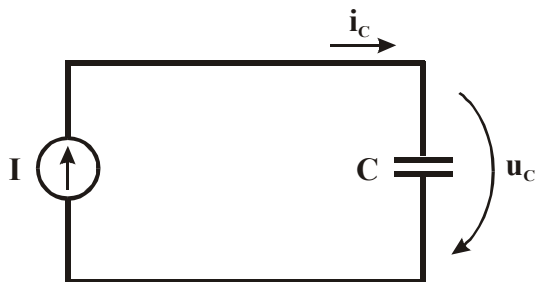
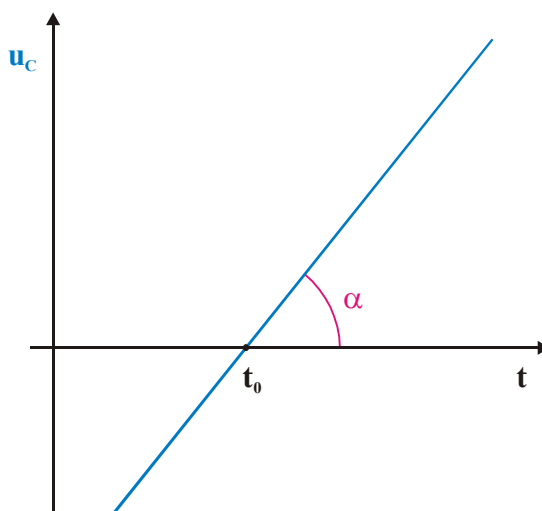


19.1 Condensador Ideal Percorrido por uma Corrente Constante.



$$i_C(t) = I = C \cdot \frac{d[u_C(t)]}{dt} \Rightarrow \boxed{\frac{d[u_C(t)]}{dt} = \frac{I}{C}} \text{ (V/s)}$$

Se $u_C = 0$ num dado instante t_0 , então

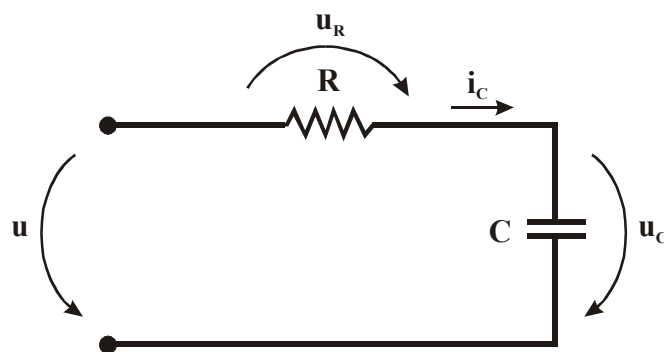


$$\boxed{\operatorname{tg}(\alpha) = \frac{d[u_C(t)]}{dt} = \frac{I}{C}}$$

19.2 Circuitos RC de 1ª ordem

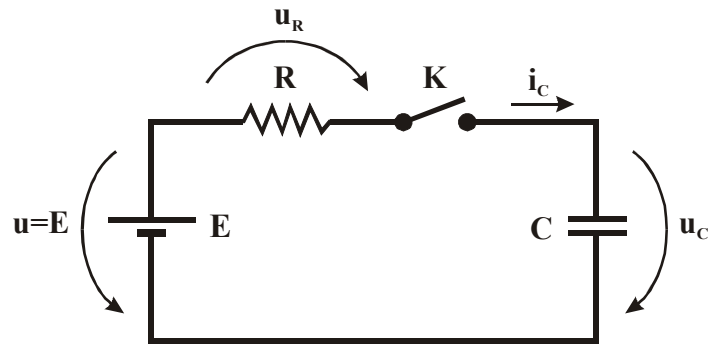
- Um circuito de 1ª ordem possui apenas um condensador ou uma bobina, originando uma equação diferencial de 1ª ordem.
- Um circuito RC é um circuito com resistências e condensadores, mas sem bobinas.
- Um circuito RC de 1ª ordem pode ter várias resistências mas possui apenas um condensador.

