

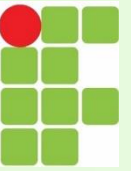


Eletrônica Básica

Professor: Neilor Colombo Dal Pont

Sistemas Embarcados

TÓPICOS DA AULA



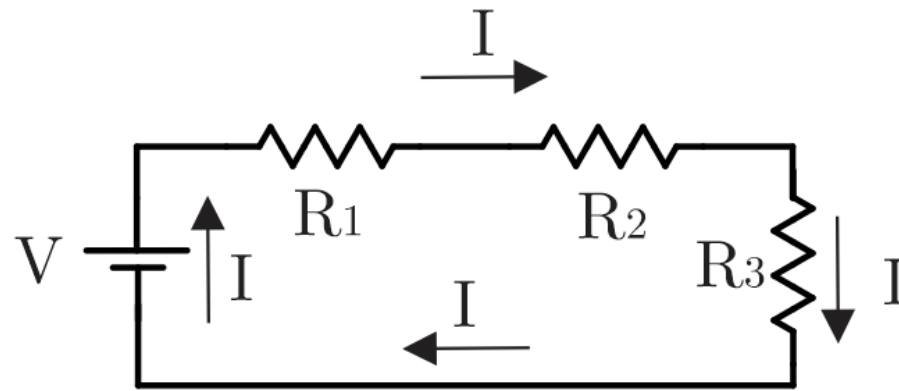
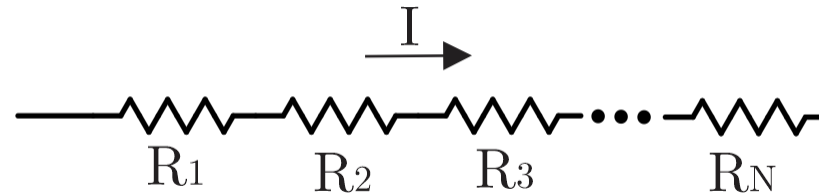
➤ Revisão

➤ Exercícios

ASSOCIAÇÃO SÉRIE



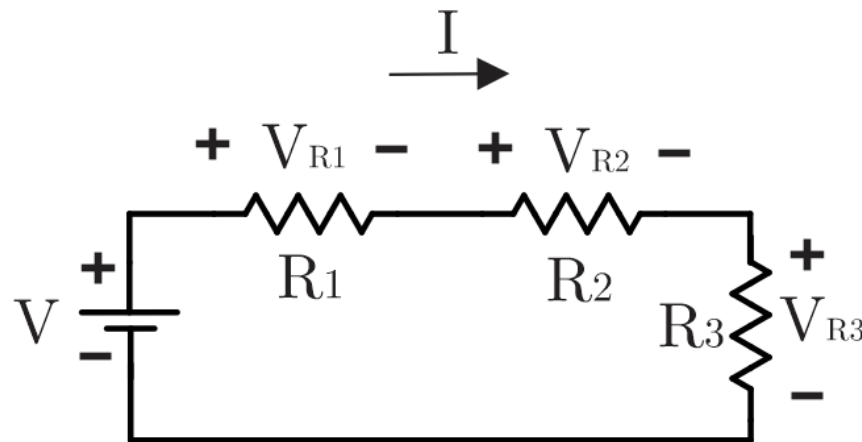
- O primeiro tipo de associação de resistores estudada será a associação **série**.
- Nela, a mesma **corrente** irá circular por todos os resistores do circuito.



ASSOCIAÇÃO SÉRIE



- Já a tensão da fonte, na associação série, irá se dividir entre os resistores do circuito.
- Assim, a soma das tensões nos resistores deve ser igual a tensão da fonte!



$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

ASSOCIAÇÃO SÉRIE



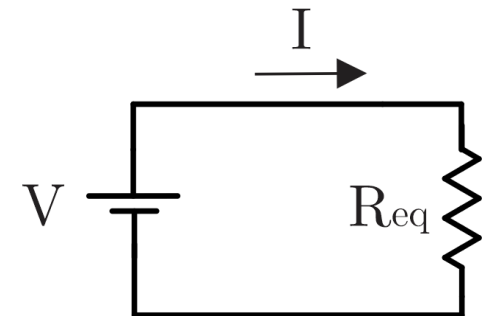
- A soma das resistências é a **resistência equivalente** na **associação série!**
- Assim, para calcular a corrente em um circuito série, pode-se somar o valor de todas as resistências e usar a lei de Ohm.

