

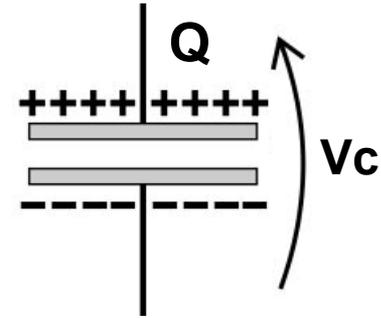
RC

Respuesta temporal

Repaso

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

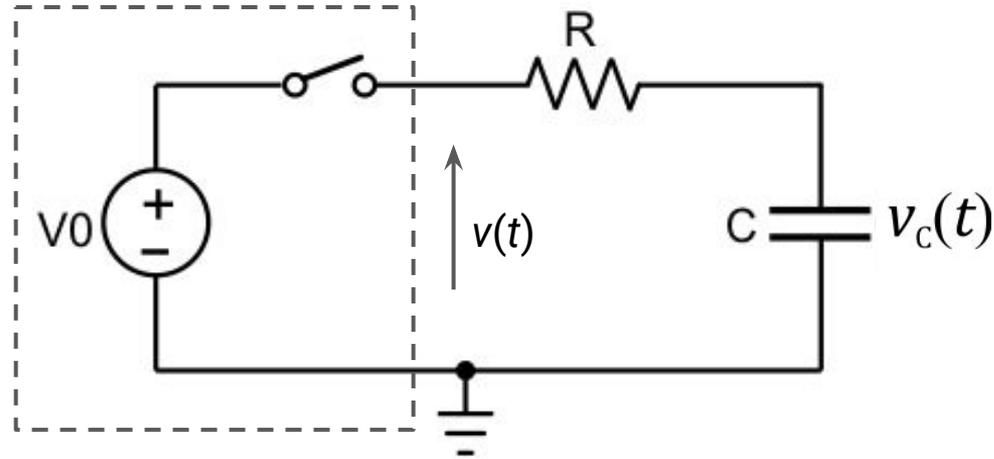
$$[F] = \frac{[C]}{[V]}$$



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

Relación entre tensión y corriente en un Capacitor

Habíamos dejado planteado el siguiente circuito:

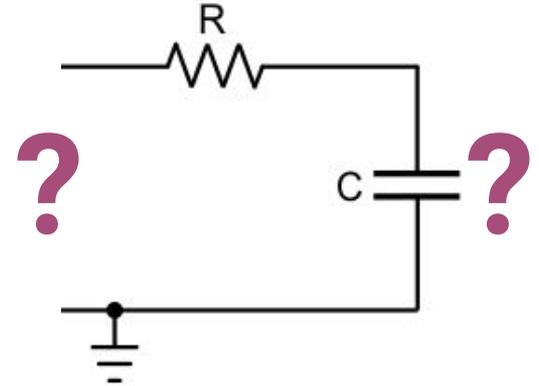


$$RC \frac{dv_C(t)}{dt} + v_C(t) = v(t)$$

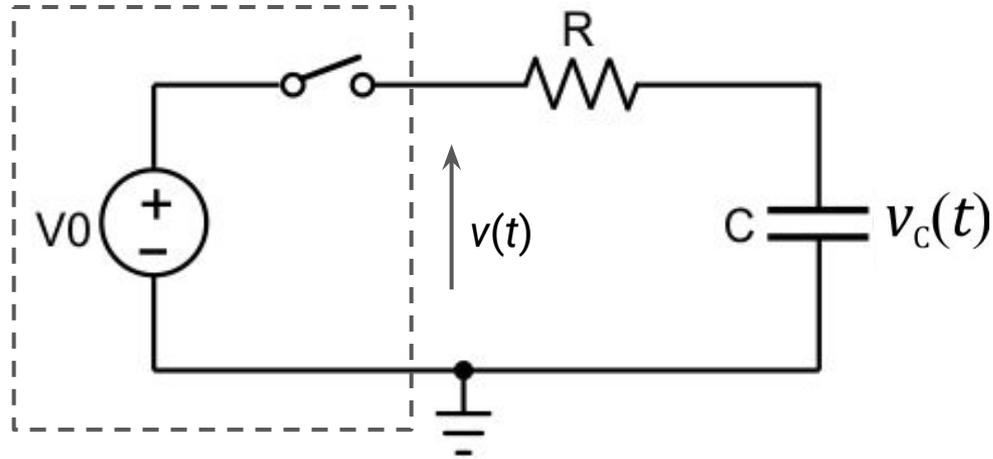
Preguntas...

¿Qué forma de onda está excitando al circuito?

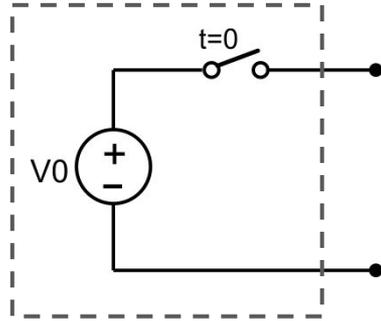
¿Cuál será la solución de la ecuación diferencial?



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



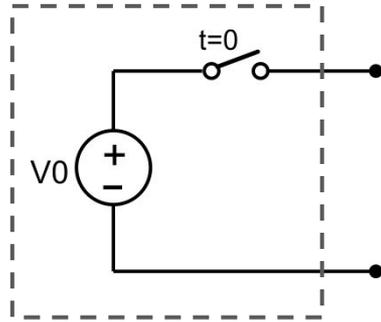
¿Qué forma de onda está excitando al circuito?



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

Circuito RC

Respuesta transitoria



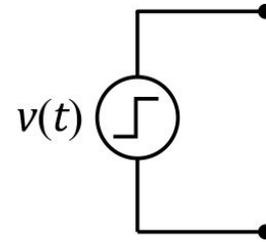
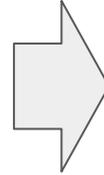
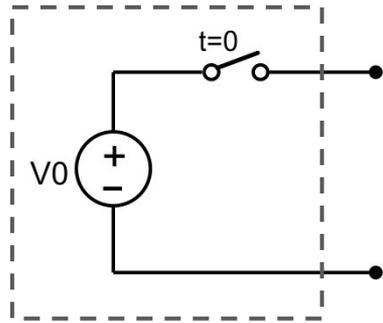
¿Por qué usamos una fuente con un interruptor para excitar el circuito?

Nos interesa estudiar la respuesta transitoria del circuito RC.

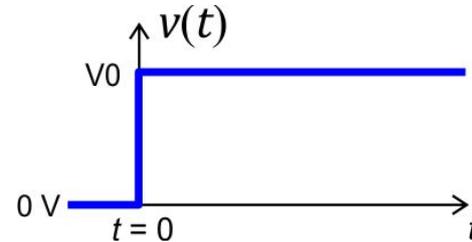


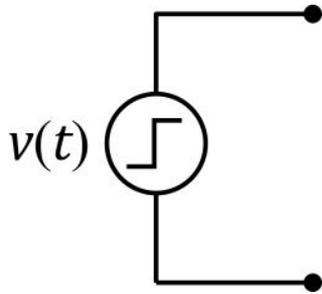
Circuito RC

Respuesta transitoria

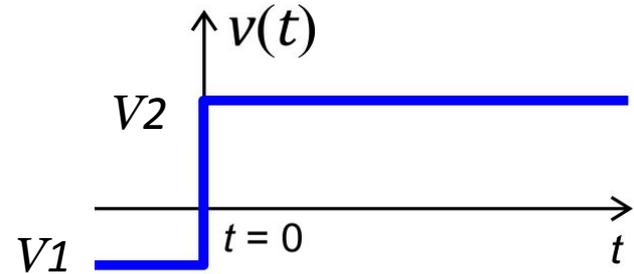


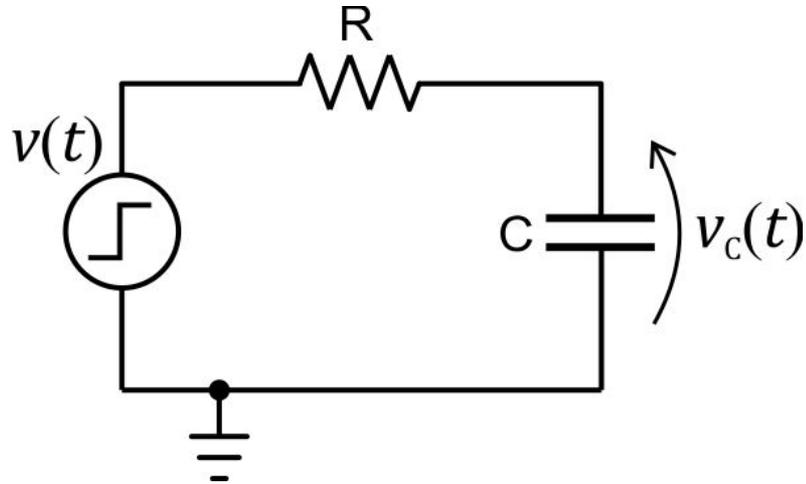
*Para analizar fenómenos transitorios, es muy común utilizar una entrada del tipo función **ESCALÓN**.*



