

ROTEIRO p FILMES: CIRCUITO RC

Prof. Nildo Loiola Dias

1 OBJETIVOS

- Estudar o circuito RC durante a carga e a descarga do capacitor;
- Estudar a associação de capacitores em série e em paralelo;
- Determinar a constante de tempo capacitiva do circuito RC.

2 MATERIAL

- Capacitores (dois de 470 μF);
- Resistor de 50 $\text{k}\Omega$;
- Fonte de Tensão contínua;
- Cronômetro;
- Cabos (sete);
- Multímetro digital;
- Chave (comutadora).

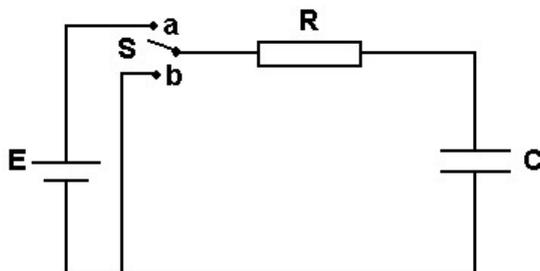
Para a realização do experimento remoto será necessário a observação de filmes para a coleta de dados. Os links para os 6 filmes estão indicados em cada procedimento.

Para um estudo teórico consulte: HALLIDAY, David, RESNIK Robert, KRANE, Denneth S. Física 3, volume 2, 5 Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 384 p. ou www.infoescola.com/electronica/circuito-rc/

3 FUNDAMENTOS

Consideremos o circuito da Figura 1. Este circuito é formado por uma fonte de tensão contínua que fornece uma tensão E ; um resistor, R , ligado em série a um capacitor, C e uma chave comutadora, S , pode ser ligada em **a** de modo a carregar o capacitor ou ligada em **b** de modo a descarregar o capacitor.

Figura 1. Circuito RC.



Estando o capacitor da Figura 1, inicialmente descarregado, a chave S é então ligada, no instante $t = 0$, na posição **a**; assim, o resistor é imediatamente submetido a uma diferença de potencial E , estabelecendo-se uma corrente inicial igual a E/R . O fluxo de cargas através do resistor começa então a carregar o capacitor. A presença de carga no capacitor cria, através do mesmo, uma

diferença de potencial (igual a q/C), o que faz com que a diferença de potencial nos extremos do resistor diminua desta mesma quantidade, uma vez que a soma das duas diferenças de potencial é sempre igual a E . Isto significa que a corrente é reduzida; assim, quanto maior é a carga no capacitor, menor será a corrente no circuito. Quando o capacitor estiver completamente carregado, a diferença de potencial sobre o resistor será zero e, portanto, a corrente também será zero.

Deixamos para você a descrição do que ocorre quando a chave S é ligada na posição **b**, após o capacitor estar completamente carregado.

Matematicamente, após ligar a chave S em **a**, em $t = 0$, com o capacitor descarregado, a carga do capacitor varia com o tempo como segue:

$$q = CE \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right) \quad (1)$$

a diferença de potencial através do capacitor é então:

$$V_C = \frac{q}{C} = E \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right) \quad (2)$$

e a diferença de potencial através do resistor:

$$V_R = E e^{-\frac{t}{RC}} \quad (3)$$

O produto RC , que aparece nas equações acima é chamado de **constante de tempo capacitiva** e é igual ao tempo necessário para que a carga no capacitor atinja cerca de 63% (fazendo $t = RC$ na equação 3, temos que $1 - e^{-1} = 0,63$) do seu valor final de equilíbrio.

4 PROCEDIMENTOS

Nos circuitos usados nesta prática foi utilizado um resistor de $50 \text{ k}\Omega$ (valor nominal) que ao ser medido, Figura 2, apresentou um valor de $48,82 \text{ k}\Omega$.

