

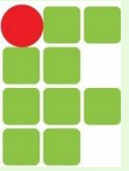


Eletrônica Básica

Professor: Neilor Colombo Dal Pont

Sistemas Embarcados

TÓPICOS DA AULA



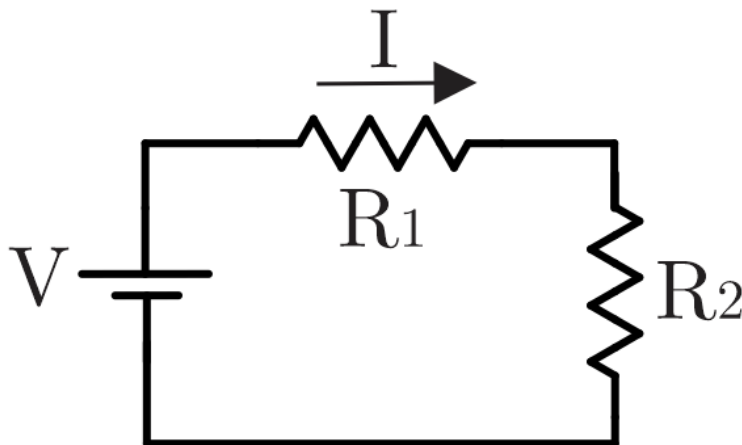
- Revisão
- Capacitores
- Indutores

ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

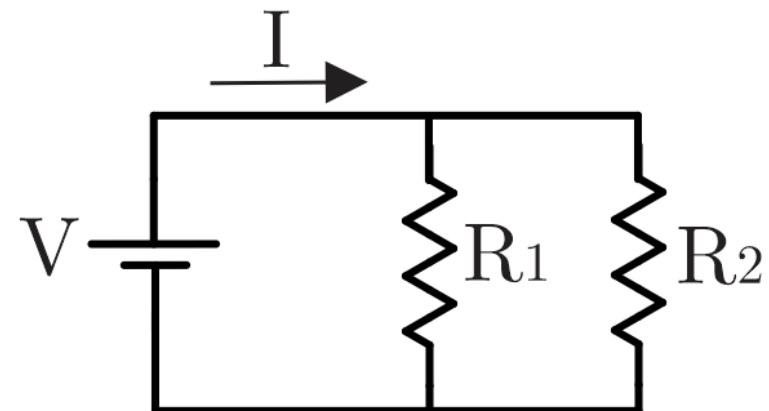


- Dificilmente um circuito elétrico possui apenas um resistor.
- Para calcular os parâmetros, deve-se encontrar a chamada **resistência equivalente** do circuito.
- Essa resistência representa todas as resistências do circuito em um único valor.

Associação Série



Associação Paralela



ASSOCIAÇÃO SÉRIE



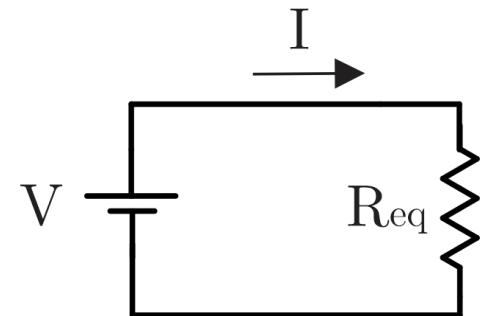
- A soma das resistências é a **resistência equivalente** na **associação série!**
- Assim, para calcular a corrente em um circuito série, pode-se somar o valor de todas as resistências e usar a lei de Ohm.

$$V = (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_N) \cdot I$$

$$V = R \cdot I$$

$$\rightarrow R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_N$$

$$\rightarrow V = R_{eq} \cdot I$$



ASSOCIAÇÃO PARALELA



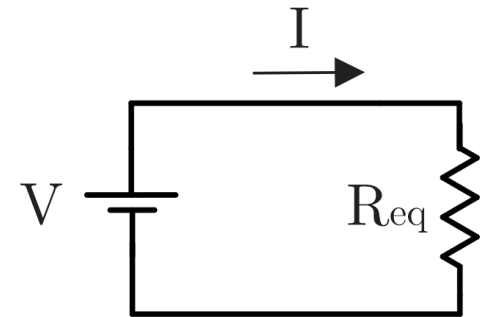
- Observa-se a semelhança com a lei de Ohm.
- Logo, na associação paralela **o inverso da resistência equivalente é a soma dos inversos das correntes**.
- Assim, para calcular a corrente em um circuito série, pode-se encontrar a resistência equivalente e usar a lei de Ohm.

$$I = V \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N} \right)$$

$$I = \frac{V}{R}$$

$$\rightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N}$$

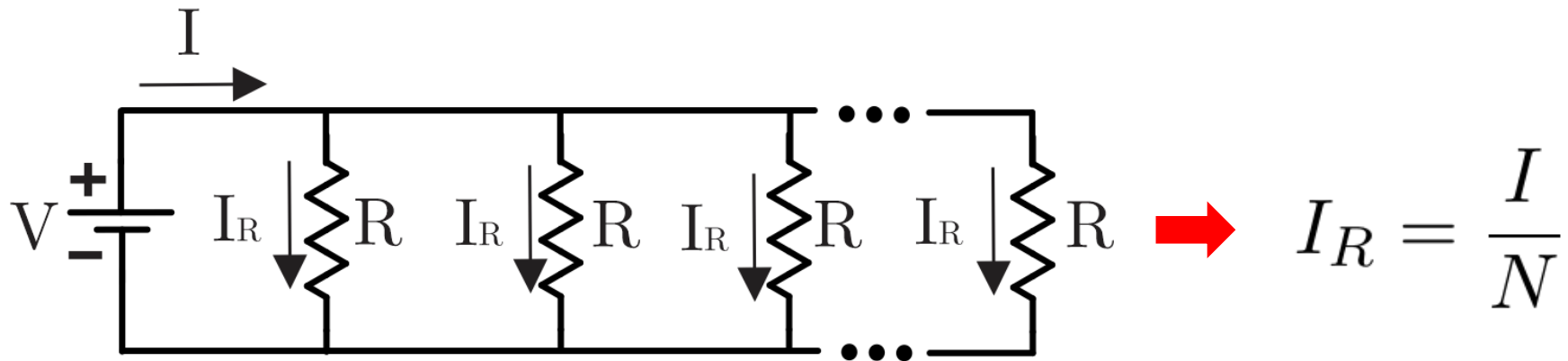
$$\rightarrow I = \frac{V}{R_{eq}}$$



ASSOCIAÇÃO PARALELA



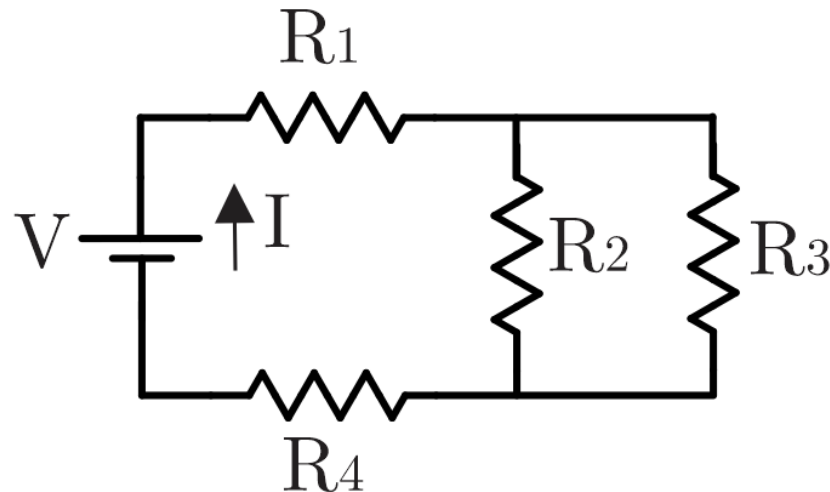
- **Resistores iguais na associação paralela:**
- Quando as resistências tem o mesmo valor, a corrente irá se dividir igualmente em cada resistor.
- Assim, a corrente em cada um deles será a corrente da fonte dividida pelo número de resistores.



ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES



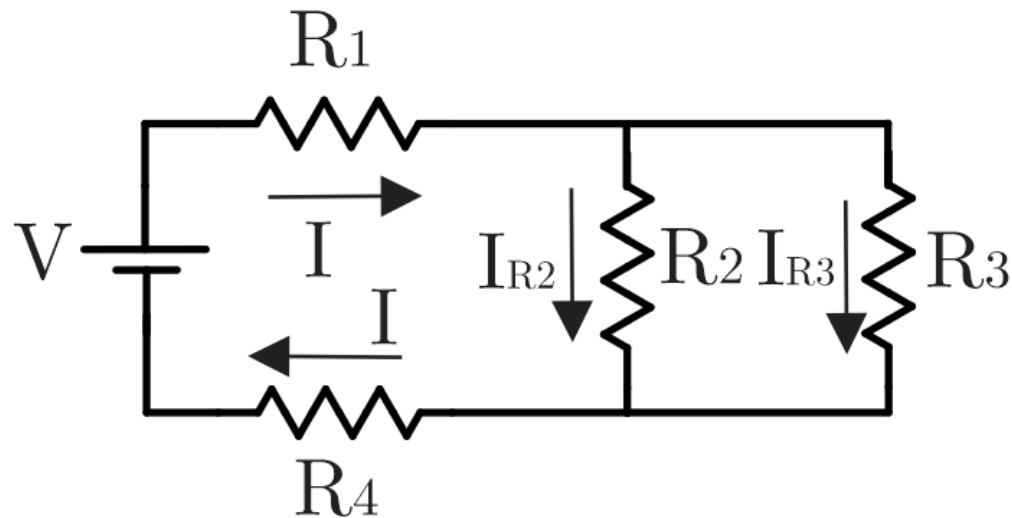
- Para isso, deve-se resolver o circuito por partes.
- Vamos usar o seguinte circuito como exemplo.
- Quantas tensões e quantas correntes se tem no circuito abaixo?



ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES



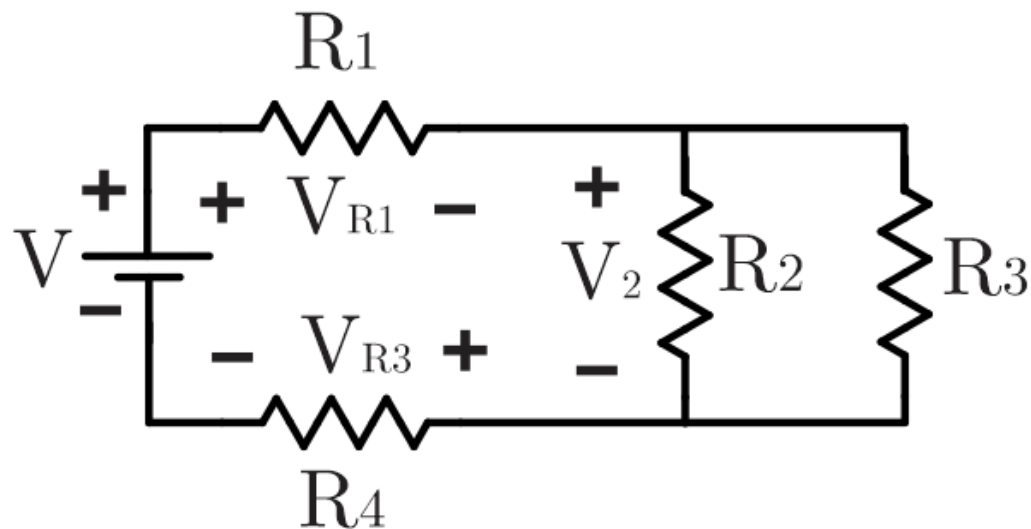
- Quantas tensões e quantas corrente se tem no circuito abaixo?
- 3 Correntes: I , I_{R2} , I_{R3} .



ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES



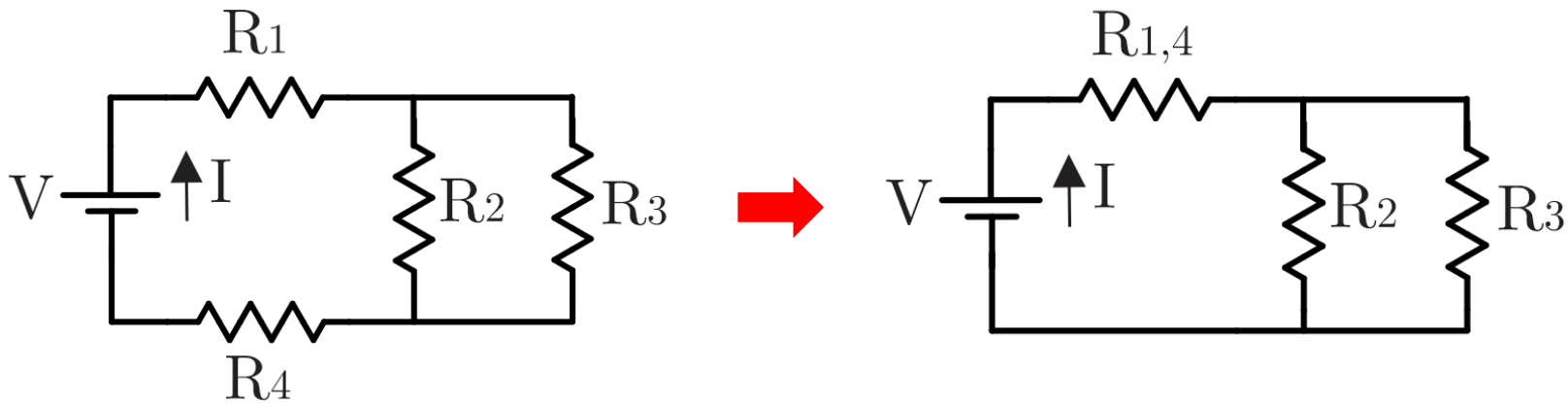
- Quantas tensões e quantas corrente se tem no circuito abaixo?
- 4 Tensões: V , V_{R1} , V_2 , V_{R3} .



ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES



- Agora, para obter a resistência equivalente:
- 1) Resistores que estão sob a mesma corrente estarão conectados em série.
- No exemplo, R_1 e R_4 estão sob a mesma corrente (a corrente da fonte).

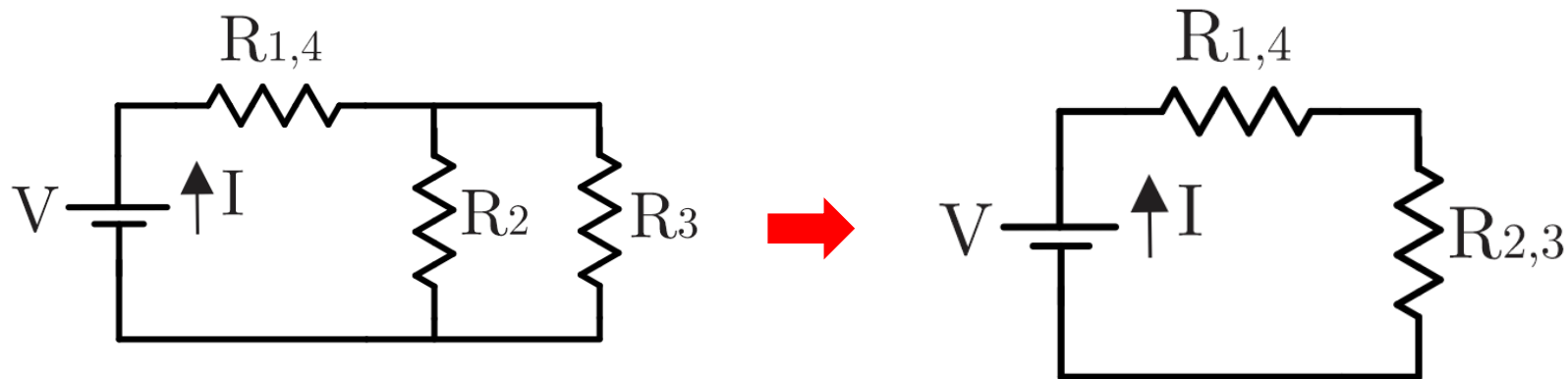


$$R_{1,4} = R_1 + R_4$$

ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES



- **2)** Resistores que estão sob a mesma tensão estarão conectados em paralelo.
- No exemplo, R_2 e R_3 estão sob a mesma tensão.