Exemplo:



$$\begin{cases} i_C(t) = \frac{u_R(t)}{R} = \frac{u(t) - u_C(t)}{R} \\ i_C(t) = C \cdot \frac{d[u_C(t)]}{dt} \end{cases} \Rightarrow \boxed{\frac{d[u_C(t)]}{dt} + \frac{1}{RC} \cdot u_C(t) = \frac{u(t)}{RC}}$$

19.2.1 Primeiro caso particular



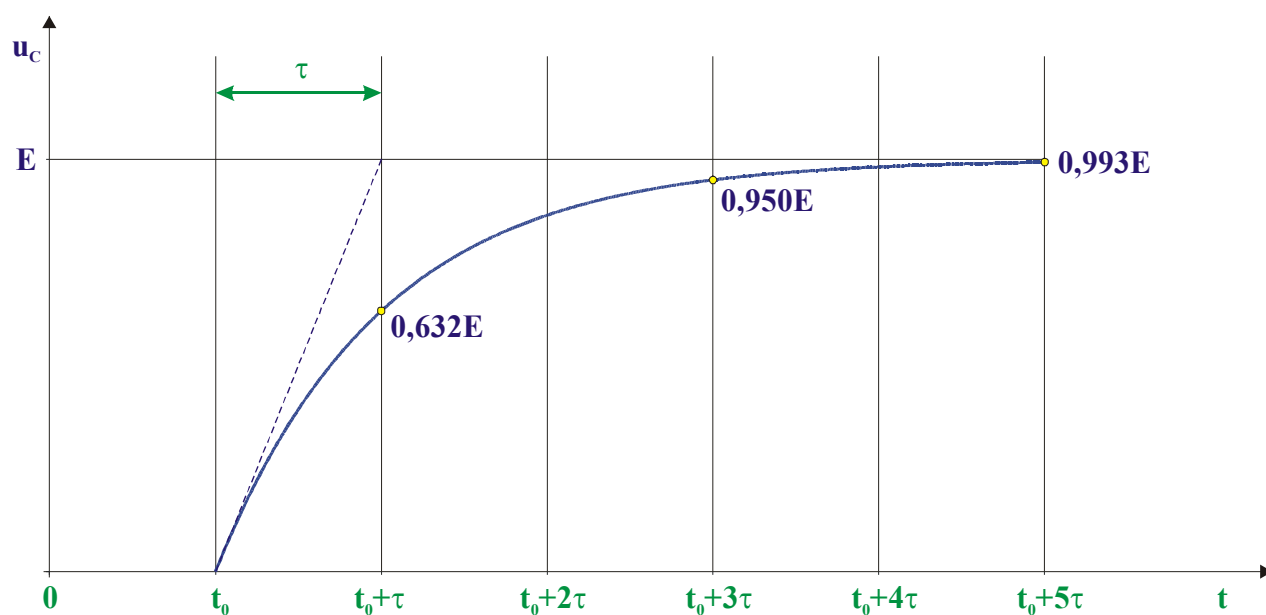
Nota: E e R podem ser a **Tensão de Thévenin** e a **Resistência de Thévenin** de um circuito mais complexo.

$$\text{Condições: } \begin{cases} u(t) = E \Rightarrow \frac{d[u_C(t)]}{dt} + \frac{1}{RC} \cdot u_C(t) = \frac{E}{RC} \\ u_C(t) = 0 \text{ em } t = t_0 \\ k \text{ é fechado em } t = t_0 \end{cases}$$