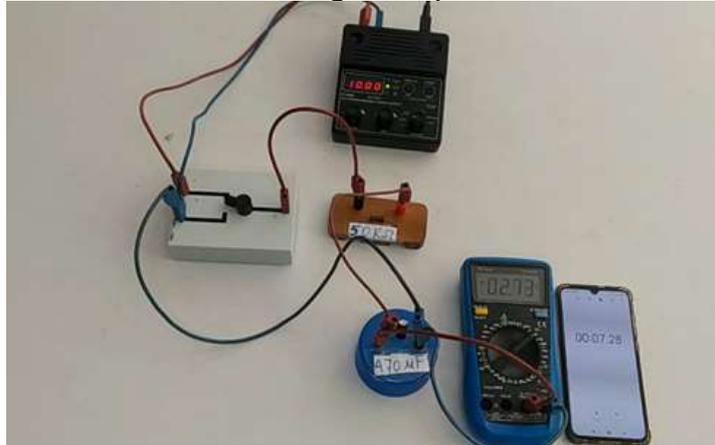
Figura 2. Medida da resistência do resistor utilizado nesta prática.



Em todos os circuitos foram utilizados somente capacitores de $470 \mu\text{F}$ (valor nominal) e uma fonte de tensão contínua regulada em $10,00 \text{ V}$.

Na Figura 3 um instante do filme 1 durante a carga do capacitor. Observe que o circuito mostrado no filme está de acordo com a representação do circuito mostrada na Figura 1.

Figura 3. Imagem do filme 1 durante a carga do capacitor.



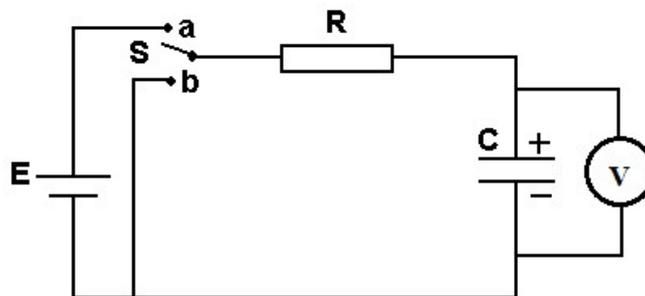
PROCEDIMENTO 1: Medida da Tensão no Capacitor (V_C) em função do Tempo durante a carga do capacitor.

Para a realização deste procedimento acesse ao **Filme 1 tensão V_C na carga do capacitor**: <https://youtu.be/oPbjMeSnAmE>

No **Filme 1 tensão V_C na carga do capacitor** uma fonte de tensão contínua, regulada em 10,00 V, alimenta um circuito RC formado por um resistor de 50 k Ω (valor nominal) em série com um capacitor de 470 μ F (valor nominal). No início do filme uma chave comutadora é acionada de modo a dar início à carga do capacitor e ao mesmo tempo um cronômetro é ligado. Um multímetro ligado aos terminais do capacitor permite medir a tensão no capacitor em função do tempo.

1.1 Observe que o circuito utilizado no Filme 1 tensão V_C na Carga do capacitor está representado na Figura 3, com a chave S inicialmente ligada em b.

Figura 3. Circuito para os Procedimentos 1 e 2.



1.2 Anote os valores da tensão sobre o capacitor, V_c , em função do tempo de carga, T, como indicado na Tabela 1.

Tabela 1. Tensão V_C em função do tempo durante a carga do capacitor.

T (s)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
V_C (V)									
T (s)	45	50	55	60	70	80	90	100	120
V_C (V)									

OBS: Anote a tensão medida com o voltímetro, em volt com uma casa decimal. Não tem problema se não conseguir fazer as leituras nos instantes exatos indicados na tabela. Se preferir, você pode parar o filme no momento de fazer as leituras. Essa observação vale para todas as tabelas desta prática.

PROCEDIMENTO 2: Medida da Tensão no Capacitor (V_C) em função do Tempo durante a descarga do capacitor.