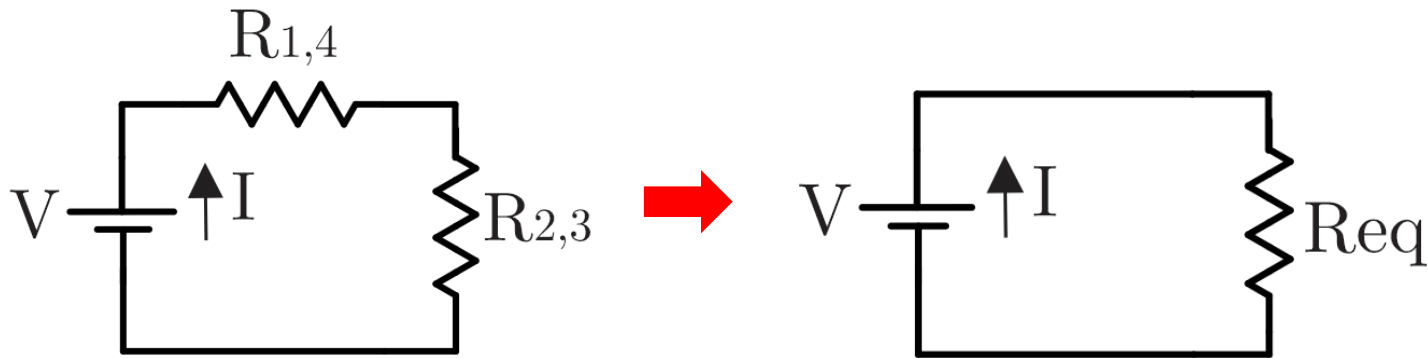


$$R_{2,3} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES



- Por fim, as resistências $R_{1,4}$ e $R_{2,3}$ estarão em série.
- O processo não precisa ser realizado nessa ordem, contanto que sejam respeitadas as condições de resistores sob a mesma corrente estarem em série, e resistores sob a mesma tensão estarem em paralelo.

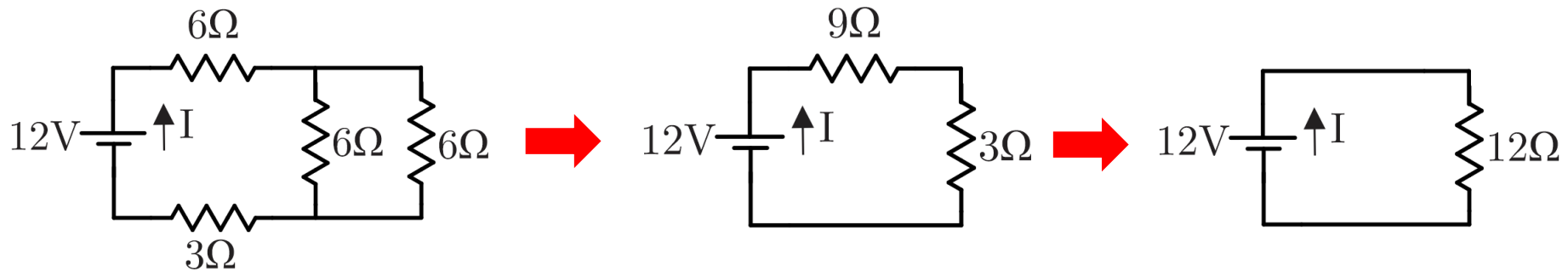


$$R_{eq} = R_{1,4} + R_{2,3} = R_1 + R_4 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES



- **Exemplo numérico:** Determine a resistência equivalente, e as tensões e correntes do circuito a seguir:



$$R_{1,4} = 3 + 6 = 9 \, \Omega$$

$$R_{eq} = 9 + 3 = 12 \, \Omega$$

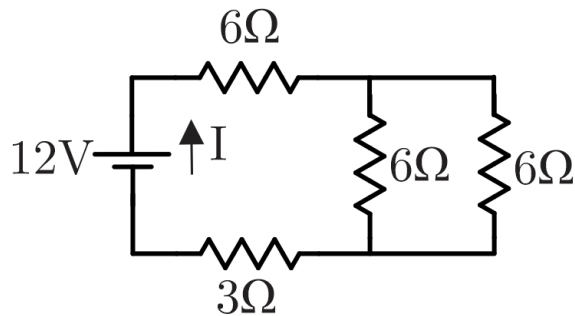
$$R_{2,3} = \frac{6}{2} = 3 \, \Omega$$

$$I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{12}{12} = 1 \, \text{A}$$

ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES



- **Exemplo numérico:** Determine a resistência equivalente, e as tensões e correntes do circuito a seguir:



$$I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{12}{12} = 1 \text{ A}$$

$$V_{R1} = I \cdot R_1 = 1 \cdot 6 = 6 \text{ V}$$

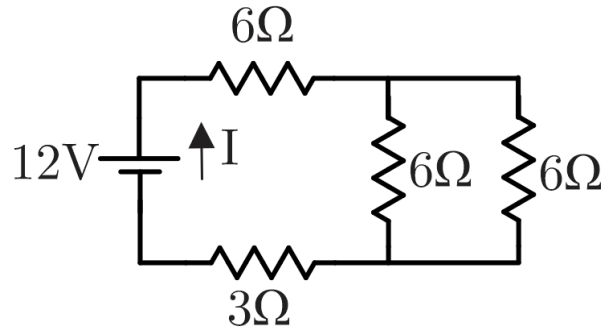
$$V_2 = V - V_{R1} - V_{R3} = 12 - 6 - 3 = 3 \text{ V}$$

$$V_{R3} = I \cdot R_3 = 1 \cdot 3 = 3 \text{ V}$$

ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES



- **Exemplo numérico:** Determine a resistência equivalente, e as tensões e correntes do circuito a seguir:



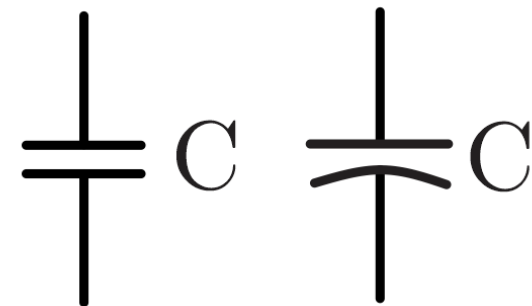
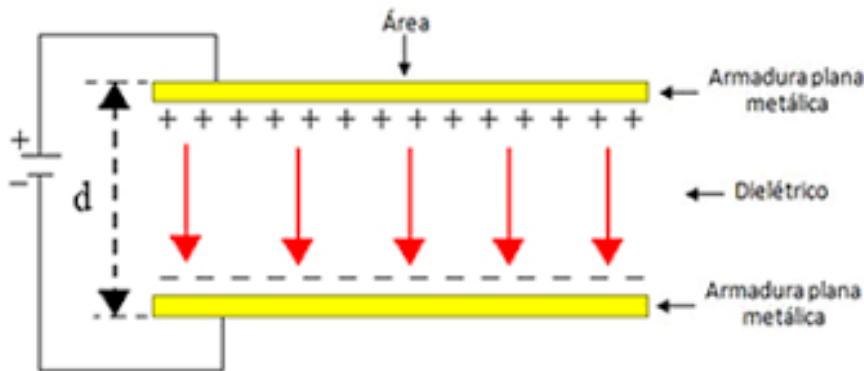
$$I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{12}{12} = 1 \text{ A}$$

$$I_{R2} = I_{R3} = \frac{I}{2} = 0,5 \text{ A}$$

Capacitores



- Um capacitor é um componente formado por duas placas metálicas, separadas por um material isolante chamado de dielétrico.
- Eles são capazes de armazenar cargas em seus terminais, e energia no campo elétrico em seu dielétrico.
- A simbologia dos capacitores em circuitos é apresentada a seguir:



Capacitores



- Existem diversos tipos de capacitores.
- Alguns tipos, como os cerâmicos e os de filme não possuem polaridade.
- Já os eletrolíticos possuem polaridade (positivo e negativo), e podem se danificar se ligados invertidos.
- As principais aplicações dos capacitores são: Filtros e circuitos osciladores.



Capacitores



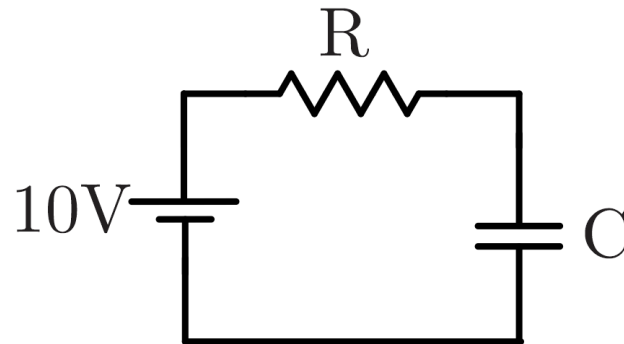
- A unidade de medida de um capacitor é a capacitância, dada em Farads [F].
- A equação da capacitância é descrita pela divisão da carga pela tensão.
- Assim, as principais grandezas de um capacitor são a tensão, a carga e a capacitância.

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

Capacitores



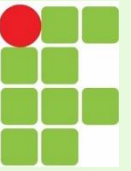
- Exemplo: Um capacitor conectado a uma fonte de 10 V está carregado com uma carga de 100 μC . Qual a sua capacitância?



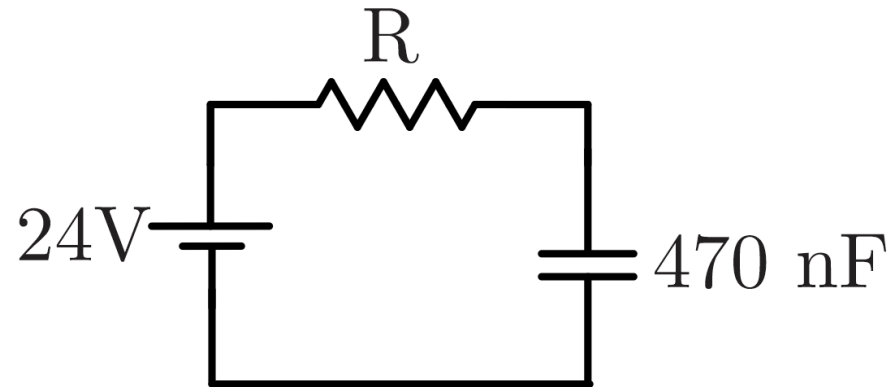
$$C = \frac{Q}{V}$$

$$C = \frac{100\mu}{10} = 10 \mu\text{F}$$

Capacitores



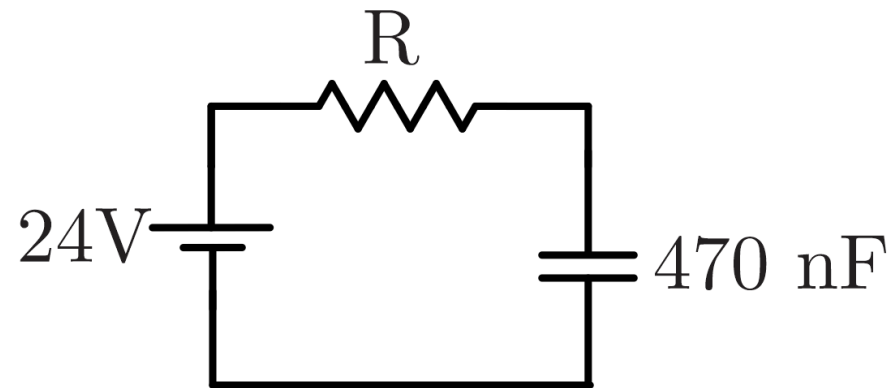
- Exemplo: Um capacitor de 470 nF está conectado a uma fonte de 24 V. Calcule sua carga:



Capacitores



- Exemplo: Um capacitor de 470 nF está conectado a uma fonte de 24 V. Calcule sua carga:



$$q = C \cdot V = 470n \cdot 24 = 11,28 \mu C$$

Capacitores



- Já a energia em um capacitor pode ser dada em função da tensão, da capacitância e da carga.
- As seguintes equações podem ser usadas:
- Lembrando que a unidade de medida de energia é o Joule [J]

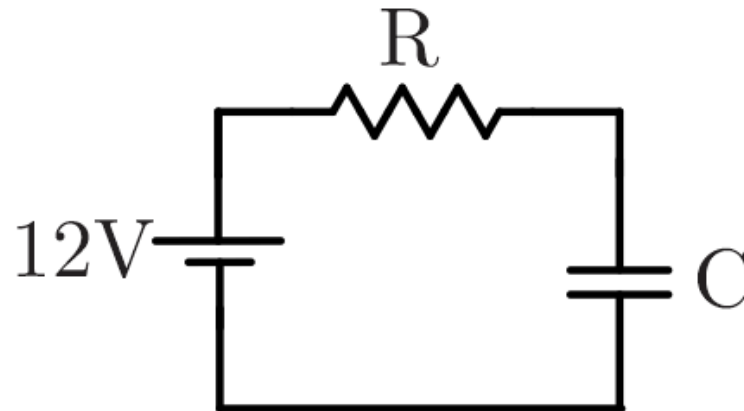
$$E = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot V$$

$$E = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V^2$$

Capacitores



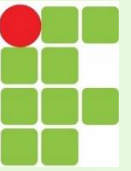
- **Exemplo:** o capacitor do circuito abaixo está carregado com uma carga de $50 \mu\text{C}$. Calcule a energia armazenada neste capacitor.