Función **ESCALÓN** genérica

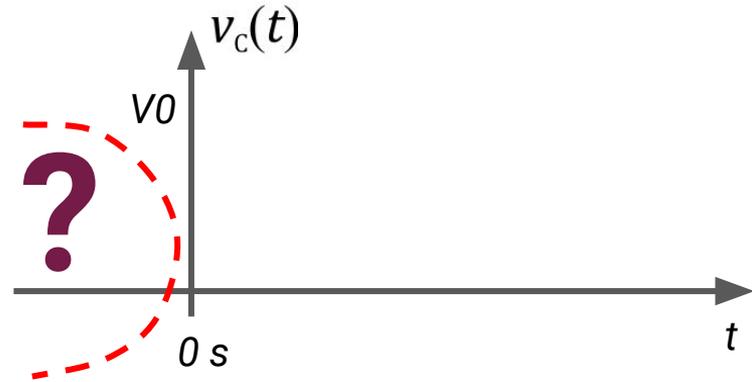
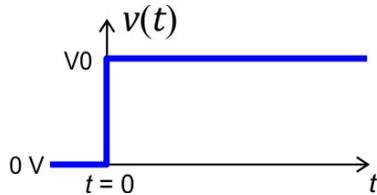
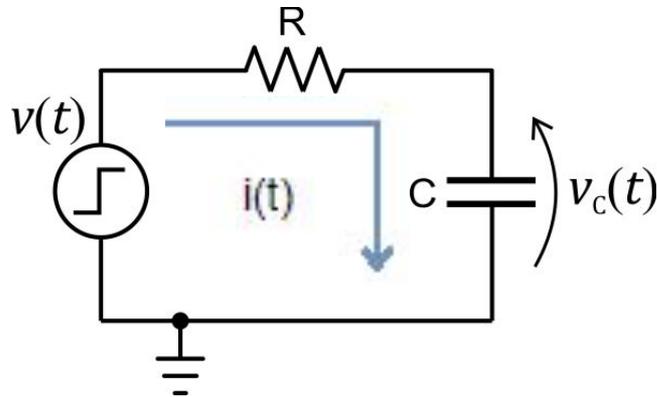
$$v(t) = \begin{cases} V_1 & t < 0 \\ V_2 & t \geq 0 \end{cases}$$





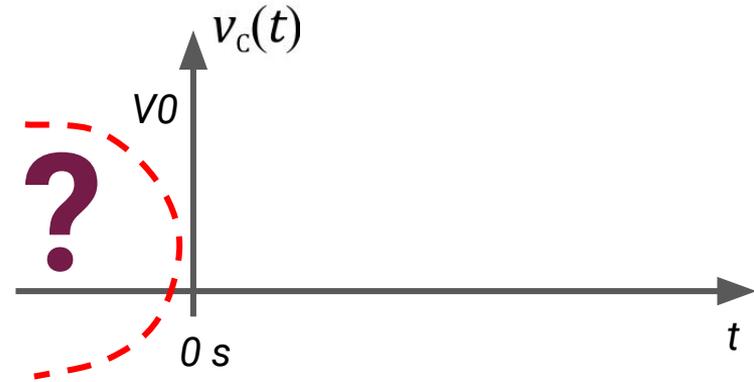
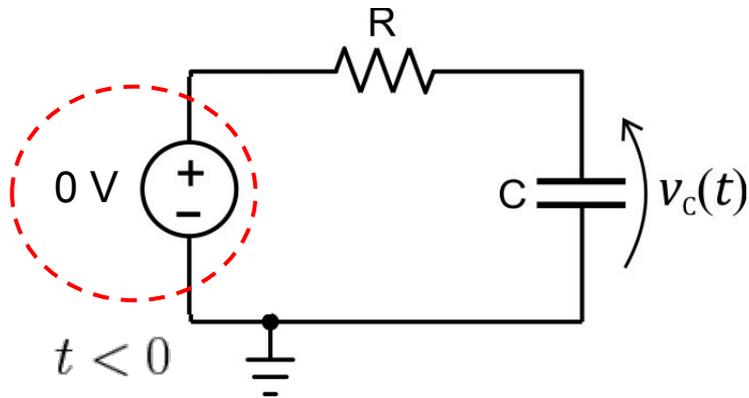
¿Cuál será la solución de la ecuación diferencial?

Primero analicemos el comportamiento cualitativamente

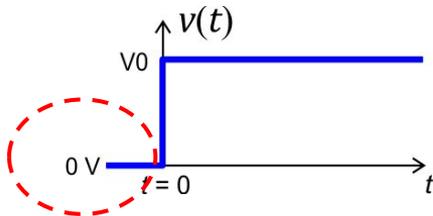


¿Cuánto vale la tensión en el capacitor antes de $t=0$?

Primero analicemos el comportamiento cualitativamente



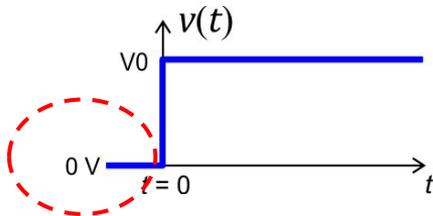
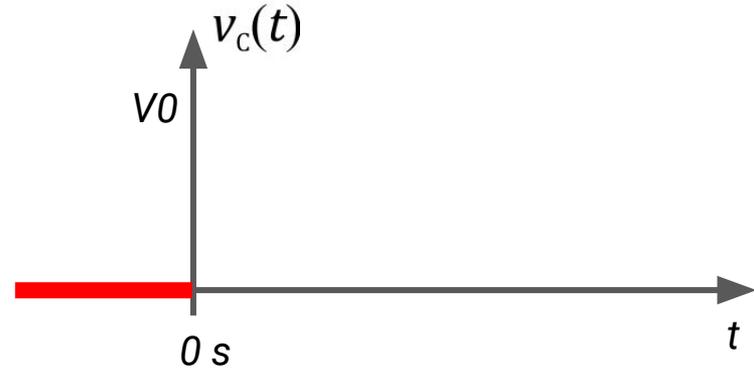
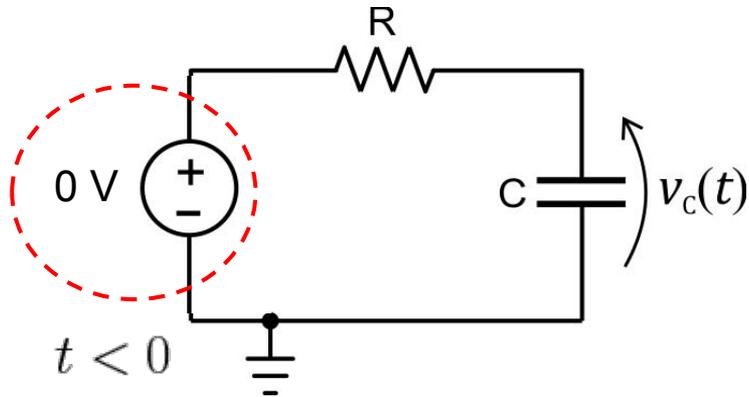
¿Cuánto vale la tensión en el capacitor antes de $t=0$?



Circuito RC

Respuesta transitoria

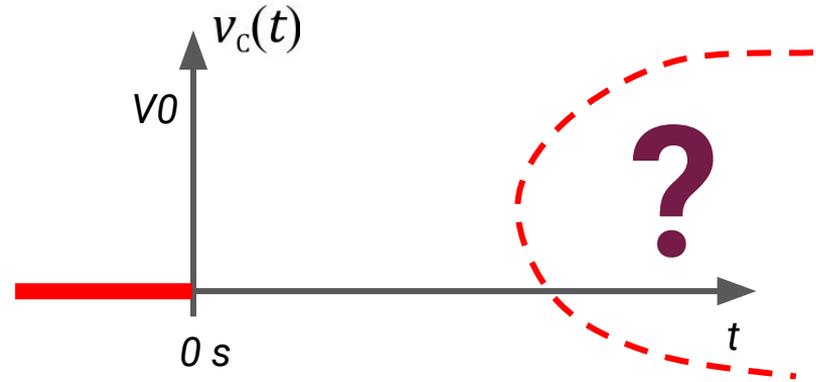
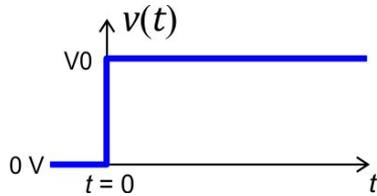
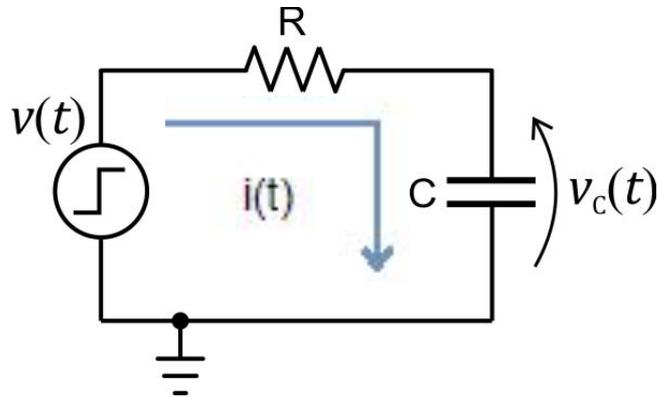
Primero analicemos el comportamiento cualitativamente



