

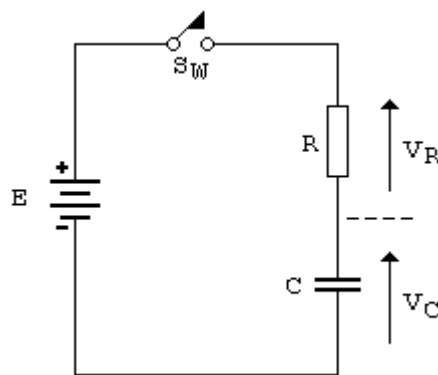
# COMPORTAMENTO DO CAPACITOR EM CORRENTE CONTÍNUA – CONSTANTE DE TEMPO E PROCESSO DE CARGA E DESCARGA

## OBJETIVOS:

- estudar o processo de carga e descarga de um capacitor em regime de corrente contínua;
- verificar experimentalmente o significado da constante de tempo ( $\tau$ ) e sua aplicabilidade.

## INTRODUÇÃO TEÓRICA

Consideremos inicialmente o circuito abaixo, alimentado por uma tensão contínua, formado por um resistor em série com um capacitor.



**circuito 1**

Quando o interruptor  $S_W$  estiver aberto, não haverá corrente no circuito e portanto, a tensão no resistor e no capacitor será nula.

Quando o interruptor for fechado, a tensão no resistor será igual a tensão da bateria, pois o capacitor ainda está descarregado. Isto significa que no momento em que o interruptor é fechado, a corrente no circuito será máxima, sendo dada por:

$$I_0 = E/R$$

A corrente continuará fluindo pelo circuito até que o capacitor fique completamente carregado.

Desta forma, à medida que o capacitor se carrega a corrente vai progressivamente diminuindo, até tornar-se praticamente nula.

Matematicamente a tensão no resistor é expressa por:

$$V_R = E \cdot e^{-t/RC} \quad (\text{I})$$

onde:

$V_R$  = tensão no resistor

$E$  = tensão da fonte

$e = 2,718$  (constante)

$t$  = tempo durante o qual a corrente circula

A tensão no capacitor será:

$$V_C = E - V_R \quad (\text{II})$$

Assim:

$$V_C = E - E \cdot e^{-t/RC} \quad (\text{III})$$

Teremos então:

$$V_C = E (1 - e^{-t/RC}) \quad (\text{IV})$$

A fórmula acima fornece a tensão no capacitor em um instante qualquer.

O produto  $RC$  recebe o nome de constante de tempo, normalmente representada pela letra grega  $\tau$  (tau). A unidade de medida é o segundo (SI).

A constante de tempo é a mesma para a carga e descarga de um capacitor, quando em série com um resistor.

Quando um capacitor carregado for posto em contato com um resistor, ocorrerá a descarga do capacitor, segundo a equação:

$$V_C = E_0 \cdot e^{-t/\tau} \quad (\text{V})$$

$$I = I_0 \cdot e^{-t/\tau} \quad (\text{VI})$$

Através das equações (IV) e (V), pode-se levantar o gráfico universal que mostra as variações percentuais da tensão em função das unidades  $RC$  (constante de tempo -  $\tau$ )

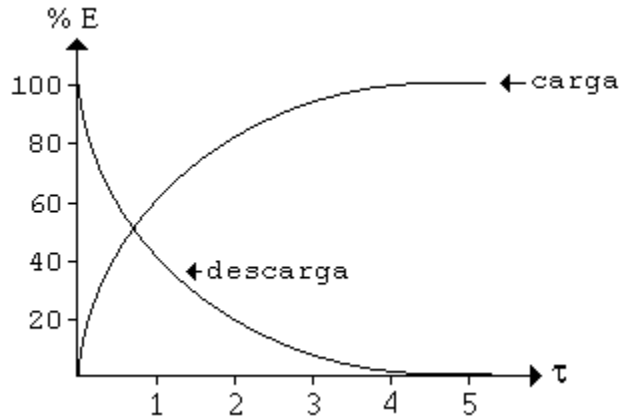
Vejamos um exemplo:

Qual será a constante de tempo ( $\tau$ ) quando um capacitor de  $10\mu\text{F}$  for associado a um resistor de  $330\text{k}\Omega$ ?