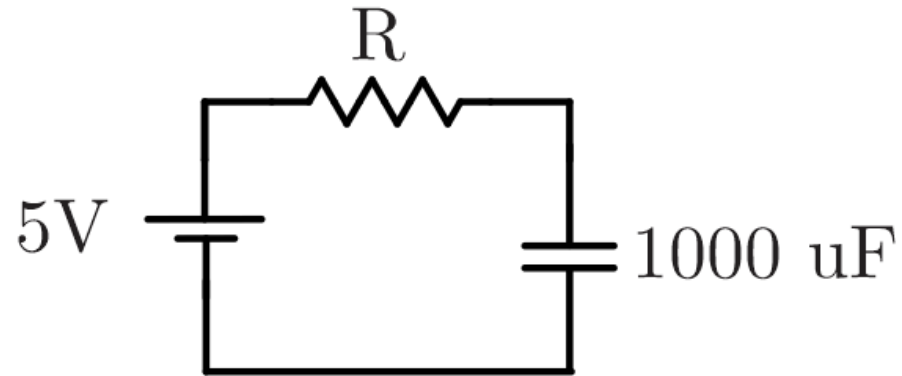
$$E = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot V$$

$$E = \frac{1}{2} \cdot 50\mu \cdot 12 = 300 \mu\text{J}$$

Capacitores



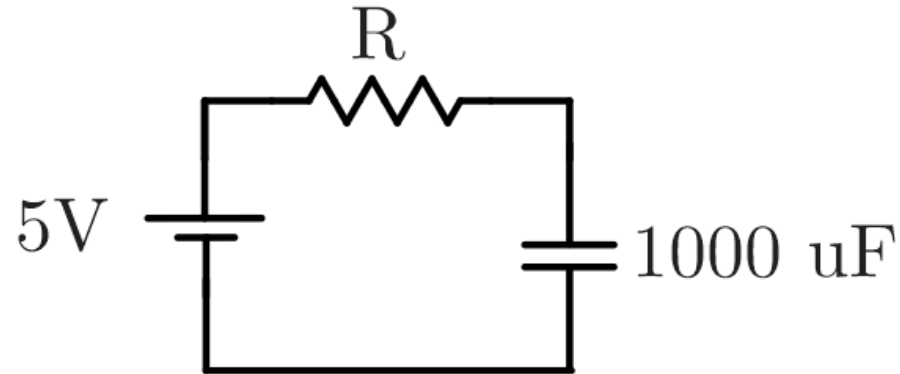
- **Exercício:** calcule a energia armazenada no capacitor do circuito abaixo:



Capacitores



- **Exercício:** calcule a energia armazenada no capacitor do circuito abaixo:

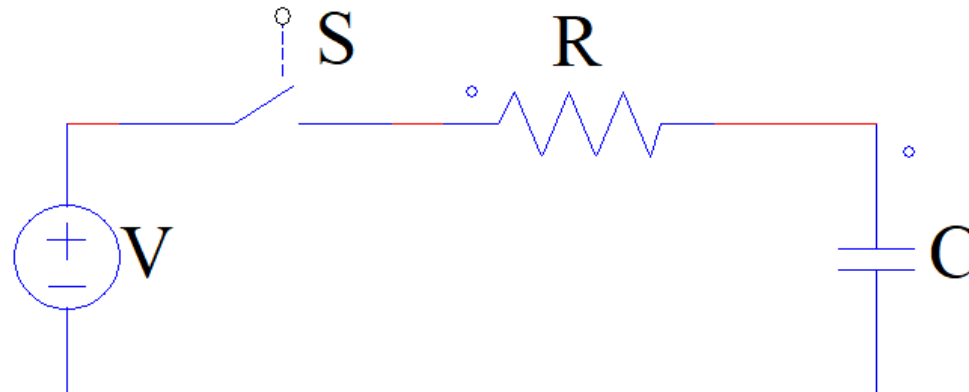


$$E = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V^2 \quad E = \frac{1}{2} \cdot 1m \cdot 5^2 = 12,5 \text{ mJ}$$

Capacitores



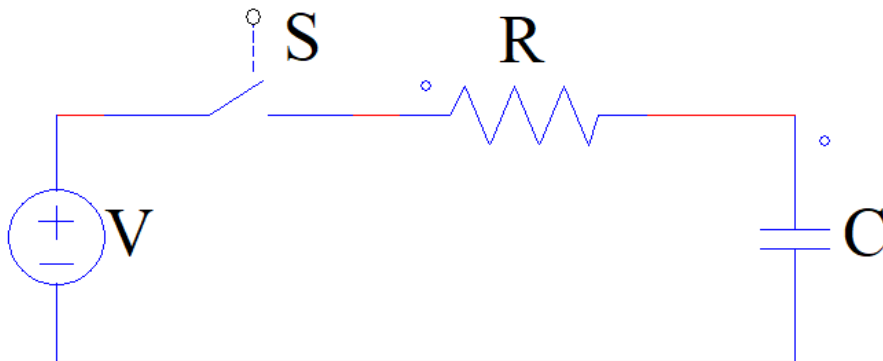
- **Carga e descarga do capacitor:**
- A tensão de um capacitor descarregado é inicialmente zero, e ele se carrega até a tensão atingir a tensão da fonte ao qual ele é conectado.
- Um capacitor descarregado se comporta como um curto circuito.
- Assim, circuitos com carga e descarga de capacitores costumam usar resistores para limitar a corrente e controlar o tempo de carga. Esses circuitos são chamados de **Circuitos RC**.
- Quanto maior o resistor, maior o tempo que o capacitor leva para se carregar.



Capacitores



- Ao se fechar o interruptor S no circuito, o capacitor começa a se **carregar**.
- A equação da tensão no capacitor em função do tempo é dada pela equação abaixo.
- τ é a constante de tempo do circuito, que representa o tempo que o capacitor leva para atingir 63% da sua carga.
- O capacitor é considerado **totalmente carregado** ao atingir entre 3 e 5 vezes o valor de τ (95% ou 99% da tensão).



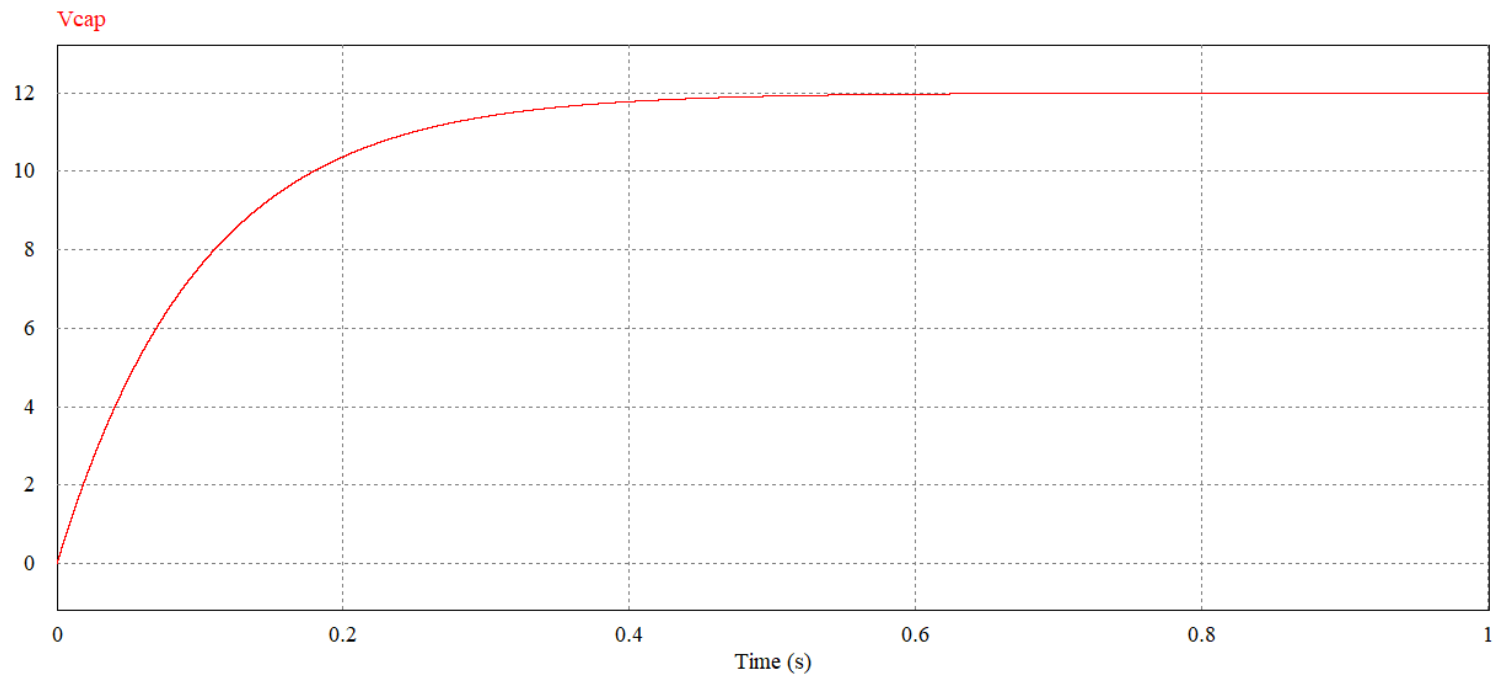
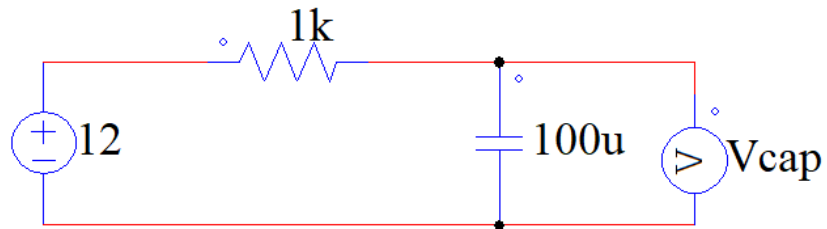
$$V_C(t) = V_{fonte} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