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

$$V = R \cdot I$$

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

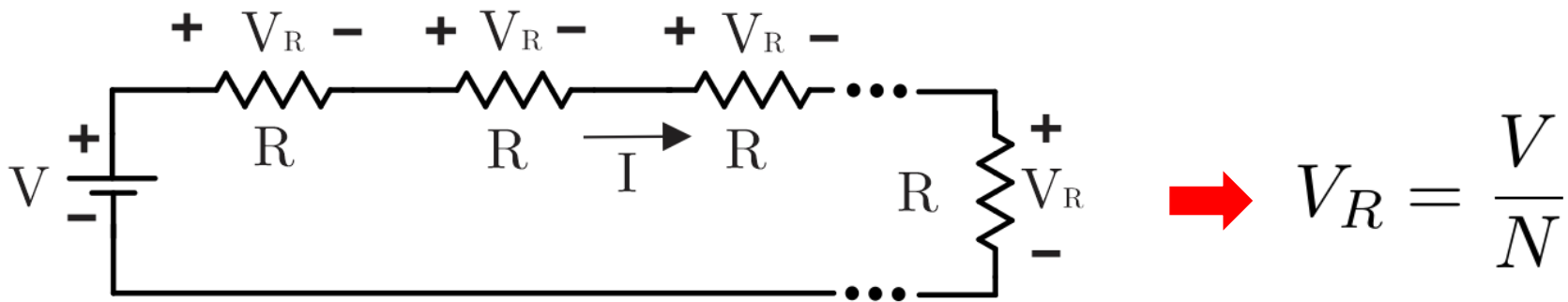
$$\rightarrow V = R_{eq} \cdot I$$



ASSOCIAÇÃO SÉRIE



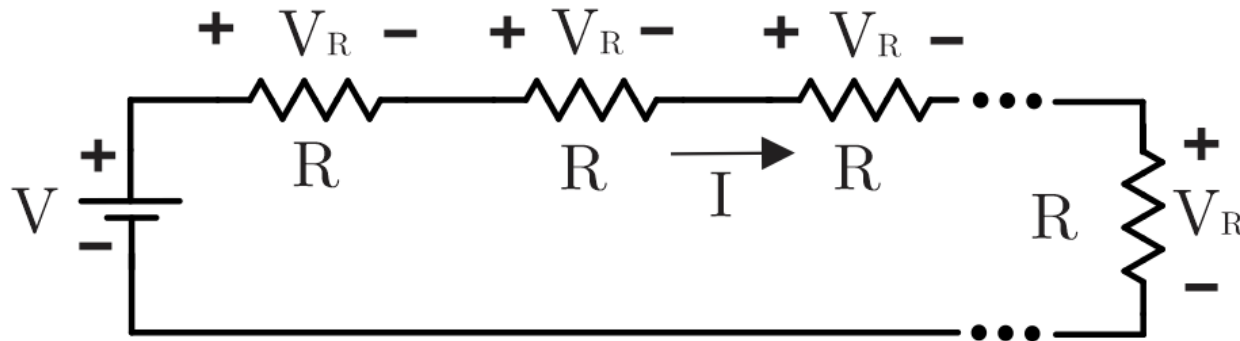
- **Resistores iguais na associação série:**
- Quando as resistências tem o mesmo valor, a tensão irá se dividir igualmente em cada resistor.
- Assim, a tensão em cada um deles será a tensão da fonte dividida pelo número de resistores.



ASSOCIAÇÃO SÉRIE



- Além disso, resistência equivalente será a resistência de um resistor multiplicada pelo número de resistores.

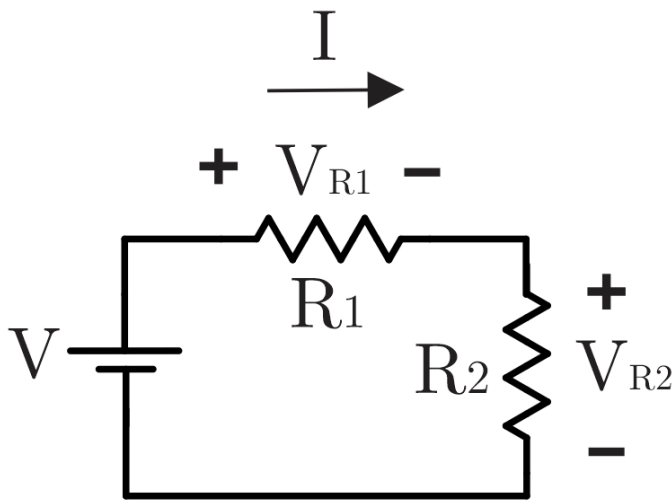


$$\rightarrow R_{eq} = N \cdot R \qquad V = R_{eq} \cdot I$$

ASSOCIAÇÃO SÉRIE



- No **divisor de tensão**, a tensão nos resistores será a tensão da fonte multiplicada pela resistência do próprio resistor e dividido pela soma dos dois.