Circuito RC

Respuesta transitoria

Primero analicemos el comportamiento cualitativamente

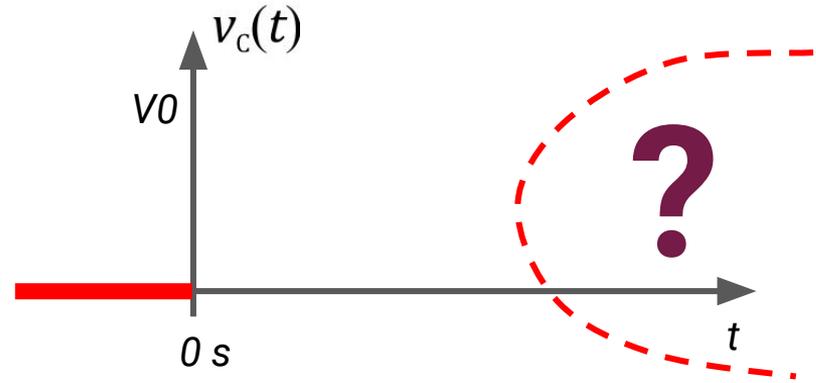
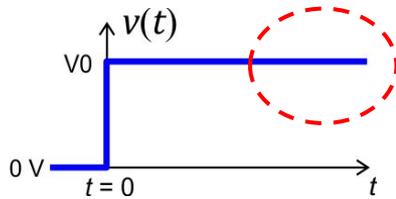
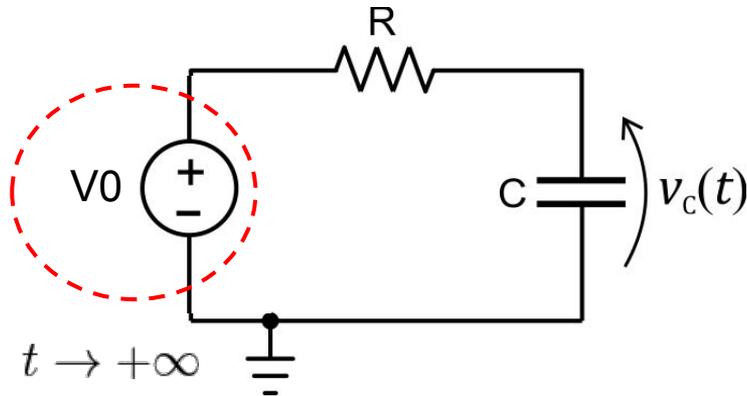


¿Cuánto vale la tensión en el capacitor mucho tiempo después de $t=0$?

Circuito RC

Respuesta transitoria

Primero analicemos el comportamiento cualitativamente

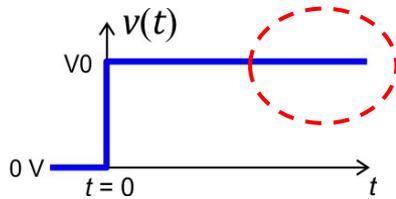
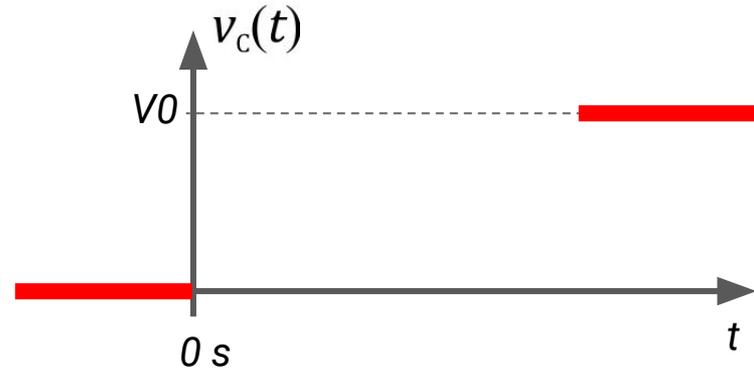
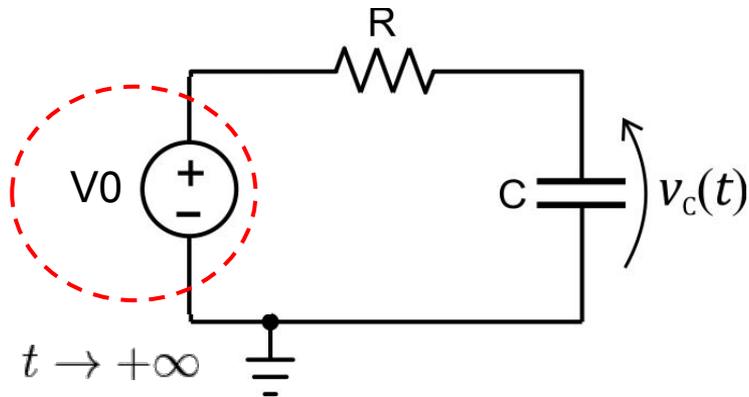


¿Cuánto vale la tensión en el capacitor mucho tiempo después de $t=0$?

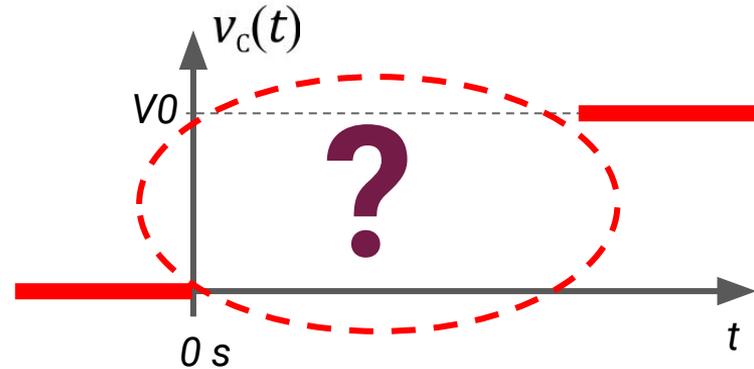
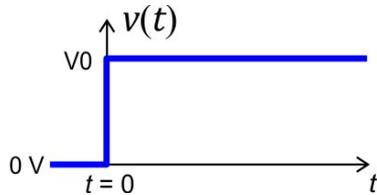
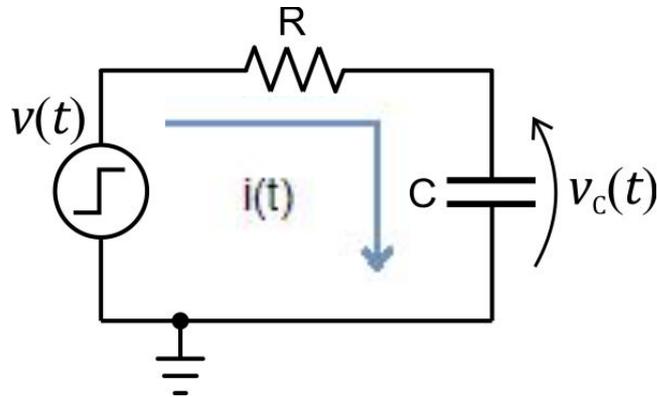
Circuito RC

Respuesta transitoria

Primero analicemos el comportamiento cualitativamente



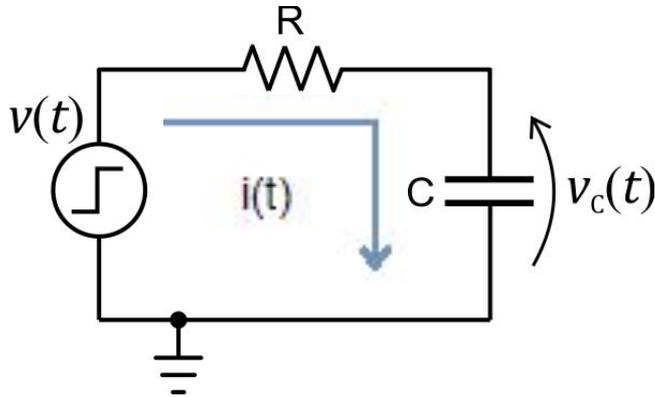
Primero analicemos el comportamiento cualitativamente