$$\tau = R \cdot C$$

Capacitores



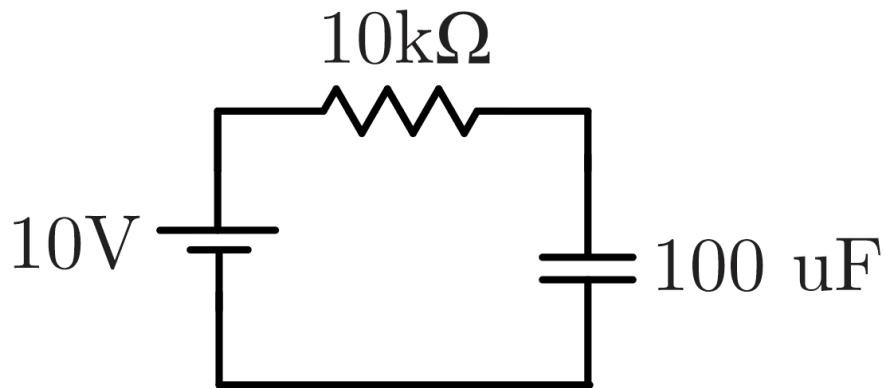
➤ Abaixo o exemplo da carga de um capacitor:



Capacitores



- **Exemplo:** No circuito abaixo, o capacitor é considerado carregado para $t=3 \tau$. Determine o tempo que o capacitor irá levar para se carregar. Qual a tensão do capacitor nesse instante?



$$\tau = R \cdot C = 10k \cdot 100\mu = 1 \text{ s}$$

$$3 \tau = 3 \text{ s}$$

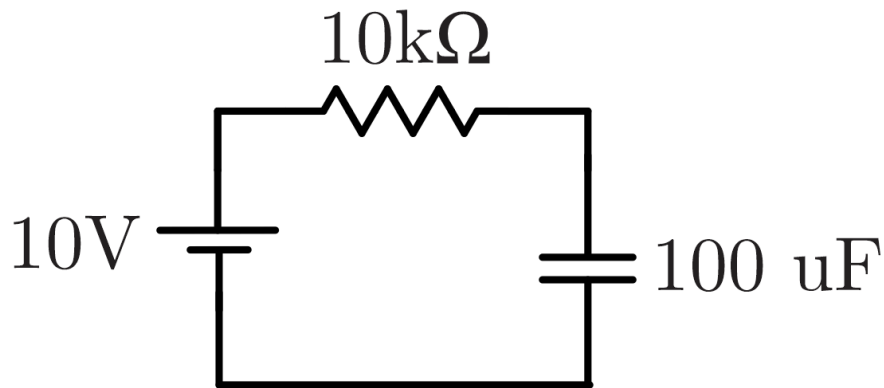
$$V_C(3\tau) = V \cdot (1 - e^{-\frac{3\tau}{\tau}})$$

$$V_C(3\tau) = V \cdot (1 - e^{-3}) = 10 \cdot (0,95) = 9,5 \text{ V}$$

Capacitores



- **Exercício:** No circuito abaixo, o capacitor é considerado carregado para $t=3 \tau$. Determine o tempo que o capacitor irá levar para se carregar. Qual a tensão do capacitor nesse instante?



$$\tau = R \cdot C = 10k \cdot 100\mu = 1 \text{ s}$$

$$3 \tau = 3 \text{ s}$$

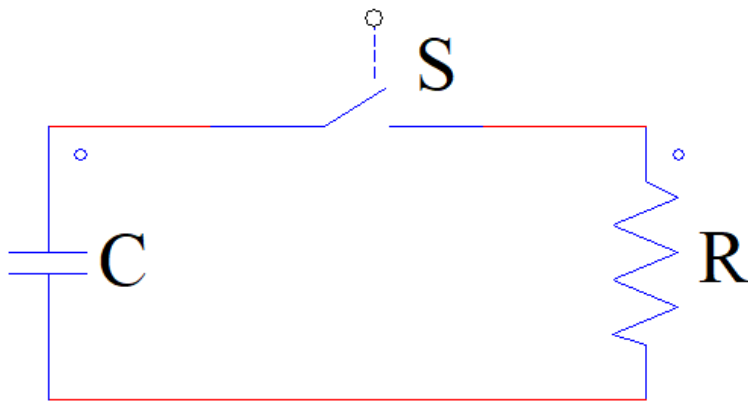
$$V_C(3\tau) = V \cdot (1 - e^{-\frac{3\tau}{\tau}})$$

$$V_C(3\tau) = V \cdot (1 - e^{-3}) = 10 \cdot (0,95) = 9,5 \text{ V}$$

Capacitores



- **Carga e descarga do capacitor:**
- Quando o capacitor está carregado, e se desliga a fonte do circuito, o capacitor inicia o processo de descarga
- Ao se fechar o interruptor S no circuito, o capacitor começa a se **descarregar**.
- A equação da tensão no capacitor em função do tempo é dada pela equação abaixo.



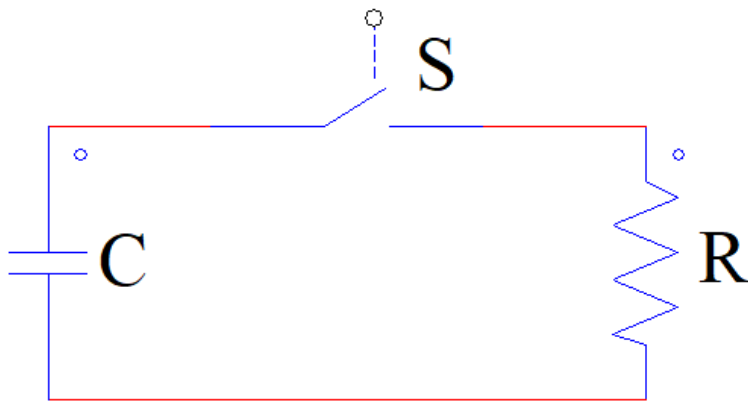
$$V_C(t) = V_{inicial} \cdot e^{\frac{-t}{\tau}}$$

$$\tau = R \cdot C$$

Capacitores



- **Carga e descarga do capacitor:**
- Na descarga do capacitor, τ representa o tempo que o capacitor leva para perder 37% da sua tensão.
- O capacitor é considerado **totalmente descarregado** ao atingir entre 3 e 5 vezes o valor de τ (5% ou 1% da tensão inicial).