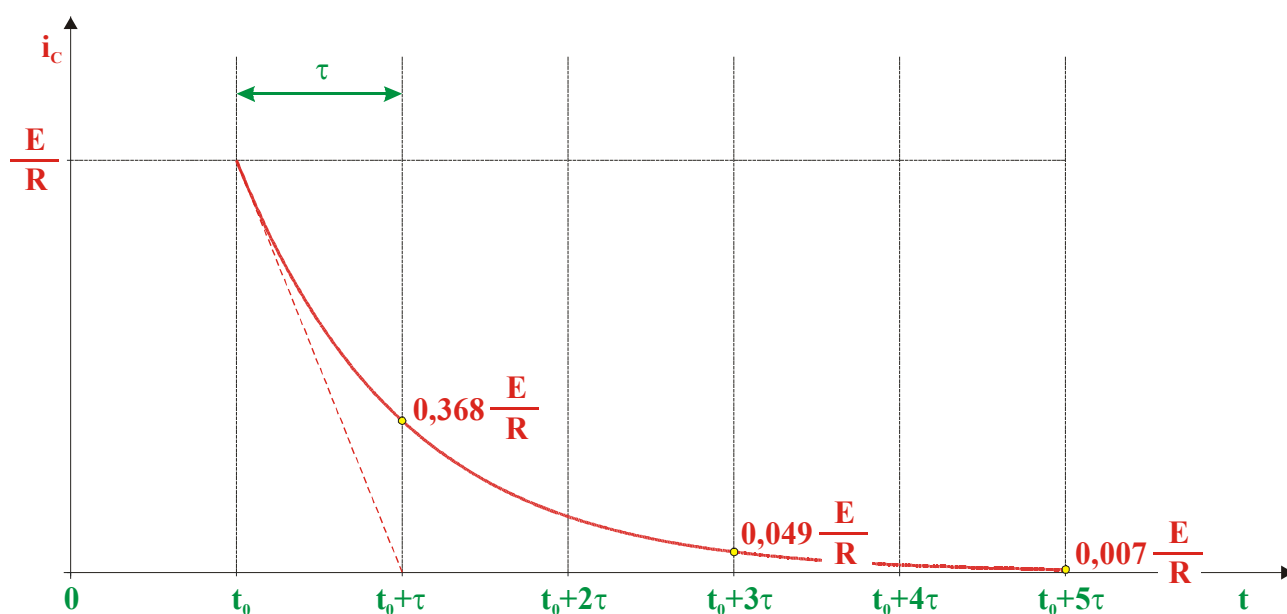
$$t \geq t_0 \Rightarrow \begin{aligned} u_C(t) &= \underbrace{E}_{\text{Estado Permanente}} + \underbrace{-E \cdot e^{-\frac{1}{RC}(t-t_0)}}_{\text{Estado Transitório}} \\ i_C(t) &= \frac{u_R(t)}{R} = \frac{u(t) - u_C(t)}{R} = \frac{E - u_C(t)}{R} = \frac{E}{R} \cdot \underbrace{e^{-\frac{1}{RC}(t-t_0)}}_{\text{Estado Transitório}} \end{aligned}$$

$$\text{Regime permanente: } \begin{cases} u_C(t \rightarrow \infty) = E \\ i_C(t \rightarrow \infty) = 0 \end{cases}$$

Constante de tempo do circuito: $\boxed{\tau = RC}$ (s)

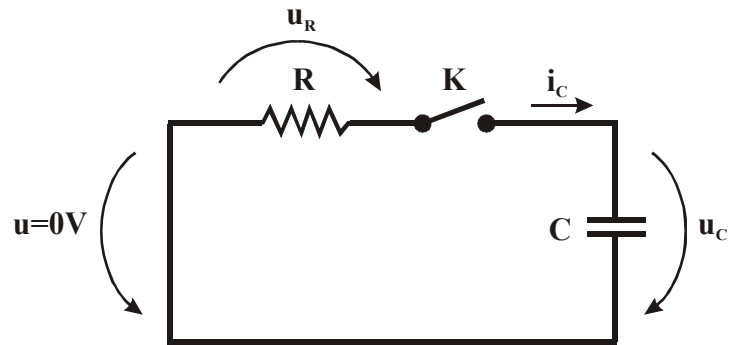


$t - t_0 = \tau$	$u_C(t) = E - E \cdot e^{-1} = 0,632 \cdot E$
$t - t_0 = 3\tau$	$u_C(t) = E - E \cdot e^{-3} = 0,950 \cdot E$
$t - t_0 = 5\tau$	$u_C(t) = E - E \cdot e^{-5} = 0,993 \cdot E$