Para a realização deste procedimento acesse ao **Filme 2 tensão V_C na descarga do capacitor:**

<https://youtu.be/24b2RxuBJIM>

No **Filme 2 tensão V_C na descarga do capacitor** podemos ver que é utilizado o circuito mostrado na Figura 3 e que inicialmente o capacitor está carregado (como indica a leitura do multímetro). No início do filme uma chave comutadora é acionada de modo a dar início à descarga do capacitor e ao mesmo tempo um cronômetro é ligado. Um multímetro ligado aos terminais do capacitor permite medir a tensão no capacitor em função do tempo.

- 2.1 Anote a tensão do capacitor carregado (com uma casa decimal), este é o valor de V_C para o instante $t = 0$. Neste caso V_C é igual à leitura do voltímetro imediatamente antes de ligar a chave em **b**.
- 2.2 Anote a tensão em função do tempo, durante a descarga do capacitor, como indicado na Tabela 2. Observe que o cronômetro é acionado no momento em que a chave S é ligada em **b**.

Tabela 2. Tensão V_C em função do tempo durante a descarga do capacitor.

T (s)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
V_C (V)									
T (s)	45	50	55	60	70	80	90	100	120
V_C (V)									

2.3 Trace em um mesmo gráfico a Tensão no Capacitor (V_C) versus tempo para a carga e a descarga do capacitor.

PROCEDIMENTO 3: Medida da Tensão no Resistor (V_R) em função do Tempo durante a carga do capacitor.

Para a realização deste procedimento acesse ao **Filme 3 tensão V_R na carga do capacitor:**

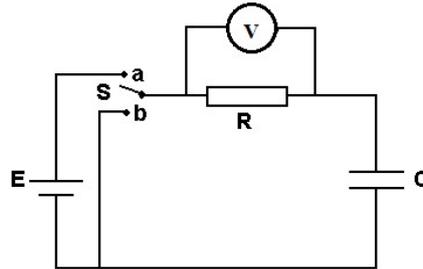
https://youtu.be/ny5_hftgaQc

No **Filme 3 tensão V_R na carga do capacitor** uma fonte de tensão contínua, regulada em 10,00 V, alimenta um circuito RC formado por um resistor de 50 k Ω (valor nominal) em série com um capacitor de 470 μ F (valor nominal). No início do filme uma chave comutadora é acionada de modo a dar início à carga do capacitor e ao mesmo tempo um cronômetro é ligado. Um multímetro ligado aos terminais do resistor permite medir a tensão no resistor em função do tempo.

3.1 Observe que o circuito utilizado no Filme 3 tensão V_R na Carga do capacitor está representado na Figura 4, com a chave S inicialmente ligada em **b**.

3.2 Para o instante $t = 0$ sabemos que a fonte está fornecendo 10,00 V e que a tensão no capacitor é zero, pois o mesmo está descarregado, assim, no instante $t = 0$ a diferença de potencial sobre o resistor é 10,0 V. O multímetro apresenta uma pequena inércia para medir a tensão no instante $t = 0$, por isso não é possível obter essa leitura no filme.

Figura 4. Circuito para os Procedimentos 3 e 4.



3.3 Observe que o cronômetro é acionado no momento em que a chave S é ligada em **a**. Anote a tensão em função do tempo, durante a carga do capacitor, como indicado na Tabela 3.

Tabela 3. Tensão V_R e corrente I em função do tempo durante a carga do capacitor.

T (s)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
V_R (V)	10,0								
I (μA)									
T (s)	45	50	55	60	70	80	90	100	120
V_R (V)									
I (μA)									

3.4 Calcule a corrente I , em cada instante, dividindo a tensão pelo valor da resistência (valor medido). Anote na Tabela 3.

PROCEDIMENTO 4: Medida da **Tensão no Resistor** (V_R) em função do Tempo durante a **descarga do capacitor**.