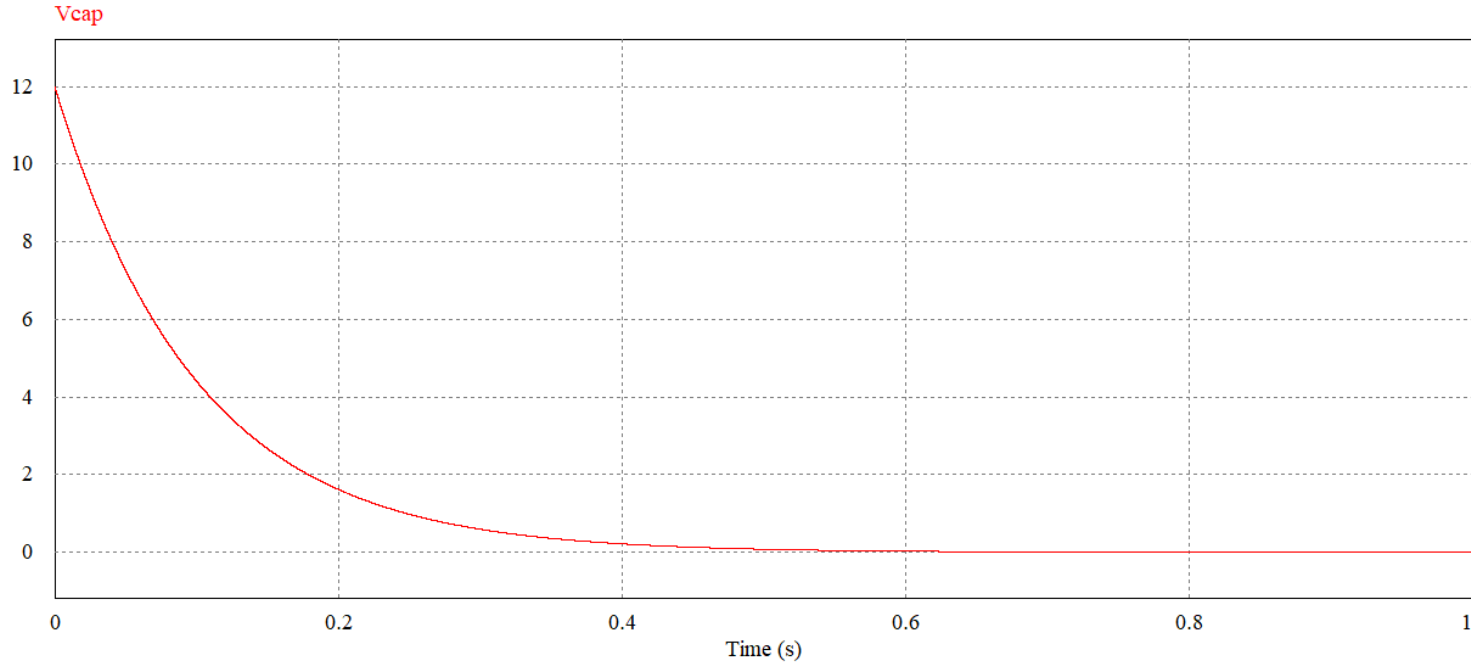
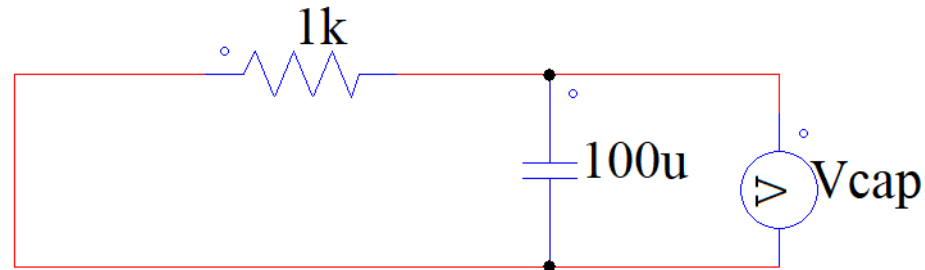
$$V_C(t) = V_{inicial} \cdot e^{\frac{-t}{\tau}}$$

$$\tau = R \cdot C$$

Capacitores



➤ Abaixo o exemplo da descarga de um capacitor:

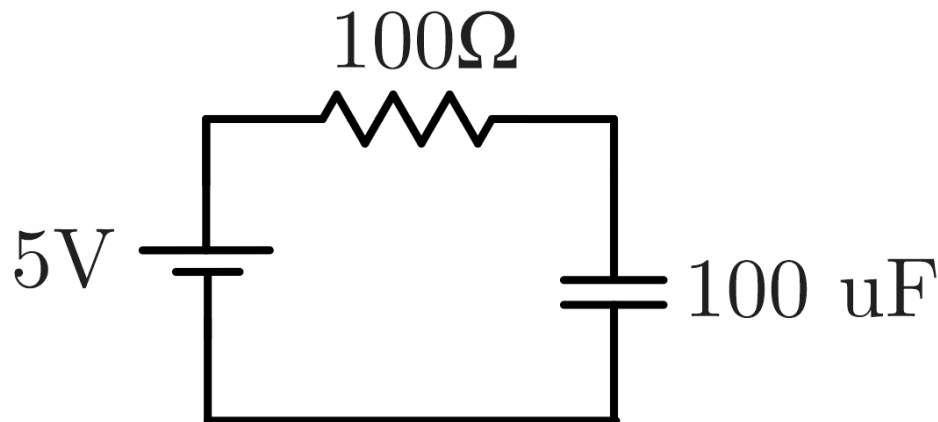


Capacitores



➤ **Exercício:**

- No circuito abaixo, o capacitor está inicialmente carregado com 5 V, quando o interruptor s é fechado e se inicia o processo de descarga. Baseado nisso, determine:
- a) A constante de tempo do circuito.
- b) A tensão no capacitor após $t=3\tau$



$$V_C(t) = V_{inicial} \cdot e^{\frac{-t}{\tau}}$$

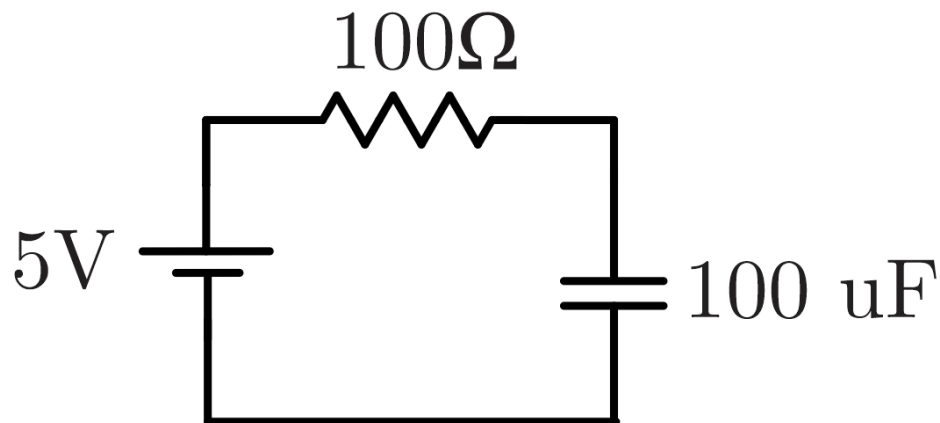
$$\tau = R \cdot C$$

Capacitores



➤ **Exercício:**

- No circuito abaixo, o capacitor está inicialmente carregado com 5 V, quando o interruptor s é fechado e se inicia o processo de descarga. Baseado nisso, determine:
- a) A constante de tempo do circuito.
- b) A tensão no capacitor após $t=3\tau$