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

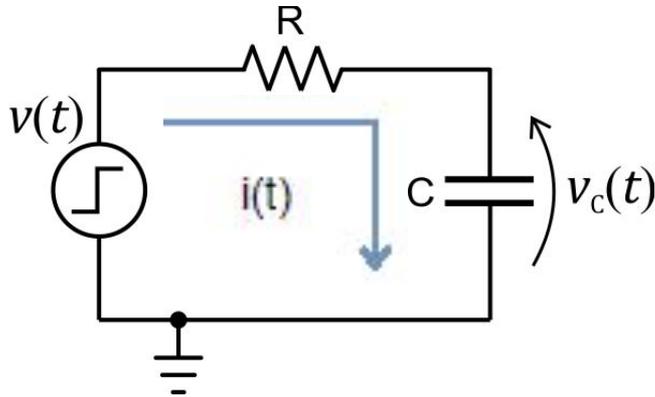
**Veamos la solución de la
ecuación diferencial ...**

*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**



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

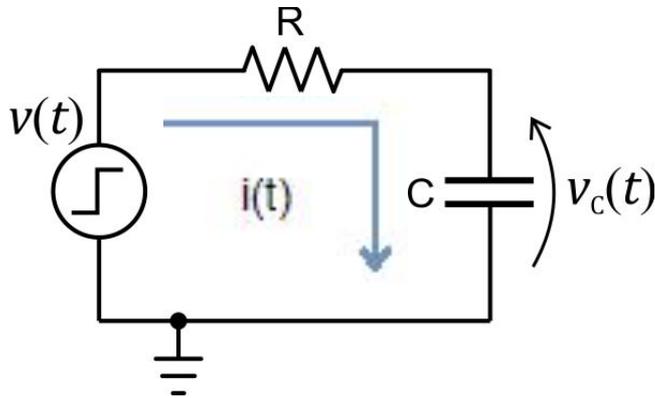
$$v_C(t) = V_f + (V_i - V_f)e^{-t/RC}$$

$$V_i = v_C(0)$$

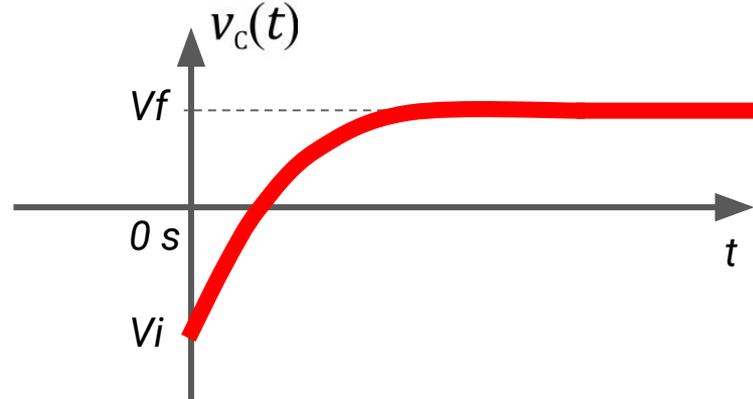
$$V_f = v_C(\infty)$$

Condición inicial

Solución de la ecuación diferencial para un escalón de entrada

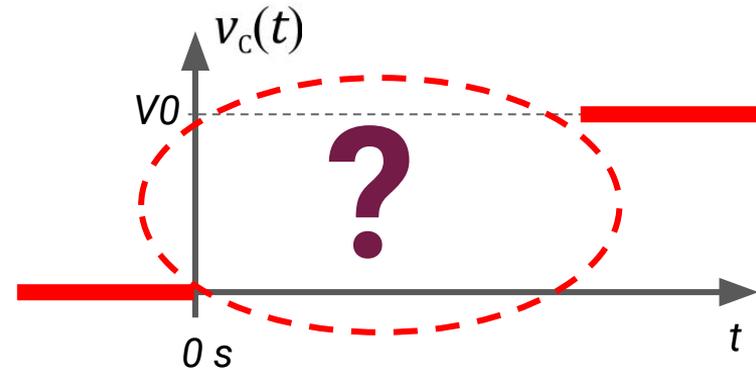
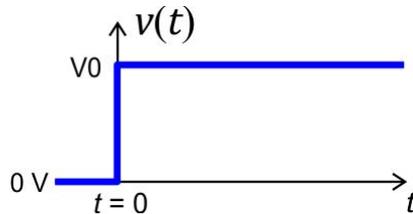
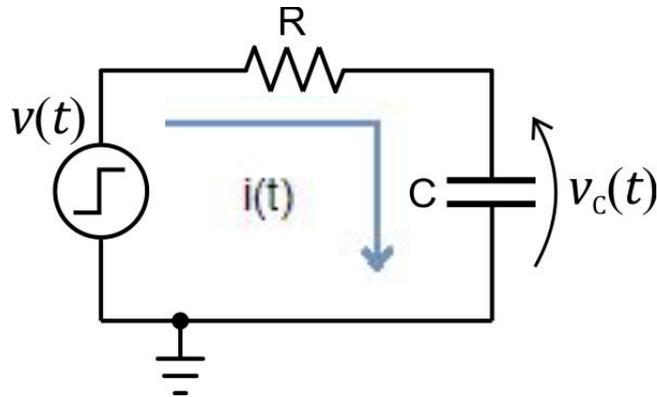


$$v_C(t) = V_f + (V_i - V_f)e^{-t/RC}$$



Volvamos al ejemplo...

Primero analicemos el comportamiento cualitativamente

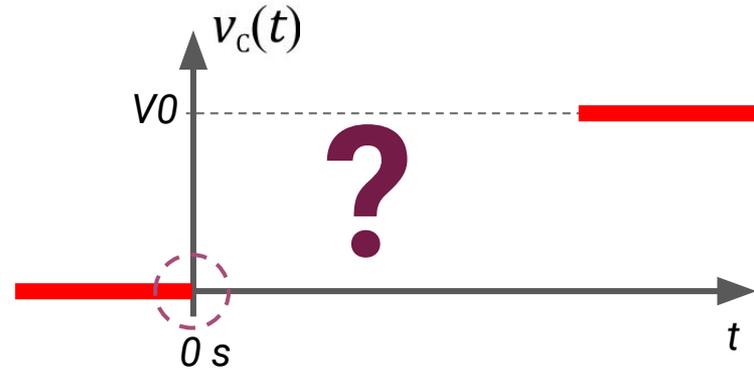
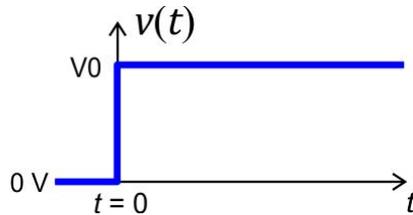
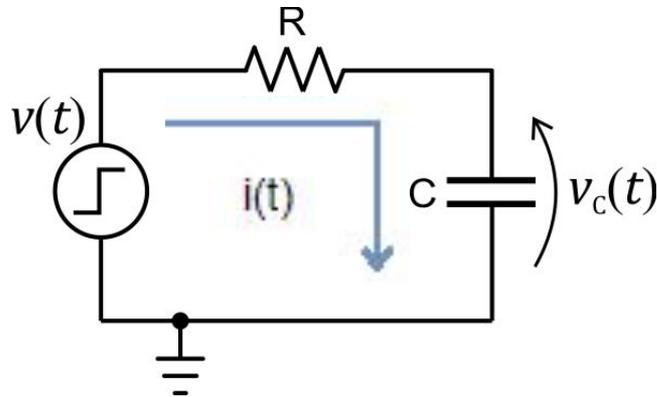


¿Cuánto vale la tensión en el capacitor durante la transición?