*Solução:*

$$\tau = RC = 10 \times 10^{-6} \cdot 330 \times 10^3 = 3,3\text{s (1 constante de tempo)}.$$

O gráfico de carga e descarga é mostrado abaixo:

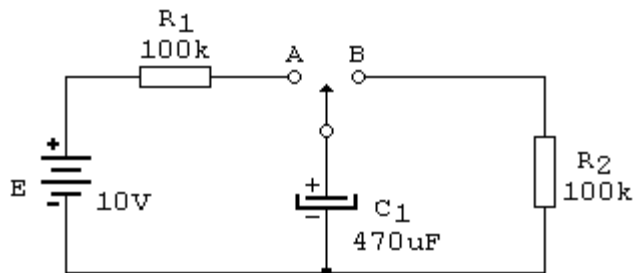


Do gráfico mostrado, pode-se levantar uma tabela com as porcentagens de carga e descarga de um capacitor:

FATOR	VARIAÇÃO (%)
$0,2\tau$	20
$0,5\tau$	40
$0,7\tau$	50
$1\tau$	63
$2\tau$	86
$3\tau$	96
$4\tau$	98
$5\tau$	99

Uma constante de tempo significa que o capacitor carrega-se com 63% da tensão de entrada. No processo de descarga, o fator será também de 63%.

Para melhor ilustrar, consideremos um circuito com um capacitor de  $470\mu\text{F}$  e dois resistores de  $100\text{k}\Omega$ , alimentado por uma tensão de  $10\text{V}$ , conforme ilustra a figura:



**circuito 2**

Observa-se que no circuito a constante de tempo para a carga é igual para a descarga. Quando o interruptor estiver posicionado em A, ocorrerá a carga do capacitor através de  $R_1$ ; em B ocorrerá a descarga do capacitor através de  $R_2$ .

O tempo para carga e descarga será:

$$\tau = RC = 470 \times 10^{-6} \cdot 100 \times 10^3 = 47 \text{ segundos}$$

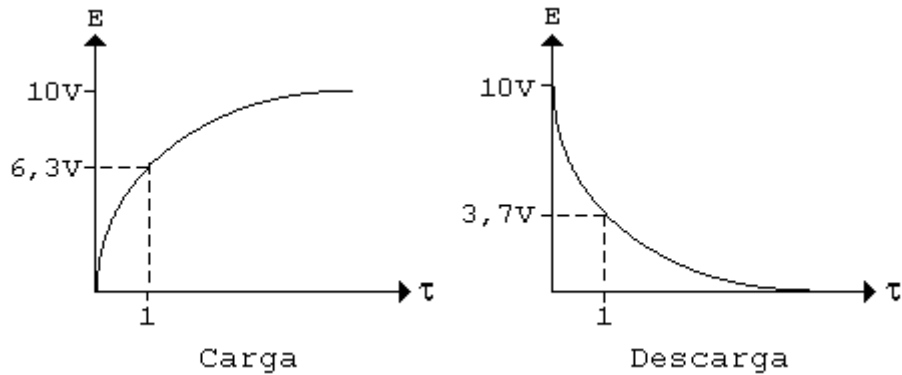
Isto significa que a tensão no capacitor será de 6,3V após 1 constante de tempo, ou seja, 47s.

A tabela abaixo ilustra melhor as tensões no capacitor no processo de carga e descarga no circuito 2.