$t - t_0 = \tau$	$i_C(t) = \frac{E}{R} \cdot e^{-1} = 0,368 \cdot \frac{E}{R}$
$t - t_0 = 3\tau$	$i_C(t) = \frac{E}{R} \cdot e^{-3} = 0,049 \cdot \frac{E}{R}$
$t - t_0 = 5\tau$	$i_C(t) = \frac{E}{R} \cdot e^{-5} = 0,007 \cdot \frac{E}{R}$

19.2.2 Segundo caso particular



Nota: R pode ser a **Resistência de Thévenin** de um circuito passivo mais complexo.

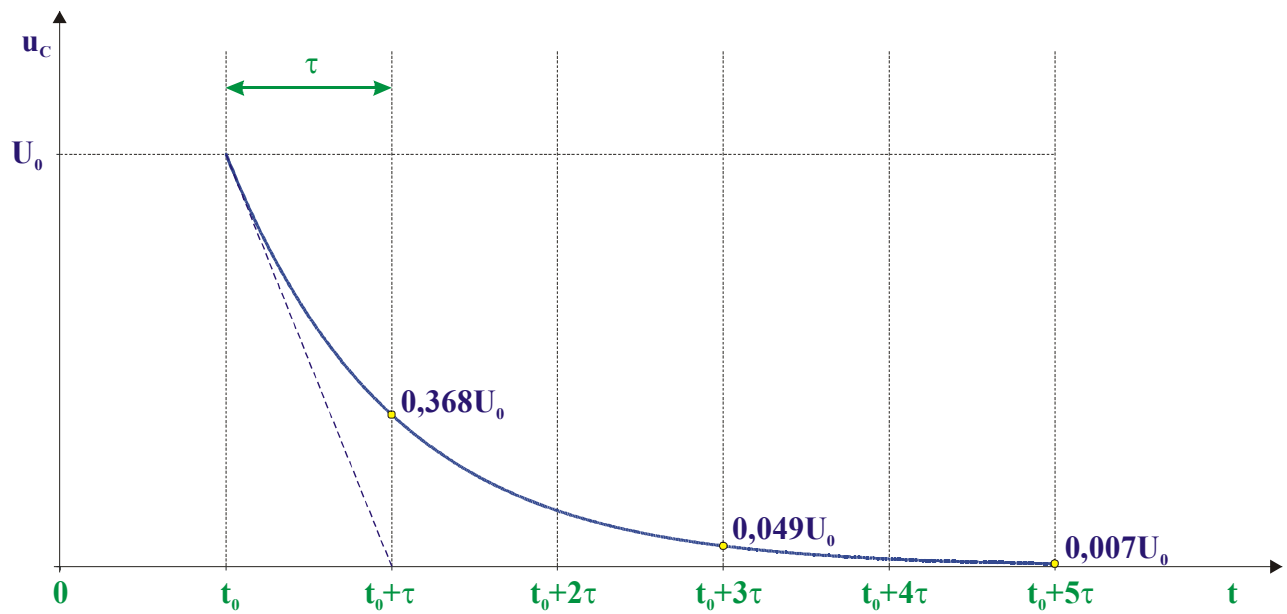
$$\text{Condições: } \begin{cases} u(t) = 0V \Rightarrow \frac{d[u_C(t)]}{dt} + \frac{1}{RC} \cdot u_C(t) = 0 \\ u_C(t) = U_0 \text{ em } t = t_0 \\ k \text{ é fechado em } t = t_0 \end{cases}$$