Circuito RC

Respuesta transitoria

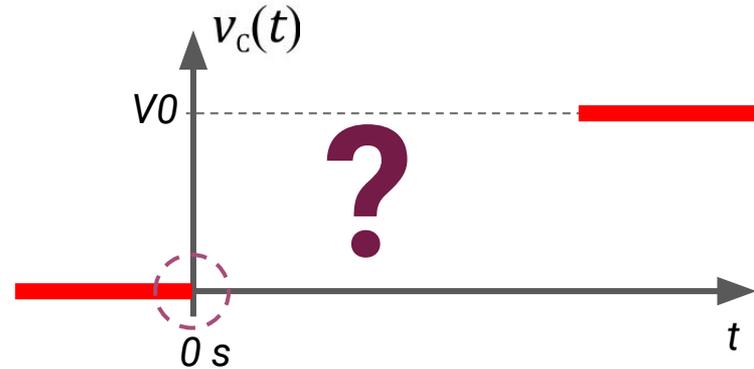
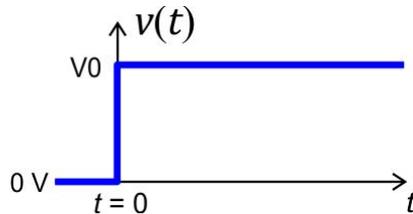
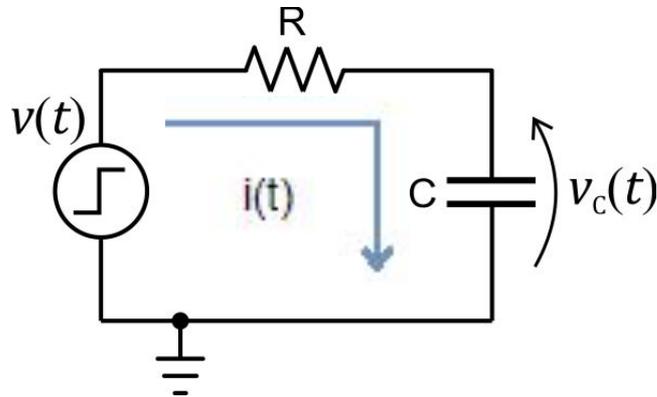
Primero analicemos el comportamiento cualitativamente



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

$$V_i$$

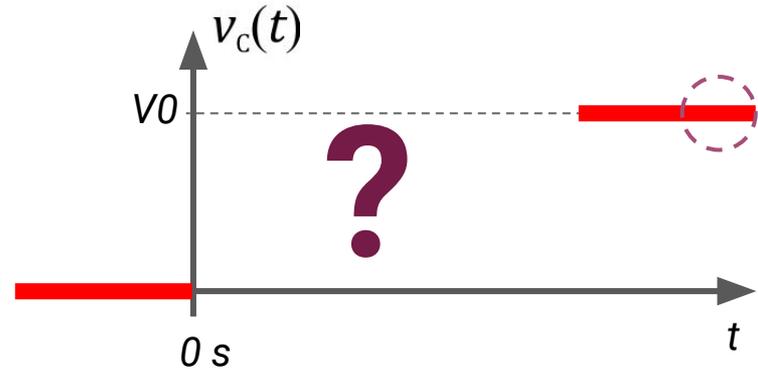
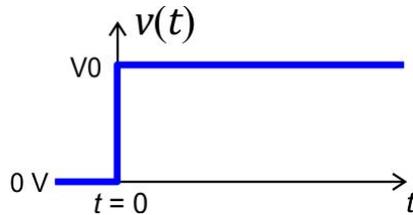
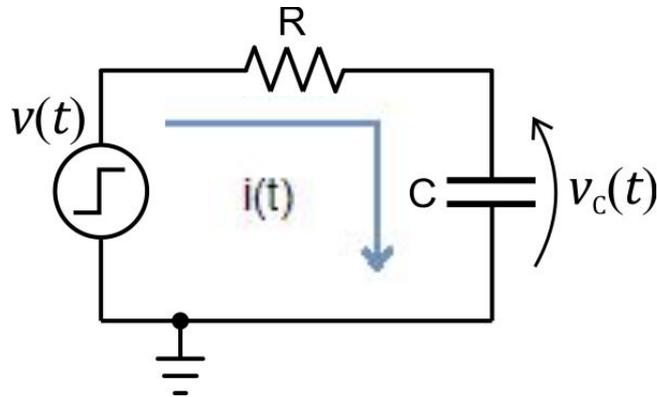
Primero analicemos el comportamiento cualitativamente



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

$$V_i = 0 V$$

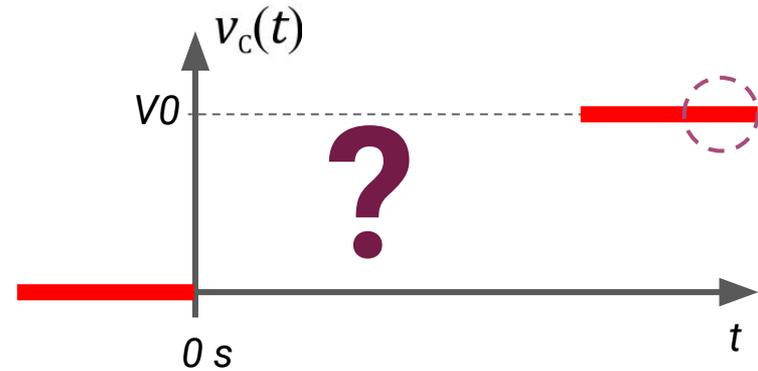
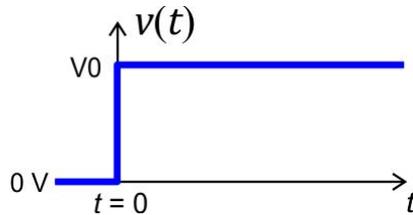
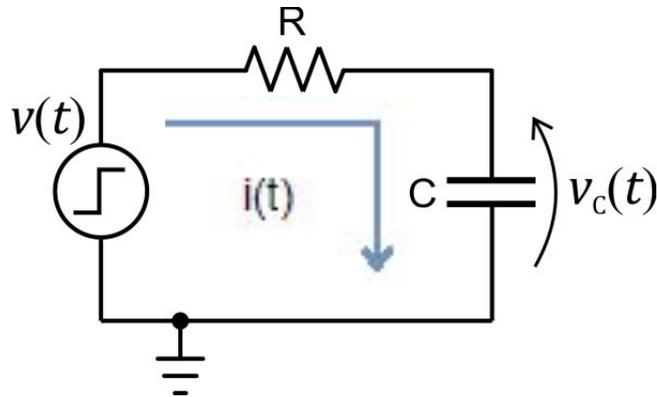
Primero analicemos el comportamiento cualitativamente



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

V_f

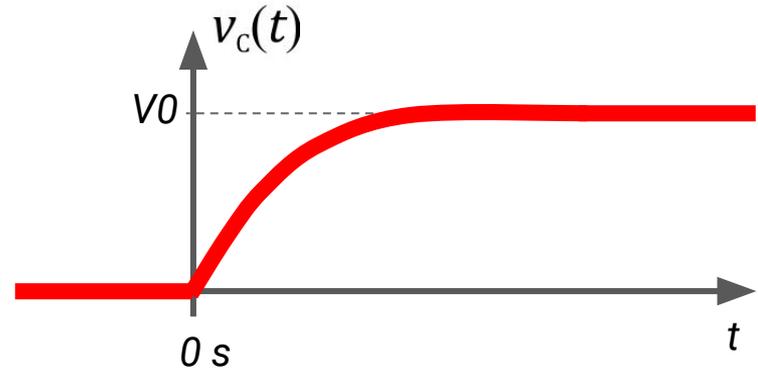
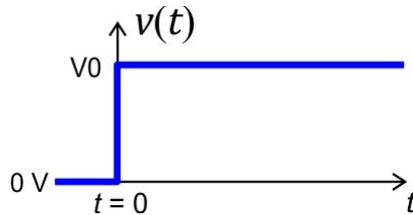
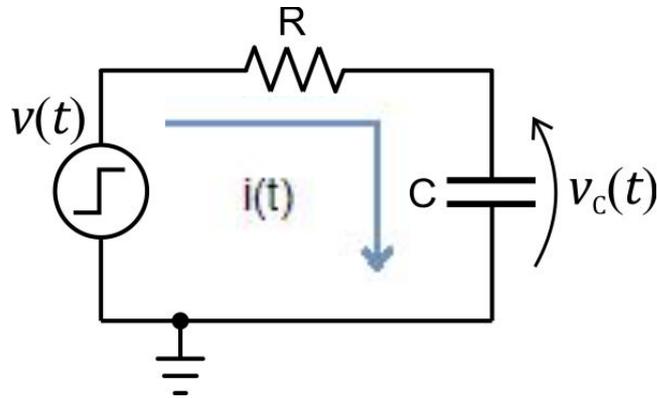
Primero analicemos el comportamiento cualitativamente



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

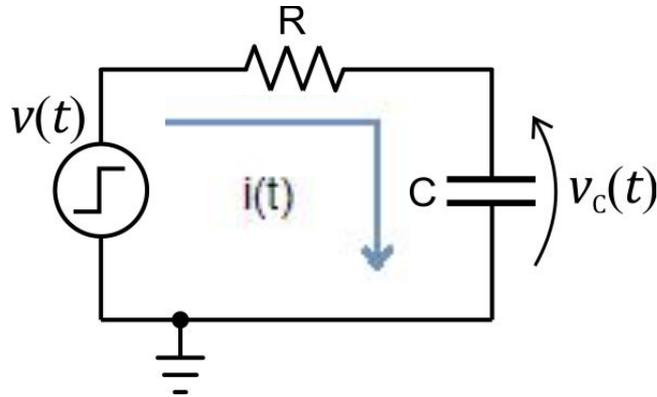
$$V_f = V_0$$

Primero analicemos el comportamiento cualitativamente

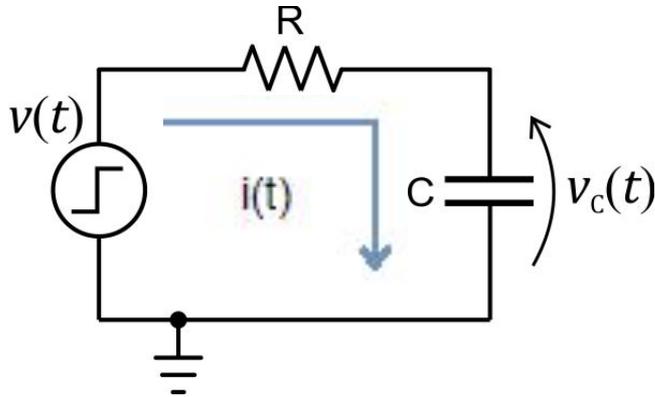


$$v_c(t) = V_0 \left(1 - e^{-t/RC} \right) \quad t \geq 0$$

¿Cuánto vale la corriente $i(t)$?