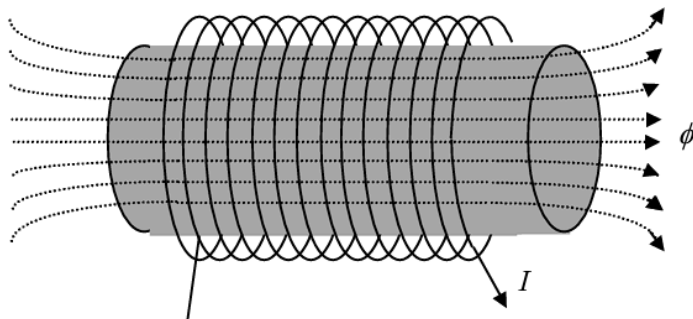
$$\tau = 100 \cdot 100\mu = 10 \text{ ms}$$

$$V_C = 0,05 \cdot 5 = 0,25 \text{ V}$$

Indutores



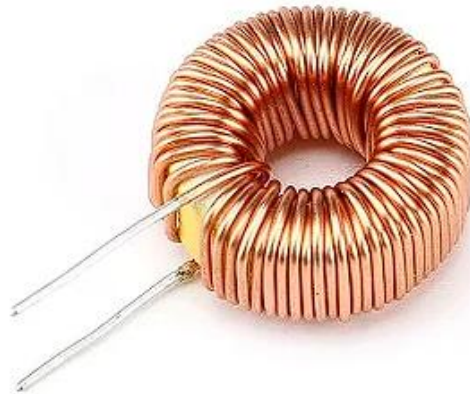
- O indutor é chamado de elemento dual ao capacitor.
- As equações de capacitores e indutores são semelhantes, só que enquanto os capacitores operam com tensão e campo elétrico, os indutores operam com corrente e campo magnético.
- Um indutor é um componente formado por fios enrolados no formato de bobina, com um material magnético em seu interior para concentrar o campo magnético, e assim armazenar energia.
- A simbologia dos indutores em circuitos é apresentada a seguir:



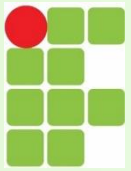
Indutores



- Existem diferentes formatos de indutores.
- Os mais comuns usam o núcleo E e o núcleo toroidal.
- As principais aplicações dos capacitores são: Filtros e componentes eletromecânicos, como relés.



Indutores



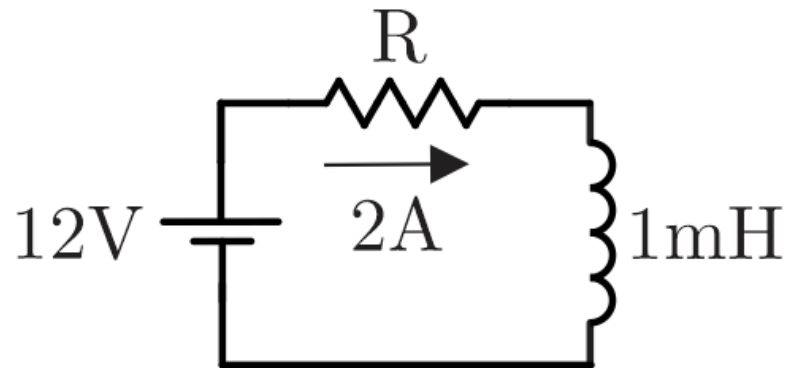
- A unidade de medida de um indutor é dada em Henry [H].
- Ela depende de aspectos construtivos do indutor, como o número de espiras e o material do núcleo magnético.
- Assim como no capacitor, o indutor pode armazenar energia.
- A equação da energia armazenada em um indutor é dada a seguir:

$$E = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$$

Indutores



- **Exemplo:** Calcule a energia armazenada no indutor do circuito abaixo:



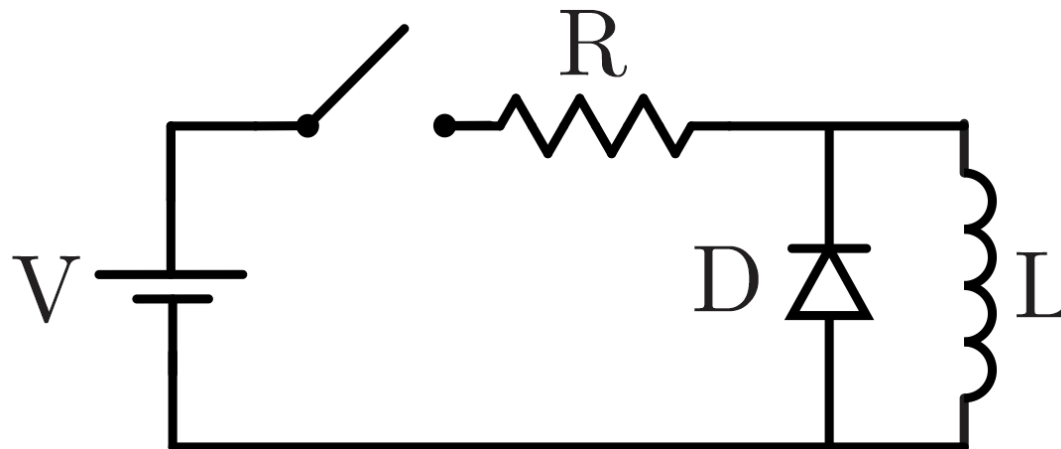
$$E = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$$

$$E = \frac{1}{2} \cdot 1m \cdot 2^2 = 2 \text{ mJ}$$

Indutores



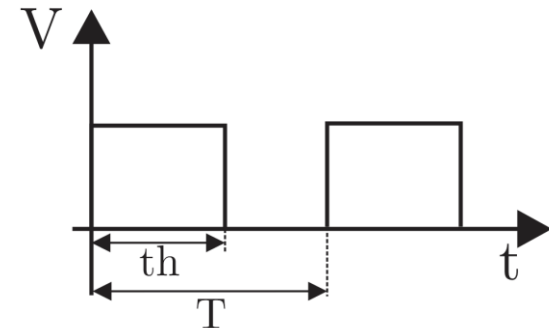
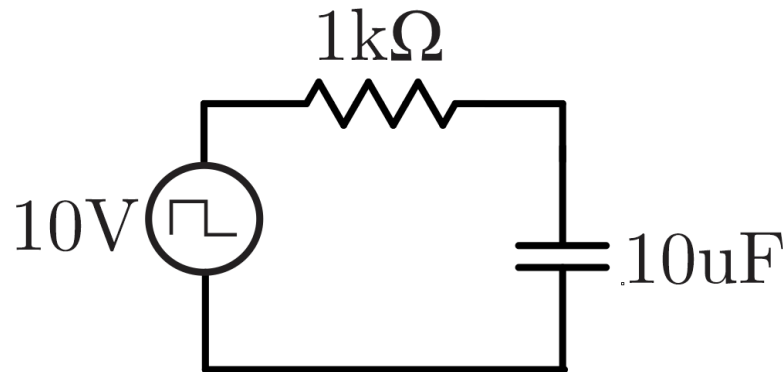
- **Obs:** O circuito de um indutor não pode ser “aberto”, pois isso causa uma sobretensão no circuito, que pode danificar outros componentes.
- Por isso, circuitos com acionamento de indutores, como os relés, usam o chamado diodo de roda livre.
- Esse diodo serve para fornecer um caminho para a corrente do indutor para que ele possa descarregar quando o circuito é desligado.



Capacitores



- **Prática 1:**
- Calcule a constante de tempo do circuito abaixo.
- Calcule uma frequência para que para que o capacitor carregue totalmente (use 5τ) durante T_h , e descarregue totalmente quando $V=0$.
- Ajuste a frequência e a tensão do gerador de função para essa situação.
- Use o gerador de função para alimentar o circuito, e verifique a tensão no capacitor usando o osciloscópio.



Capacitores



➤ Prática 2:

- Monte o circuito a seguir no protoboard
- Calcule quanto tempo leva para o led atingir 37% da sua tensão inicial quando a chave for aberta.
- Meça quanto tempo o led ficará ligado quando a chave for aberta.