**Tensão no capacitor**

Constante de tempo	Tempo	Variação	Carga	Descarga
$0,2\tau$	9,4s	20%	2V	8V
$0,5\tau$	23,5s	40%	4V	6V
$0,7\tau$	32,9s	50%	5V	5V
$1\tau$	47s	63%	6,3V	3,7V
$2\tau$	94s	86%	8,6V	1,4V
$3\tau$	141s	96%	9,6V	0,4V
$4\tau$	188s	98%	9,8V	0,2V
$5\tau$	235s	99%	9,9V	0,1V

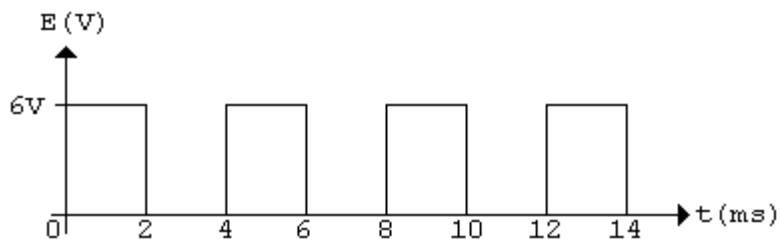
A figura abaixo mostra a curva de carga e descarga para o capacitor do circuito 2, para 1 constante de tempo.



Se ao invés de chaves manuais para o processo de comutação (liga-desliga), utilizarmos uma sucessão de pulsos quadrados fornecidos por um gerador, podemos analisar simultaneamente o processo de carga e descarga na tela de um osciloscópio.

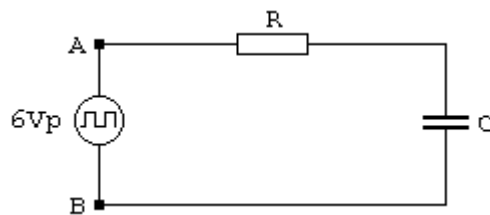
Para tanto, basta aplicar na entrada de um circuito composto por um resistor e um capacitor, uma trem de pulsos quadrados.

Consideremos o conjunto de pulsos quadrados mostrado a seguir.



Durante o intervalo de 0 a 2ms a tensão nos terminais do gerador é 6V; no intervalo de 2 a 4ms a tensão nos extremos do gerador será de 0V e assim sucessivamente.

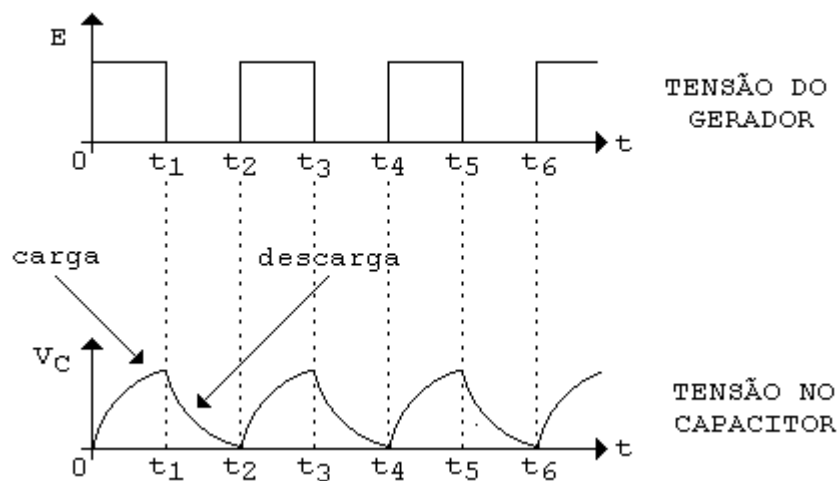
Considerando o circuito abaixo.



**circuito 3**

Obteremos em função da tensão da tensão quadrada aplicada entre os pontos A e B do circuito 3 e tensão resultante no capacitor em virtude do processo de carga e descarga.

poderá ser vista na tela de um osciloscópio, conforme ilustra a figura abaixo.



Quando utiliza-se um osciloscópio de 2 canais, em um dos canais pode-se visualizar a tensão aplicada na entrada do circuito, enquanto que no outro canal, visualiza-se a tensão nos extremos do capacitor.

No instante  $0-t_1$  o capacitor carrega-se, pois nesse intervalo de tempo a tensão de entrada é máxima; no instante  $t_1-t_2$  o capacitor descarrega-se, pois nesse intervalo de tempo a tensão de entrada é nula.