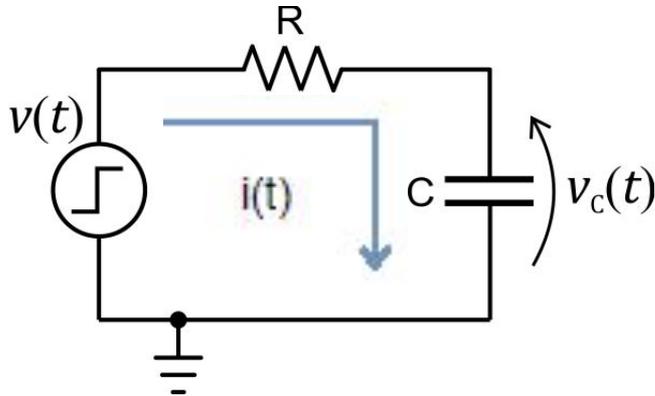
¿Cuánto vale la corriente $i(t)$?



Sabemos que:

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

¿Cuánto vale la corriente $i(t)$?

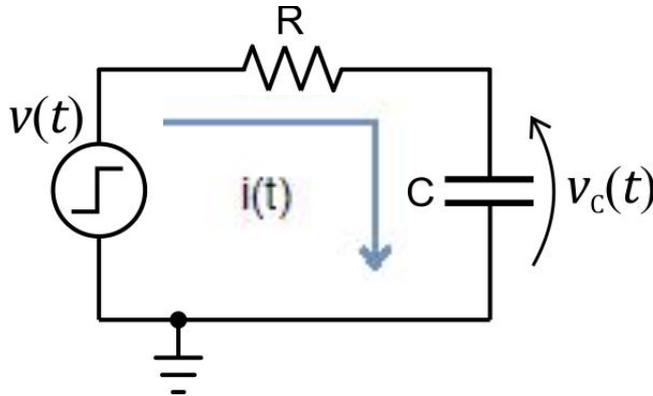


Sabemos que:

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

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

¿Cuánto vale la corriente $i(t)$?



Corriente sobre el capacitor
en función del tiempo

Sabemos que:

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

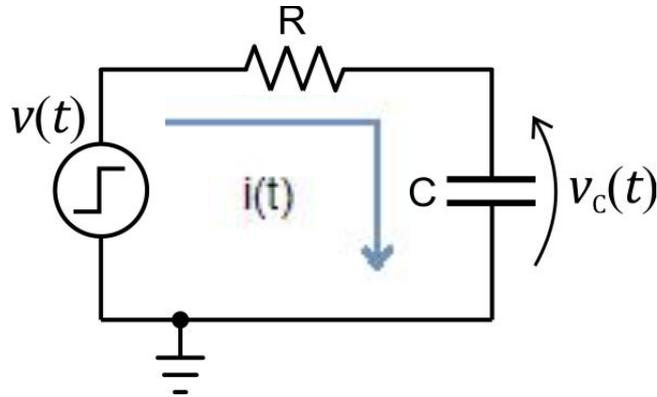
$$i(t) = C \frac{dv_C(t)}{dt}$$

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

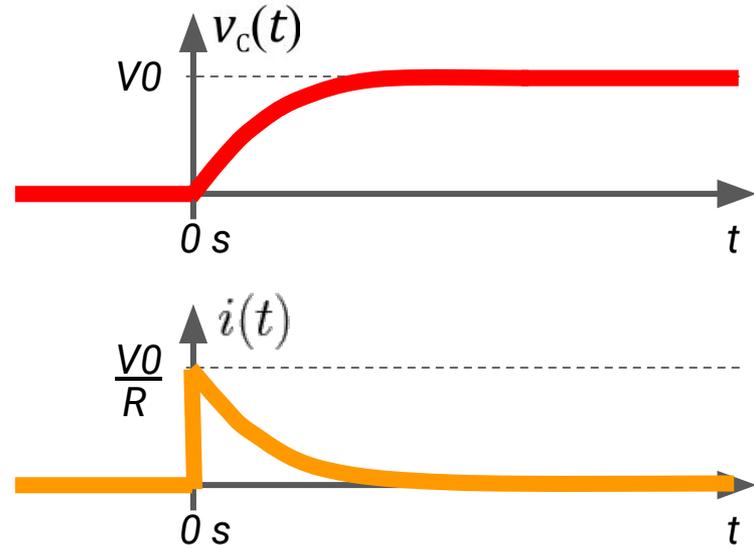
Circuito RC

Respuesta transitoria

¿Cuánto vale la corriente $i(t)$?



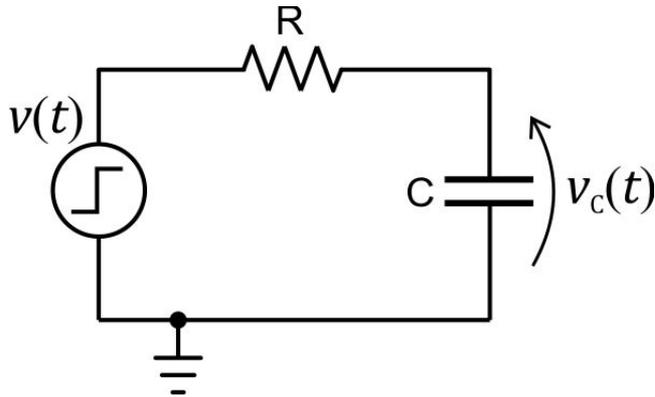
$$v_C(t) = V_0 \left(1 - e^{-t/RC}\right)$$



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

Constante de tiempo

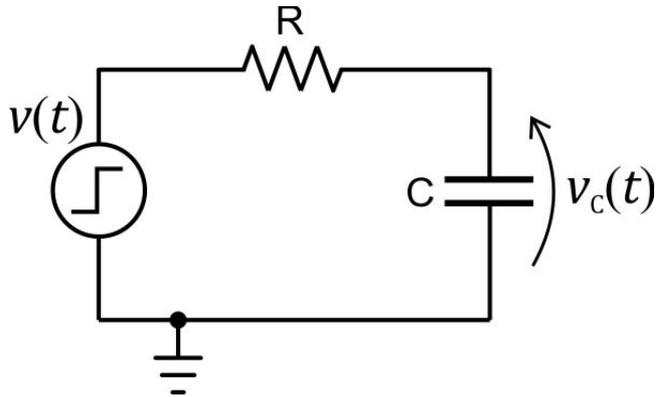
¿Cómo caracterizar el tiempo de respuesta a un escalón?



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

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

¿Cómo caracterizar el tiempo de respuesta a un escalón?

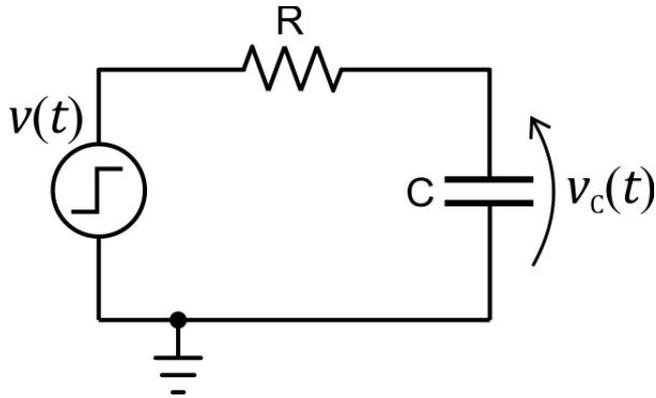


$$v_C(t) = V_0 \left(1 - e^{-t/RC} \right)$$

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

$$\tau = RC$$

¿Cómo caracterizar el tiempo de respuesta a un escalón?

