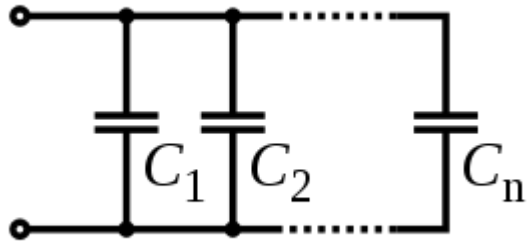
1. Se carga el capacitor (se cierra la llave)
2. Se descarga el capacitor (se abre la llave) mientras se mide la tensión en el resistor

# Capacitores equivalentes

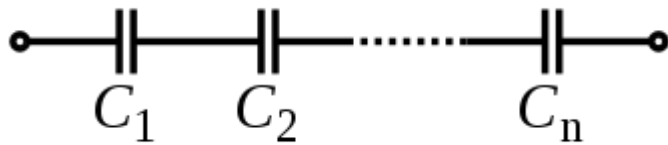


## Capacitor

## Capacitores equivalentes



$$C_{\text{eq}} = C_1 + C_2 + \cdots + C_n$$



$$\frac{1}{C_{\text{eq}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots + \frac{1}{C_n}$$

**Kahoot!**