Resposta natural do circuito RC

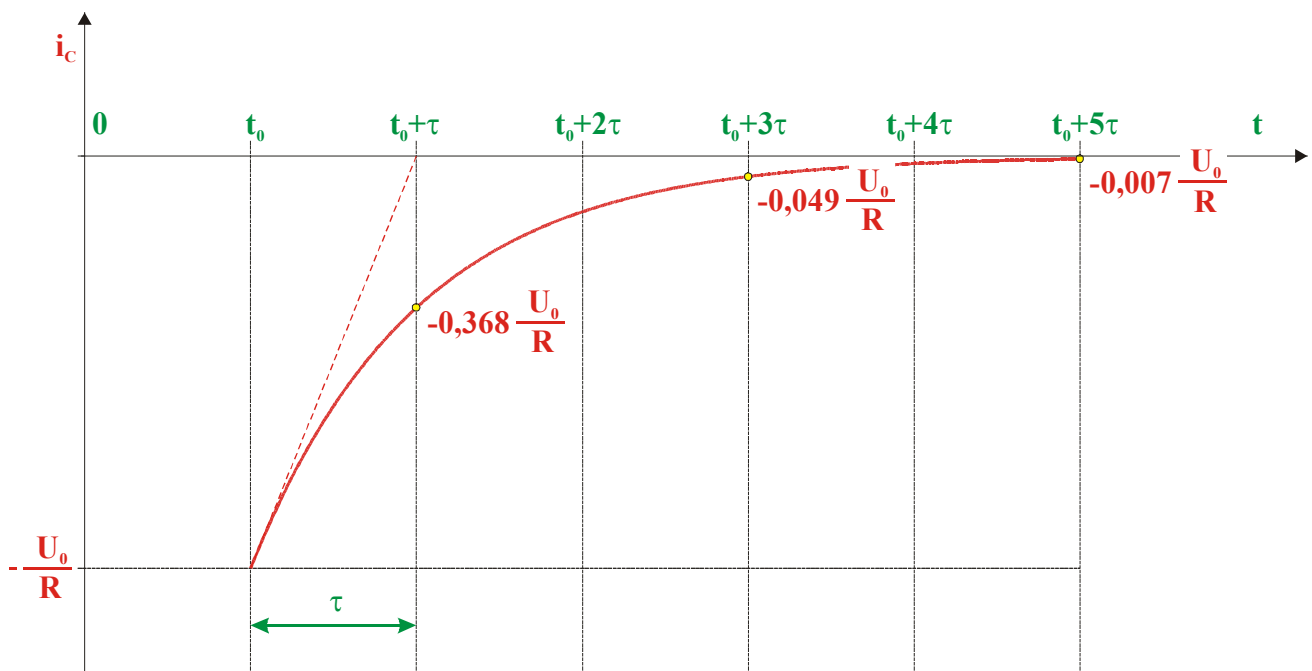
$$t \geq t_0 \Rightarrow \begin{cases} u_C(t) = \underbrace{U_0 \cdot e^{-\frac{1}{RC}(t-t_0)}}_{\text{Estado Transitório}} \\ i_C(t) = \frac{u(t) - u_C(t)}{R} = \frac{0 - u_C(t)}{R} = -\underbrace{\frac{U_0}{R} \cdot e^{-\frac{1}{RC}(t-t_0)}}_{\text{Estado Transitório}} \end{cases}$$

$$\text{Regime permanente: } \begin{cases} u_C(t \rightarrow \infty) = 0 \\ i_C(t \rightarrow \infty) = 0 \end{cases}$$

Constante de tempo do circuito: $\tau = RC$ (s)