$$V_{R_1} = I \cdot R_1$$



$$V_{R_1} = V \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$V_{R_2} = I \cdot R_2$$

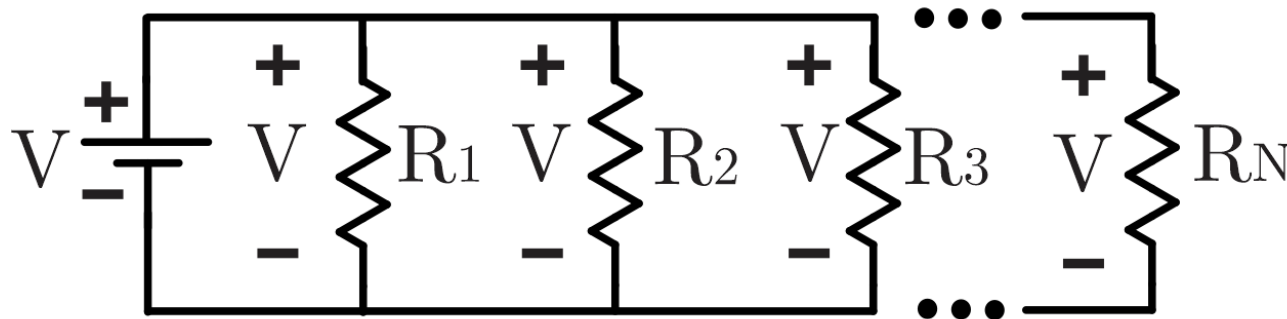


$$V_{R_2} = V \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

ASSOCIAÇÃO PARALELA



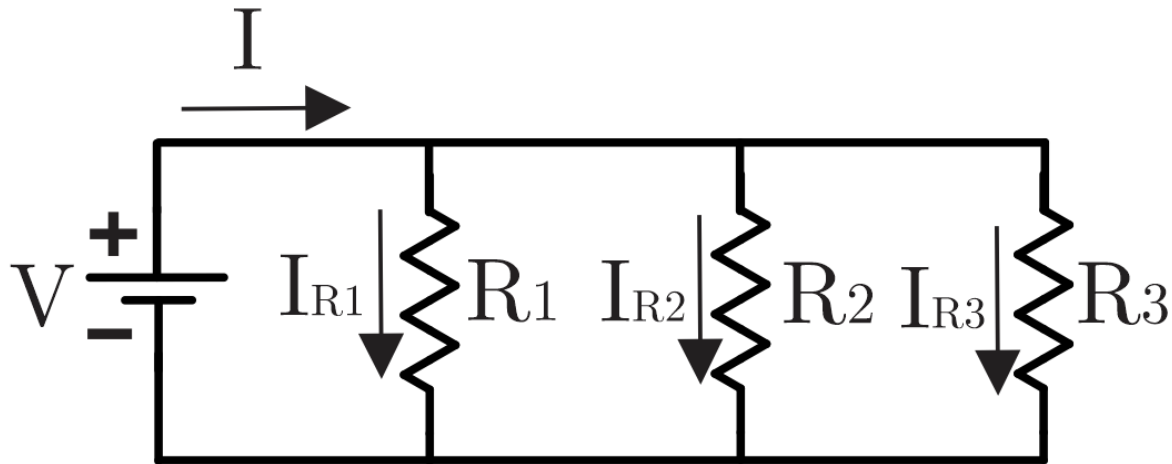
- O próximo tipo de associação de resistores estudada será a associação **paralela**.
- Nela, todos os resistores terão a mesma **tensão**.



ASSOCIAÇÃO PARALELA



- Já a corrente da fonte vai se dividir entre os resistores.
- Logo, a corrente da fonte é a soma da corrente em cada resistor!



$$I = I_{R1} + I_{R2} + I_{R3}$$

ASSOCIAÇÃO PARALELA



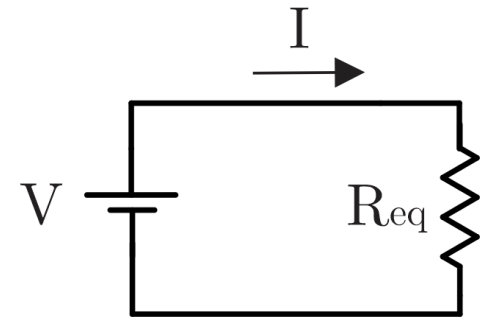
- Observa-se a semelhança com a lei de Ohm.
- Logo, na associação paralela **o inverso da resistência equivalente é a soma dos inversos das correntes.**
- Assim, para calcular a corrente em um circuito série, pode-se encontrar a resistência equivalente e usar a lei de Ohm.