A amplitude da tensão nos extremos do capacitor vai depender da constante de tempo  $RC$  do circuito ou ainda, da frequência da tensão do gerador.

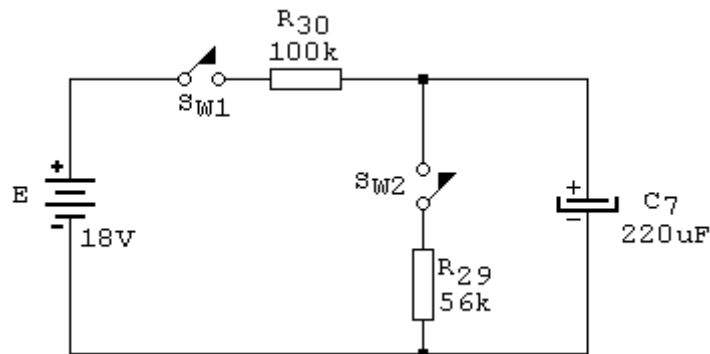
Quando ocorre um aumento da constante de tempo ou um aumento da frequência, a amplitude da tensão nos extremos do capacitor diminui.

## PARTE PRÁTICA

### MATERIAIS NECESSÁRIOS

- 1 - Multímetro analógico ou digital
- 1 - Osciloscópio
- 1 - Gerador de funções
- 1 - Módulo de ensaios ETT-1

1 - Monte o circuito a seguir.



**Circuito 4**

Com  $S_{W1}$  fechada e  $S_{W2}$  aberta, o capacitor carrega-se através de  $R_{30}$ ; abrindo-se  $S_{W1}$  e fechando-se  $S_{W2}$  o capacitor descarrega-se através de  $R_{29}$ . Observa-se portanto, que as constantes de tempo para carga e descarga não são iguais.

2 - Calcule as constantes de tempo para carga e descarga.

constante de tempo para carga: \_\_\_\_\_

constante de tempo para descarga: \_\_\_\_\_

3 - Ligue  $S_{W1}$  e mantenha  $S_{W2}$  aberta (processo de carga). Meça a tensão nos extremos do capacitor para 5 constantes de tempo e preencha a tabela 1.

4 - Abra  $S_{W1}$  e feche  $S_{W2}$  (processo de descarga). Meça a tensão nos extremos do capacitor para 5 constantes de tempo e preencha a tabela 2.