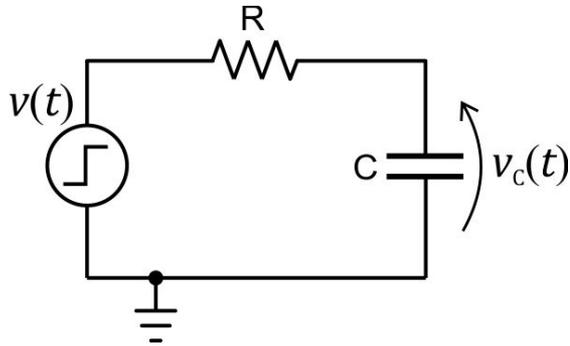


$$v_C(t) = V_0 \left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

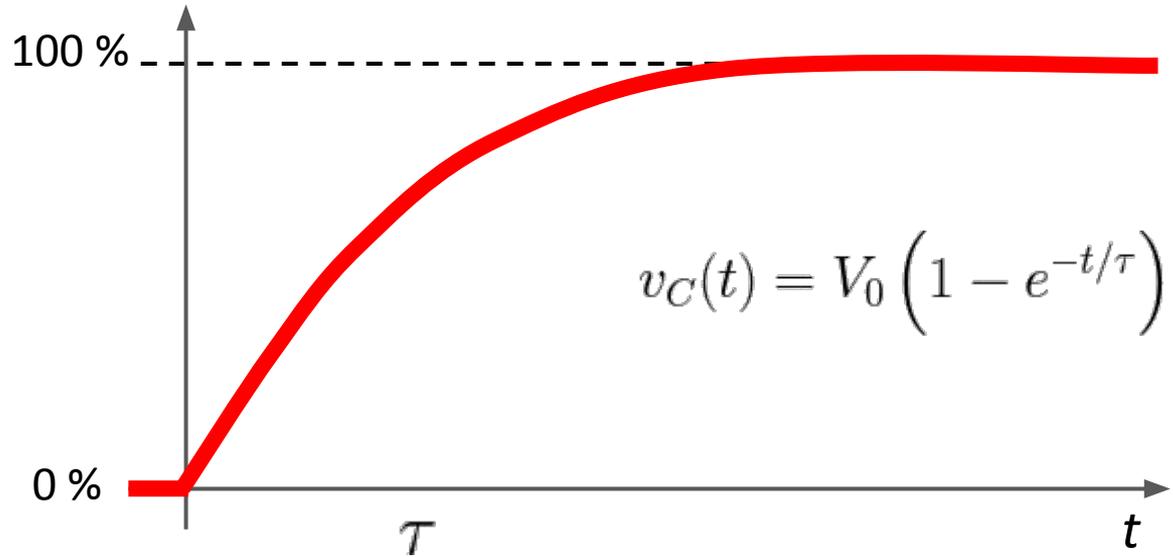
- La constante **RC** tiene un nombre especial: “**constante de tiempo**”.
- Tiene unidades de *segundos* [s].
- Se suele representar con la letra griega τ (tau).

$$\tau = RC$$

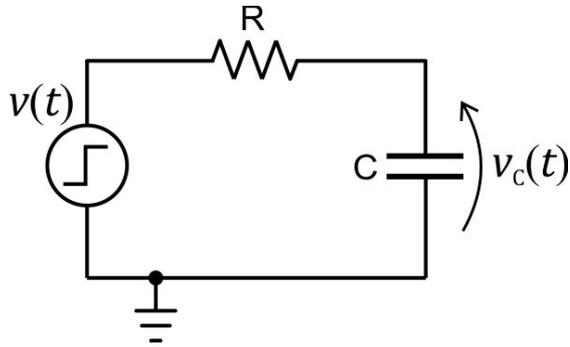
¿Cuánto vale la tensión en $t=\tau$?



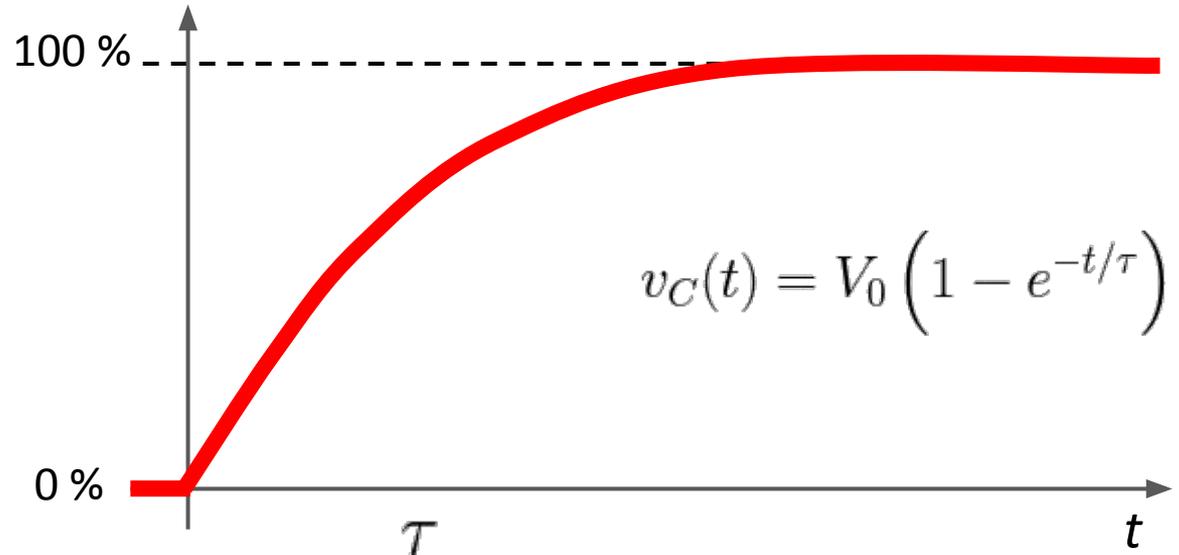
La tensión de carga sobre un capacitor, en un tiempo $t=\tau$ es aproximadamente un 63% de la amplitud pico-pico del escalón de entrada



¿Cuánto vale la tensión en $t=\tau$?

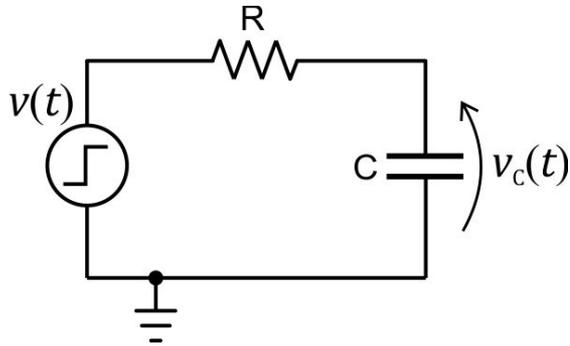


La tensión de carga sobre un capacitor, en un tiempo $t=\tau$ es aproximadamente un 63% de la amplitud pico-pico del escalón de entrada

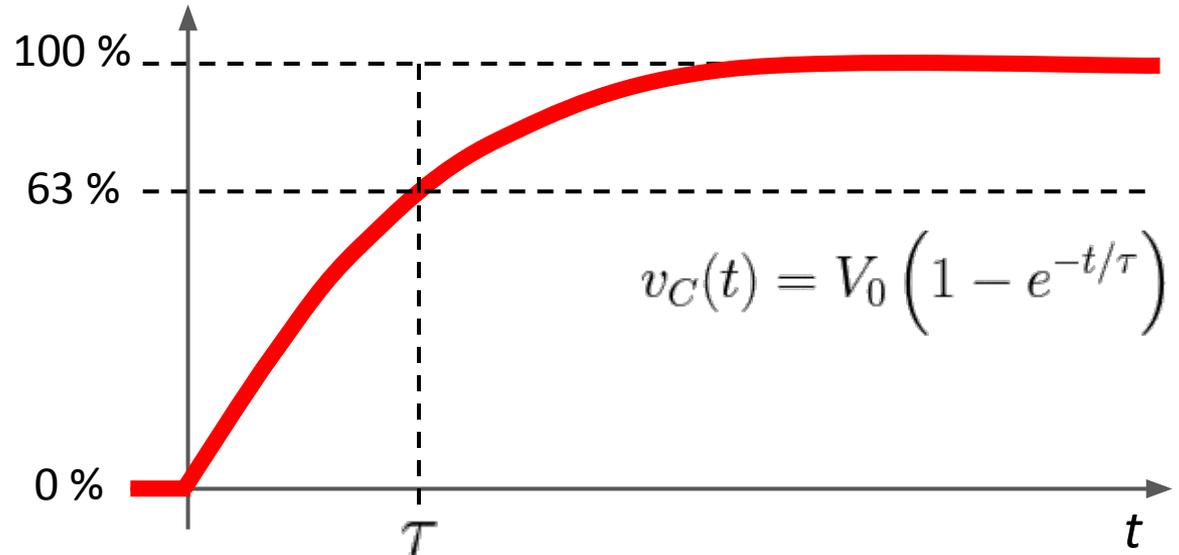


$$v_C(\tau) = V_0(1 - e^{-\tau/\tau}) = V_0(1 - e^{-1}) \simeq 0,63 V_0$$

¿Cuánto vale la tensión en $t=\tau$?