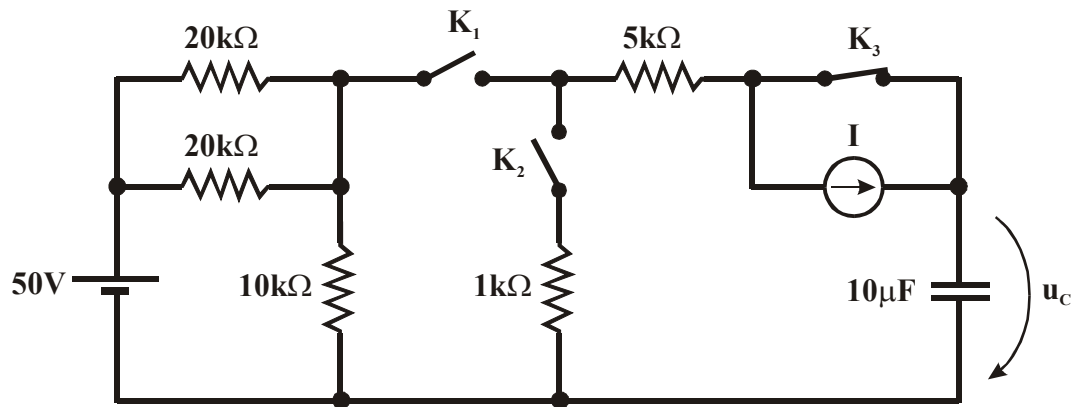


$t - t_0 = \tau$	$u_C(t) = U_0 \cdot e^{-1} = 0,368 \cdot U_0$
$t - t_0 = 3\tau$	$u_C(t) = U_0 \cdot e^{-3} = 0,049 \cdot U_0$
$t - t_0 = 5\tau$	$u_C(t) = U_0 \cdot e^{-5} = 0,007 \cdot U_0$



$t - t_0 = \tau$	$i_C(t) = -\frac{U_0}{R} \cdot e^{-1} = -0,368 \cdot \frac{U_0}{R}$
$t - t_0 = 3\tau$	$i_C(t) = -\frac{U_0}{R} \cdot e^{-3} = -0,049 \cdot \frac{U_0}{R}$
$t - t_0 = 5\tau$	$i_C(t) = -\frac{U_0}{R} \cdot e^{-5} = -0,007 \cdot \frac{U_0}{R}$

Exemplo: Preencha os quadros anexos à figura.



K ₁ fechado	K ₂ aberto	K ₃ fechado
Tensão de Thévenin do circuito ligado ao condensador		
Resistência de Thévenin do circuito ligado ao condensador		
Constante de tempo do circuito		
Valor de u_C em regime permanente		

K ₁ aberto	K ₂ aberto	K ₃ fechado
Resistência de Thévenin do circuito ligado ao condensador		
-	-	K ₃ aberto
Resistência de Thévenin do circuito ligado ao condensador		

K ₁ aberto	K ₂ fechado	K ₃ fechado
Tensão de Thévenin do circuito ligado ao condensador		
Resistência de Thévenin do circuito ligado ao condensador		
Constante de tempo do circuito		
Valor de u_C em regime permanente		

- **Condições iniciais:**
K₁ aberto, K₂ aberto, K₃ fechado e $u_C = 0$.
- K₁ é fechado no instante t_0 e aberto 250ms depois.
- K₂ é fechado no instante $t_0 + 500ms$.
- K₃ é aberto no instante $t_0 + 600ms$ e fechado quando u_C atinge 20V.

K ₁ fechado	K ₂ fechado	K ₃ fechado
Tensão de Thévenin do circuito ligado ao condensador		
Resistência de Thévenin do circuito ligado ao condensador		
Constante de tempo do circuito		
Valor de u_C em regime permanente		

Valor máximo efectivamente atingido por u_C	
Valor de u_C no instante $t_0 + 51ms$	
Instante em que u_C atinge pela segunda vez o valor 15V	
Valor de I tal que K ₃ permaneça aberto 50ms	