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

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

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

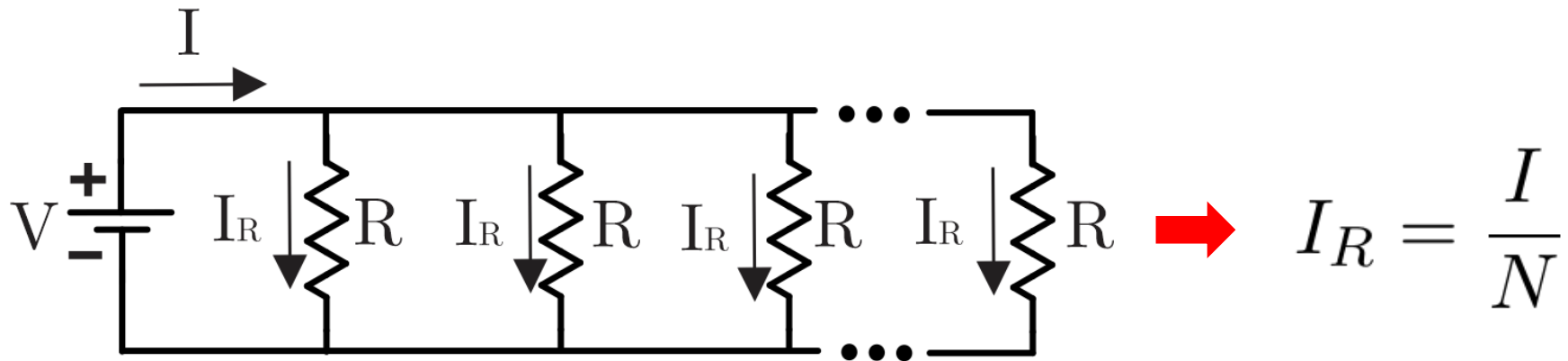
$$\rightarrow I = \frac{V}{R_{eq}}$$



ASSOCIAÇÃO PARALELA



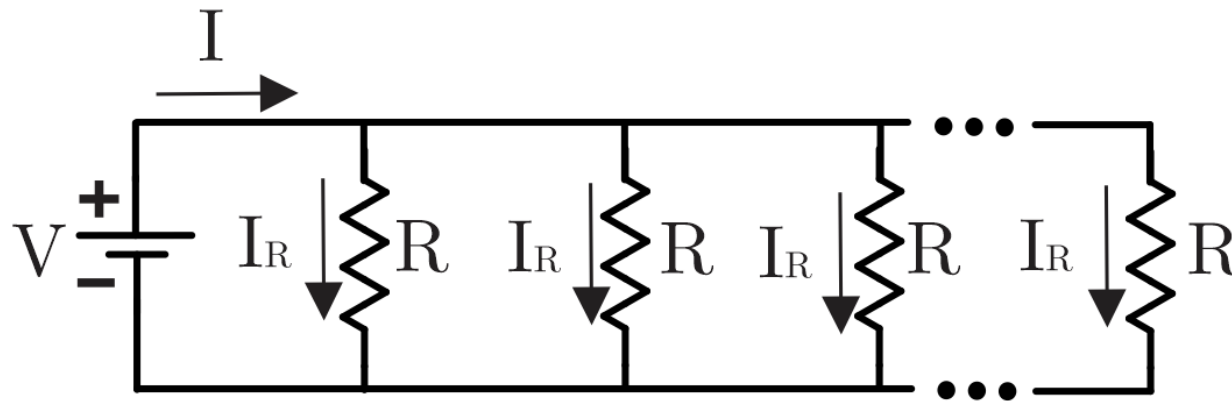
- **Resistores iguais na associação paralela:**
- Quando as resistências tem o mesmo valor, a corrente irá se dividir igualmente em cada resistor.
- Assim, a corrente em cada um deles será a corrente da fonte dividida pelo número de resistores.