Para a realização deste procedimento acesse ao **Filme 4 tensão V_R na descarga do capacitor**: <https://youtu.be/O2GBdgKD9QQ>

No **Filme 4 tensão V_R na descarga do capacitor** uma fonte de tensão contínua, regulada em 10,00 V, alimenta um circuito RC formado por um resistor de 50 k Ω (valor nominal) em série com um capacitor de 470 μ F (valor nominal). No início do filme uma chave comutadora é acionada de modo a dar início à descarga do capacitor e ao mesmo tempo um cronômetro é ligado. Um multímetro ligado aos terminais do resistor permite medir a tensão no resistor em função do tempo.

4.1 Observe que o circuito utilizado no **Filme 3 tensão V_R na Carga do capacitor** está representado na Figura 4, com a chave S inicialmente ligada em **a**. Observe também que a tensão sobre o resistor se anula quando o capacitor está totalmente carregado. Na realidade podemos ver no filme que há uma indicação de 0,01 V que podemos considerar como praticamente zero. Teoricamente o capacitor levaria um tempo infinito para ficar totalmente carregado.

- 4.2 Anotamos, na Tabela 4, V_R para o instante $t = 0$. Sabemos que a fonte fornece 10,0 V e imediatamente antes de ligar a chave em **b** podemos ver no filme que a tensão sobre o resistor é 0,01 V. Assim, podemos concluir que a tensão no capacitor é 9,9 V. Quando a chave S for ligada em **b** a tensão do capacitor será aplicada no resistor, provocando uma corrente que descarrega o capacitor. Essa corrente passará no resistor em sentido contrário ao que ocorreu durante a carga do capacitor, assim, teremos um valor negativo para a diferença de potencial no resistor.
- 4.3 Anote, na Tabela 4 a tensão sobre o resistor (V_R) em função do tempo, durante a descarga do capacitor, como indicado na Tabela 4 (todos os valores de V_R serão negativos).
- 4.4 Calcule a corrente I, em cada instante, dividindo a tensão pelo valor **medido** da resistência. Anote na Tabela 4.

Tabela 4. Tensão V_R e corrente I em função do tempo durante a descarga do capacitor.

T (s)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
V_R (V)	-9,9								
I (μA)									
T (s)	45	50	55	60	70	80	90	100	120
V_R (V)									
I (μA)									

- 4.5 Trace no mesmo gráfico, os gráficos da Tensão (V_R) sobre o resistor versus tempo durante a carga e descarga do capacitor.
- 4.6 Trace no mesmo gráfico, os gráficos da Corrente (I) versus tempo durante a carga e a descarga do capacitor.

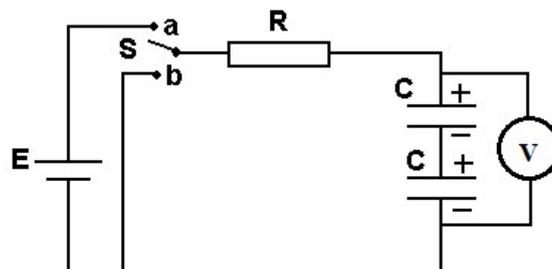
PROCEDIMENTO 5: Associação de capacitores em série.

Para a realização deste procedimento acesse ao **Filme 5 tensão Vc Capacitores em Série**: <https://youtu.be/510KNmrBcoA>

No **Filme 5 tensão Vc Capacitores em Série** uma fonte de tensão contínua, regulada em 10,00 V, alimenta um circuito RC formado por um resistor de 50 k Ω (valor nominal) em série com dois capacitores de 470 μ F (valor nominal) ligados em série. No início do filme uma chave comutadora é acionada de modo a dar início à carga dos capacitores e ao mesmo tempo um cronômetro é ligado. Um multímetro ligado aos terminais dos capacitores permite medir a tensão sobre os capacitores em série em função do tempo.

5.1 Observe que o circuito utilizado no **Filme 5 tensão Vc Capacitores em Série** está representado na Figura 5, com a chave S inicialmente ligada em **b**.

Figura 5. Circuito com dois capacitores em série.



5.2 Anote os valores da tensão sobre os capacitores, V_C , em função do tempo de carga, T , como indicado na Tabela 5.

Tabela 5. Tensão V_C em função do tempo durante a carga de dois capacitores em série.