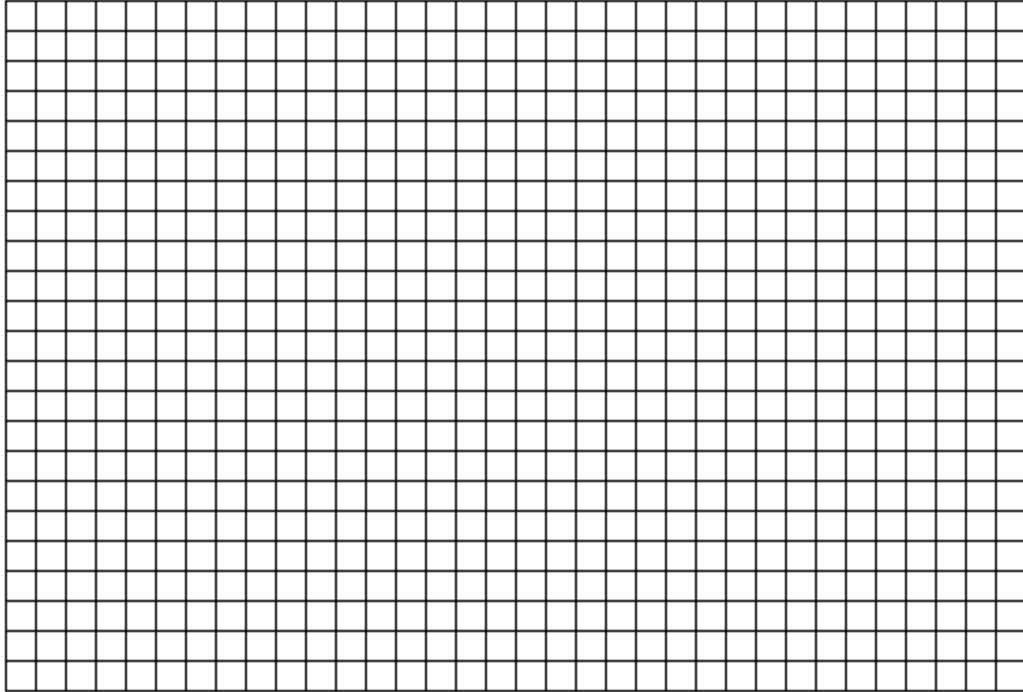
**Tabela 1: processo de carga**

E = 18V      C = 100µF      R = 100kΩ					
Constante de tempo	1τ	2τ	3τ	4τ	5τ
Tempo (s)					
Tensão no capacitor					

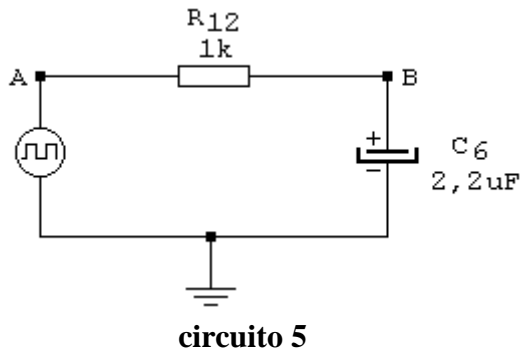
**Tabela 2: processo de descarga**

E = 18V      C = 100µF      R = 56kΩ					
Constante de tempo	1τ	2τ	3τ	4τ	5τ
Tempo (s)					
Tensão no capacitor					

5 - Utilize o quadro a seguir e desenhe a curva de carga e descarga do capacitor, para o circuito utilizado nesta experiência (circuito 4).



6 - Monte o circuito a seguir.



7 - Ajuste o gerador de funções para fornecer onda quadrada, com uma amplitude de 3Vp e uma frequência de 50Hz.

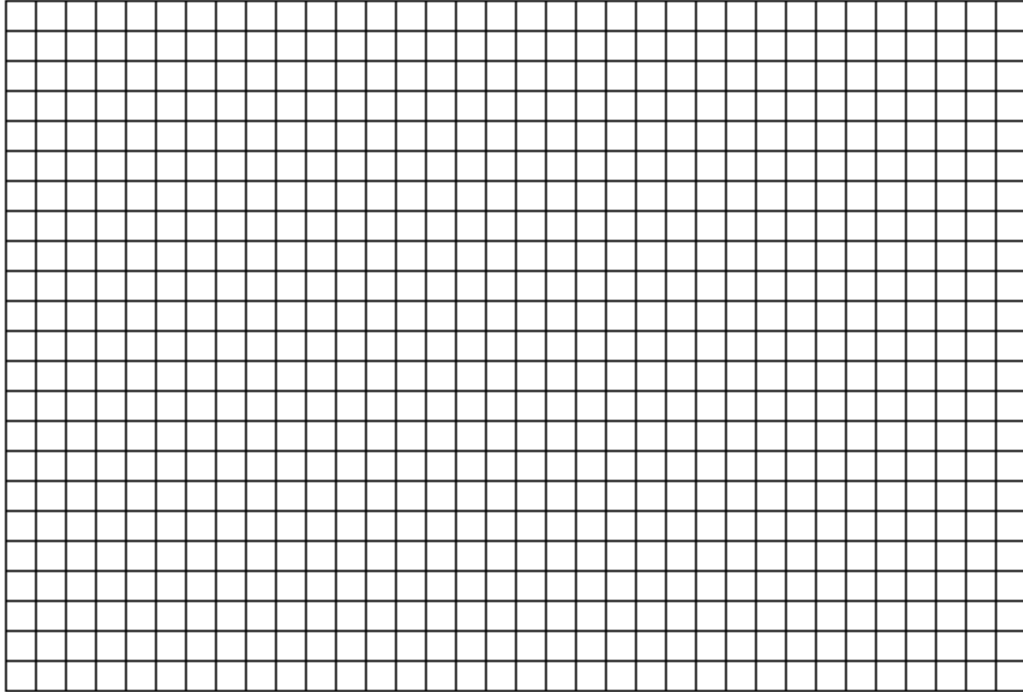
8 - Ligue um dos canais do osciloscópio no ponto A e outro canal no ponto B e observe as formas de onda nos dois canais.