ASSOCIAÇÃO PARALELA



- Além disso, resistência equivalente será a resistência de um resistor dividida pelo número de resistores (N).



$$\rightarrow R_{eq} = \frac{R}{N} \quad V = R_{eq} \cdot I$$

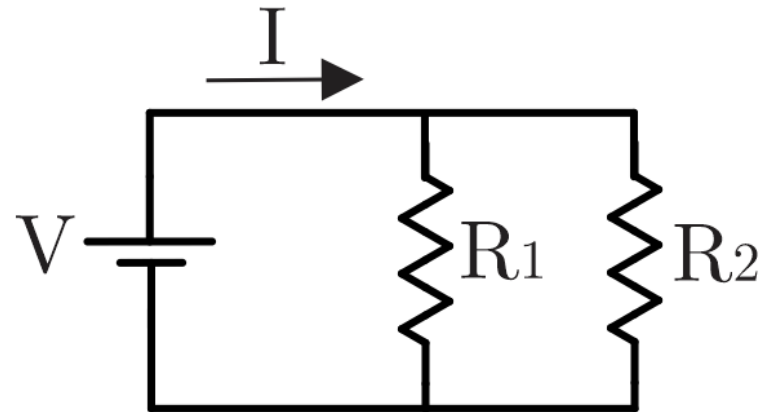
ASSOCIAÇÃO PARALELA



- Associação paralela com dois resistores:
- Quando se tem dois resistores em paralelo, pode-se encontrar a resistência equivalente como a **multiplicação** dos dois resistores **dividido pela soma** deles:

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

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



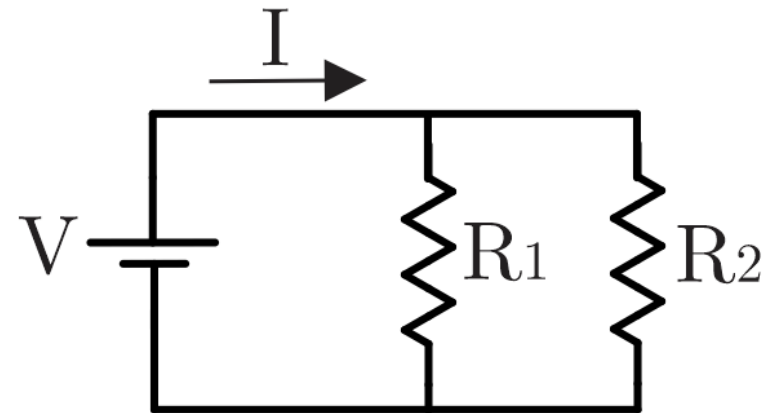
ASSOCIAÇÃO PARALELA



- No **divisor de corrente**, a corrente do resistor será a corrente da fonte multiplicada pela resistência do **outro** resistor e dividido pela soma dos dois.

$$I_{R_1} = \frac{V}{R_1} \quad I_{R_1} = I \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_{R_2} = \frac{V}{R_2} \quad I_{R_2} = I \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

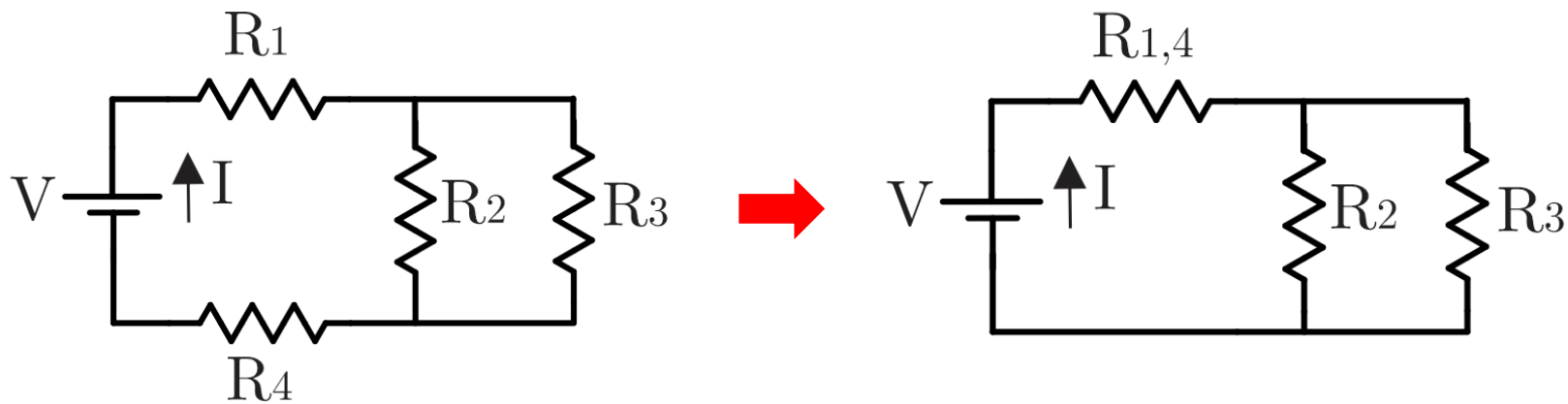


$$V = R_{eq} \cdot I$$

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).