T (s)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
V_C (V)									
T (s)	45	50	55	60	70	80	90	100	120
V_C (V)									

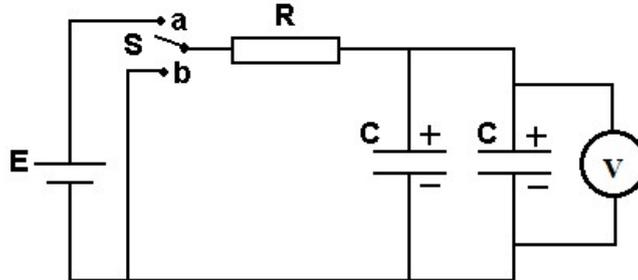
PROCEDIMENTO 6: Associação de capacitores em paralelo.

Para a realização deste procedimento acesse ao **Filme 6 tensão V_C Capacitores em Paralelo**:
<https://youtu.be/RtgIe0wRI8c>

No **Filme 6 tensão V_C Capacitores em Paralelo** uma fonte de tensão contínua, regulada em 10,00 V, alimenta um circuito RC formado por um resistor de 50 k Ω (valor nominal) em série com dois capacitores de 470 μ F (valor nominal) ligados em paralelo. No início do filme uma chave comutadora é acionada de modo a dar início à carga dos capacitores e ao mesmo tempo um cronômetro é ligado. Um multímetro ligado aos terminais dos capacitores permite medir a tensão sobre os capacitores em paralelo em função do tempo.

6.1 Observe que o circuito utilizado no **Filme 6 tensão V_C Capacitores em Paralelo** está representado na Figura 6, com a chave S inicialmente ligada em **b**.

Figura 6. Circuito com dois capacitores em paralelo.



6.2 Anote os valores da tensão sobre os capacitores, V_C , em função do tempo de carga, T , como indicado na Tabela 6.

Tabela 6. Tensão V_C em função do tempo durante a carga de dois capacitores em paralelo.

T (s)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
V_C (V)									
T (s)	90	100	120	140	160	180	200	220	240
V_C (V)									

6.3 Trace no mesmo gráfico, os gráficos da Tensão versus tempo para a carga de um capacitor (Tabela 1), de dois capacitores em série (Tabela 5) e de dois capacitores em paralelo (Tabela 6).

5 QUESTIONÁRIO

- 1- Determine as constantes de tempo capacitiva **nominais** dos circuitos utilizado nos procedimentos 1, 5 e 6. (Utilize os valores nominais de R e de C).
- 2- A constante de tempo capacitiva de um circuito RC pode ser determinada experimentalmente pelo gráfico da tensão versus tempo, durante a carga do capacitor. Para isso basta identificar o tempo para o qual a tensão no capacitor atinge 63 % da tensão da fonte. Determine experimentalmente a constante de tempo capacitiva do circuito do procedimento 1 pelo gráfico de V_C vs t durante a carga do capacitor. Indique o procedimento usado.
- 3- Determine a capacitância do capacitor utilizado no procedimento 1 a partir do resultado da questão anterior e do conhecimento de que o valor medido da resistência utilizada foi 48,82 k Ω .
- 4- Determine teoricamente a tensão em um capacitor após decorrido um tempo t igual a duas vezes a constante de tempo capacitivo nominal. Dê sua resposta em função de um percentual da tenção da fonte que alimenta o circuito RC.
- 5- Calcule a carga máxima armazenada no capacitor do procedimento 1. Mostre os cálculos.
- 6- Determine pelos gráficos do procedimento 6.3 a constante de tempo capacitiva para a associação em série e para a associação em paralelo dos capacitores. Utilize o método indicado na questão 2.
- 7- Determine a capacitância resultante dos capacitores em série e em paralelo, utilizados nos procedimentos 5 e 6 a partir do resultado da questão anterior e do conhecimento de que o valor medido da resistência utilizada foi 48,82 k Ω .