*Anote a amplitude da tensão na entrada (ponto A) e a amplitude da tensão no capacitor (ponto B). Anote também a base de tempo horizontal.*

9 - Desenhe as formas de onda observadas nos pontos A (entrada) e B (no capacitor), no quadro a seguir.

**frequência do gerador: 50Hz**

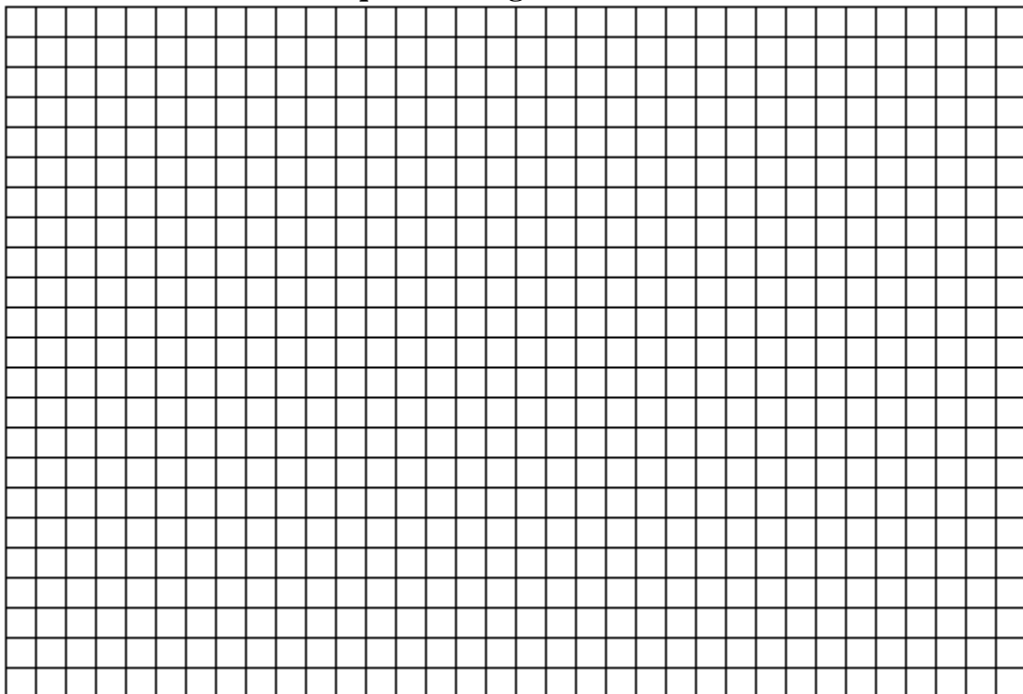




10 - Aumente a frequência do gerador para 200Hz a observe as formas de onda no osciloscópio. Deverá ocorrer uma mudança na base de tempo e na amplitude do sinal no capacitor.

11 - Desenhe no quadro abaixo as formas de onda observadas nos pontos A e B.

**frequência do gerador: 200Hz**



12 - Compare as formas de onda no ponto B para as frequências de 50Hz e de 200Hz desenhadas e apresente suas conclusões.

---

---

---

---

---

---

---

---

### QUESTÕES:

1 - O que é constante de tempo?

---

---

---

2 - O que é tempo de carga?

---

---

---

3 - Calcule a constante de tempo do circuito 5.

---

---

4 - Porquê quando aumenta-se a frequência do gerador no circuito 5 ocorre uma modificação da onda quadrada?

---

---

---

---

---