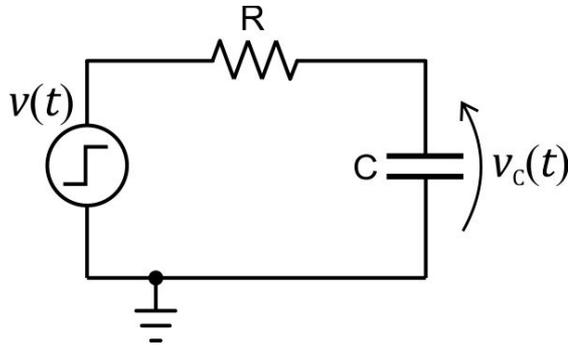


La tensión de carga sobre un capacitor, en un tiempo $t=\tau$ es aproximadamente un 63% de la amplitud pico-pico del escalón de entrada

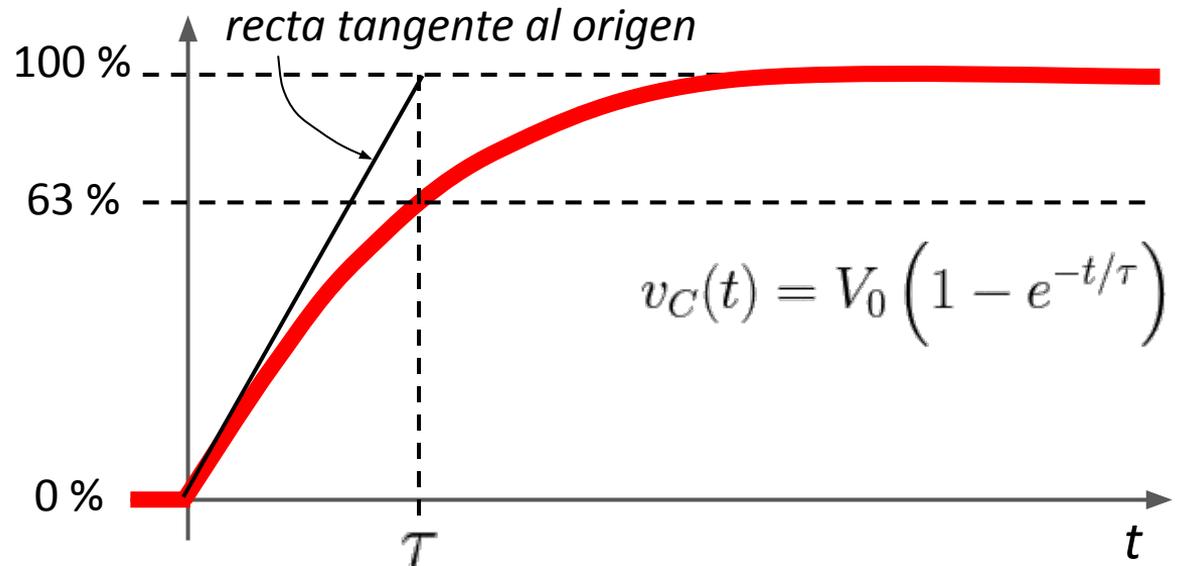


$$v_C(\tau) = V_0(1 - e^{-\tau/\tau}) = V_0(1 - e^{-1}) \simeq 0,63 V_0$$

¿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

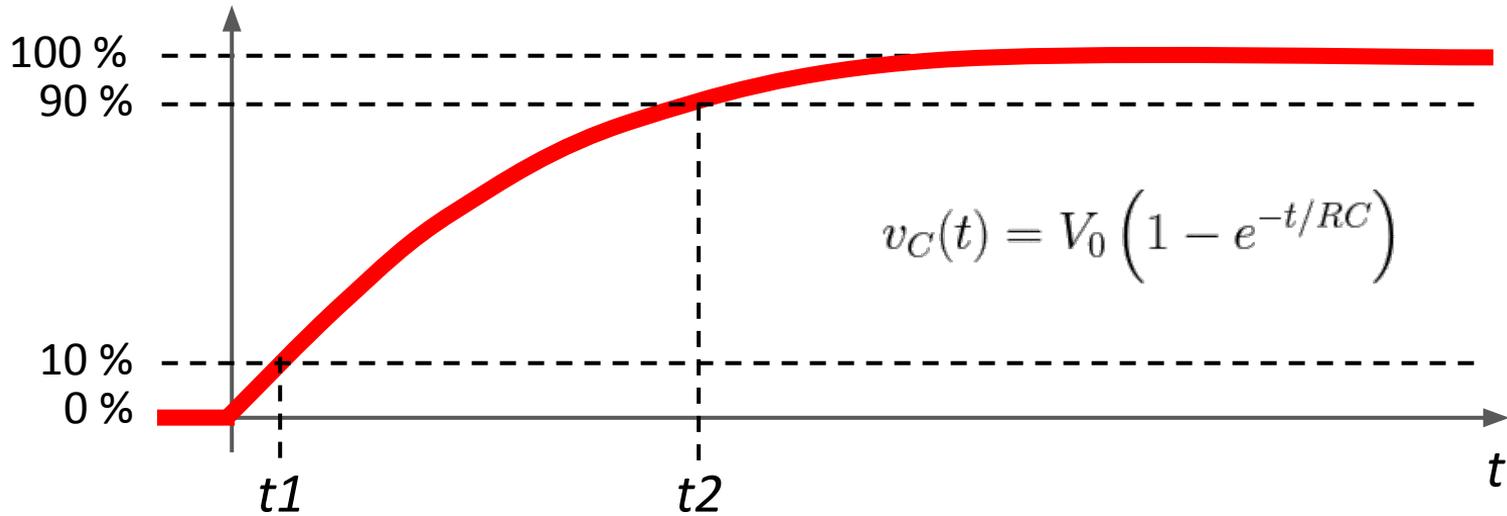


$$v_C(\tau) = V_0(1 - e^{-\tau/\tau}) = V_0(1 - e^{-1}) \simeq 0,63 V_0$$

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

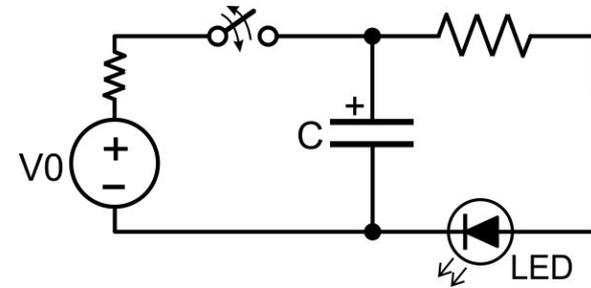
Capacitor

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>

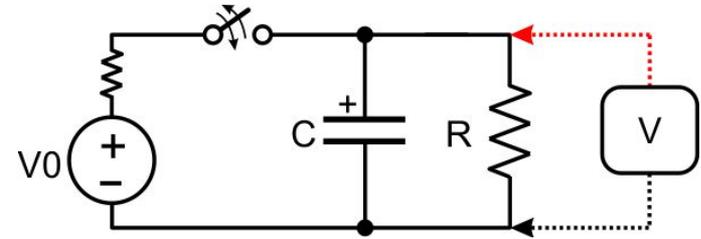
Capacitor

Experimento



Experimento 3

Circuito:

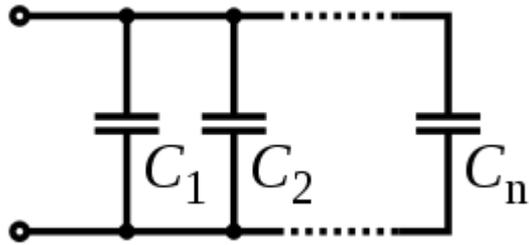


1. Se carga el capacitor (se cierra la llave)
2. Se descarga el capacitor (se abre la llave) mientras se mide la tensión en el resistor

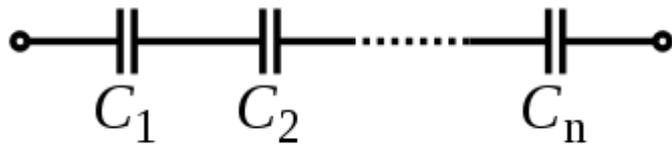
Capacitores equivalentes

Capacitor

Capacitores equivalentes



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



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

Kahoot!