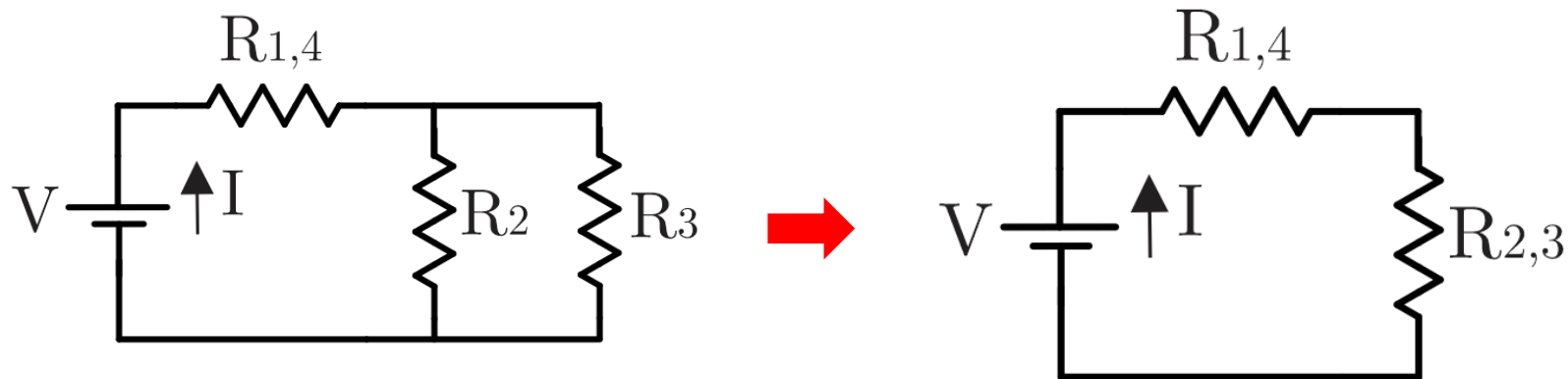


$$R_{1,4} = R_1 + R_4$$

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.

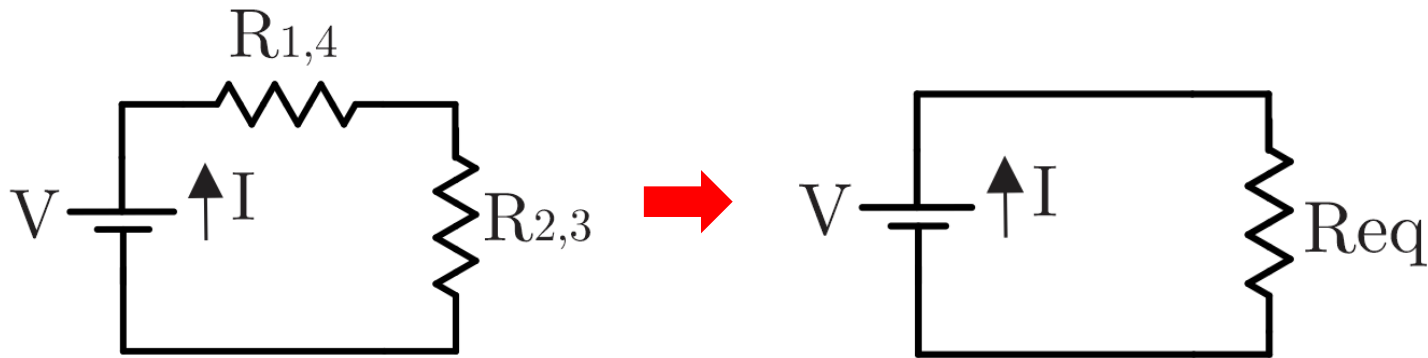


$$R_{2,3} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

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.

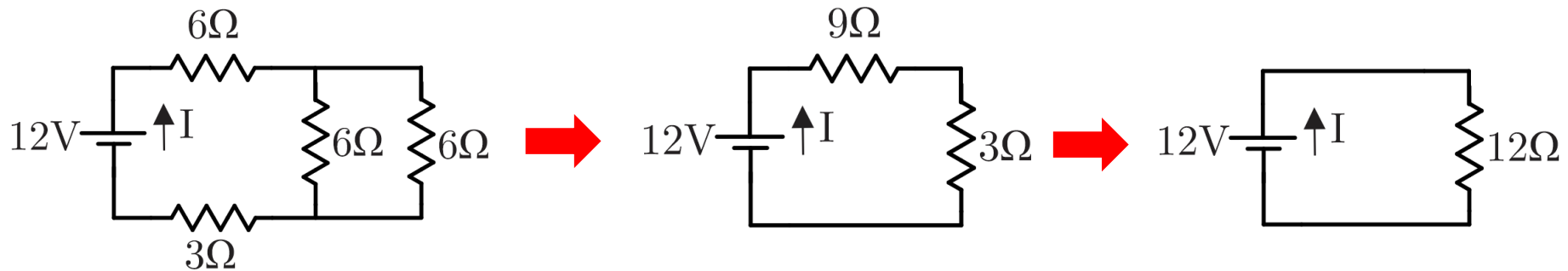


$$R_{eq} = R_{1,4} + R_{2,3} = R_1 + R_4 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES



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



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

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

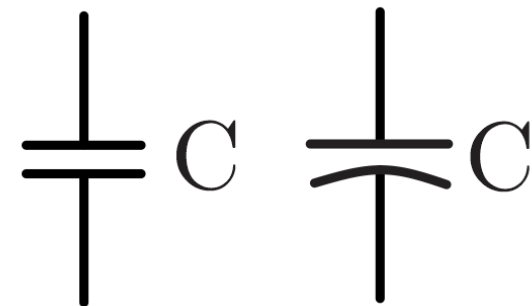
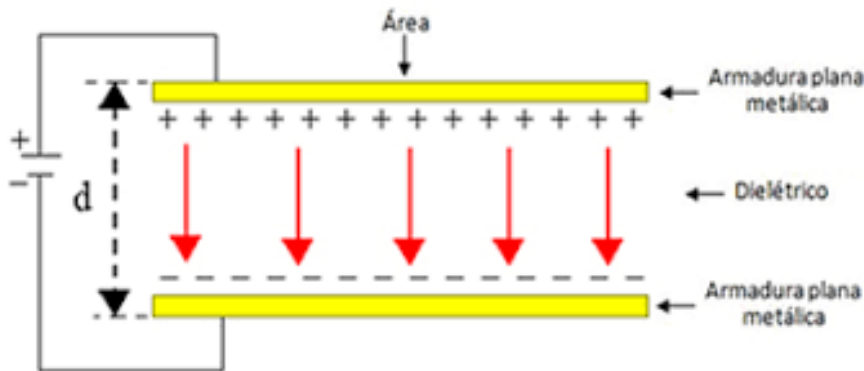
$$R_{2,3} = \frac{6}{2} = 3 \Omega$$

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

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



- 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]

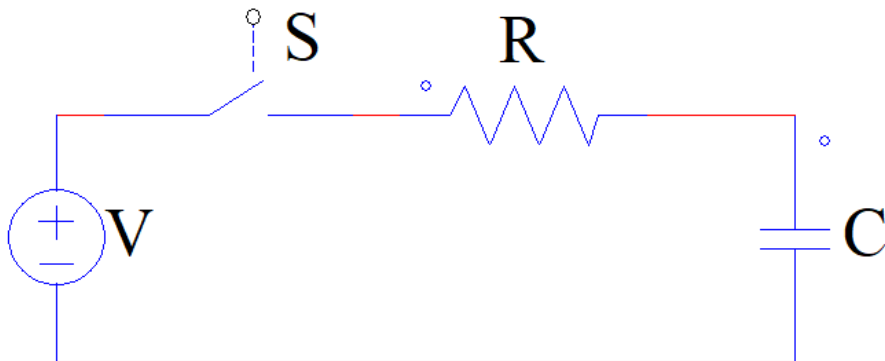
$$E = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot V$$

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

Capacitores



- 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).



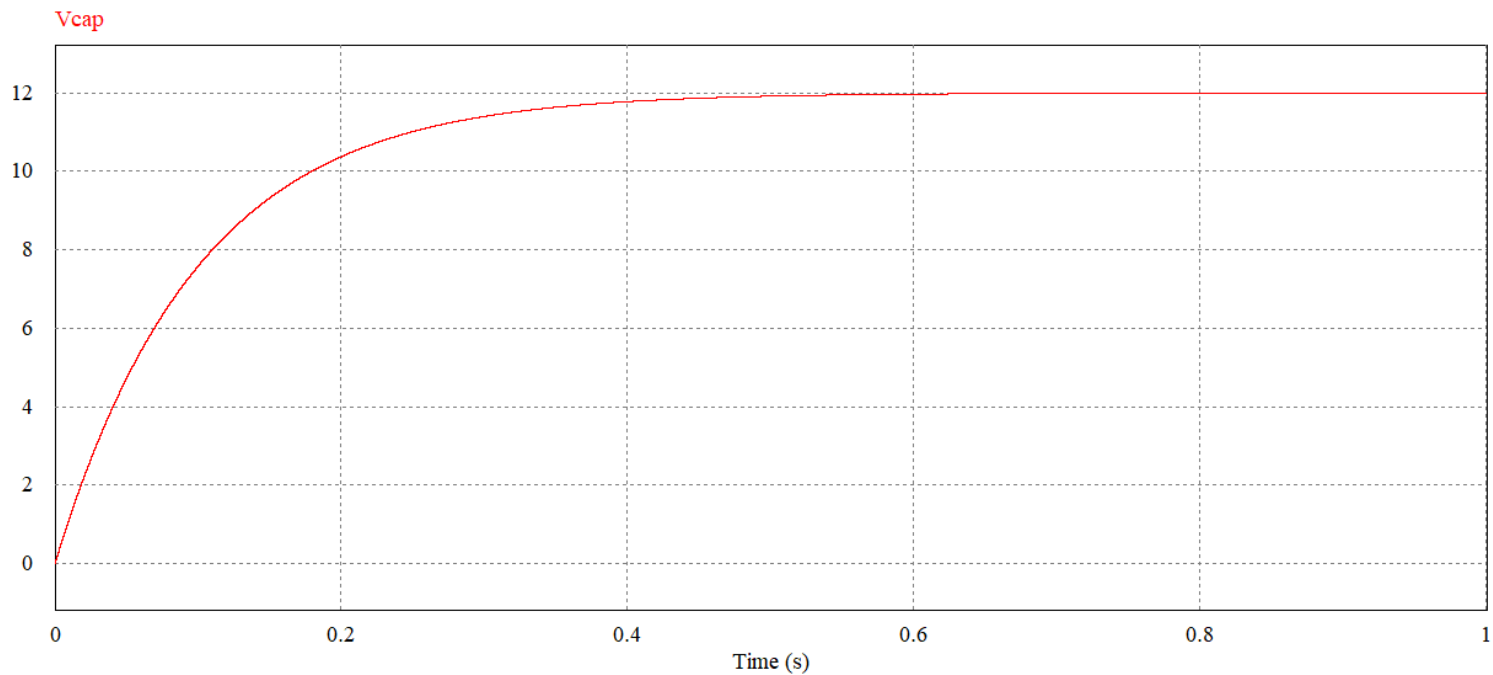
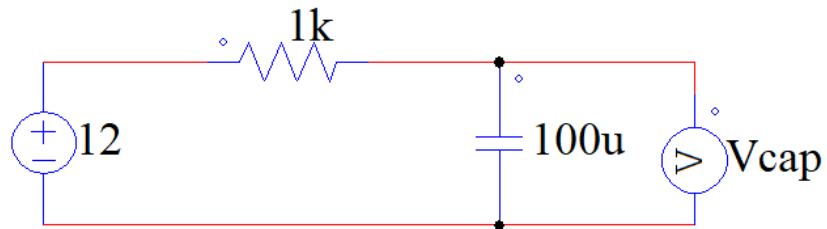
$$V_C(t) = V_{fonte} \left(1 - e^{\frac{-t}{\tau}} \right)$$

$$\tau = R \cdot C$$

Capacitores



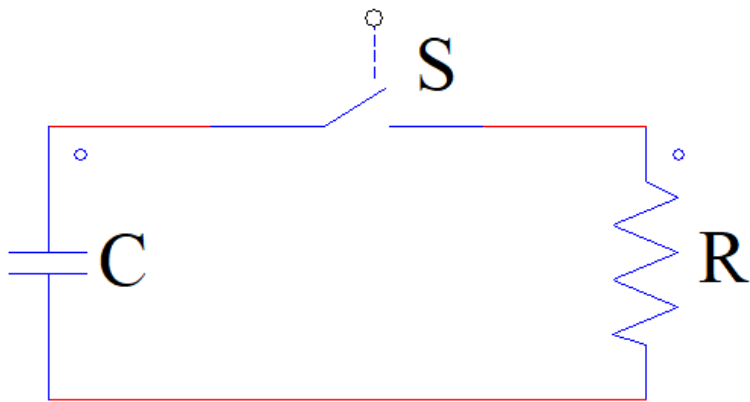
➤ Abaixo o exemplo da carga de um capacitor:



Capacitores



- **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).



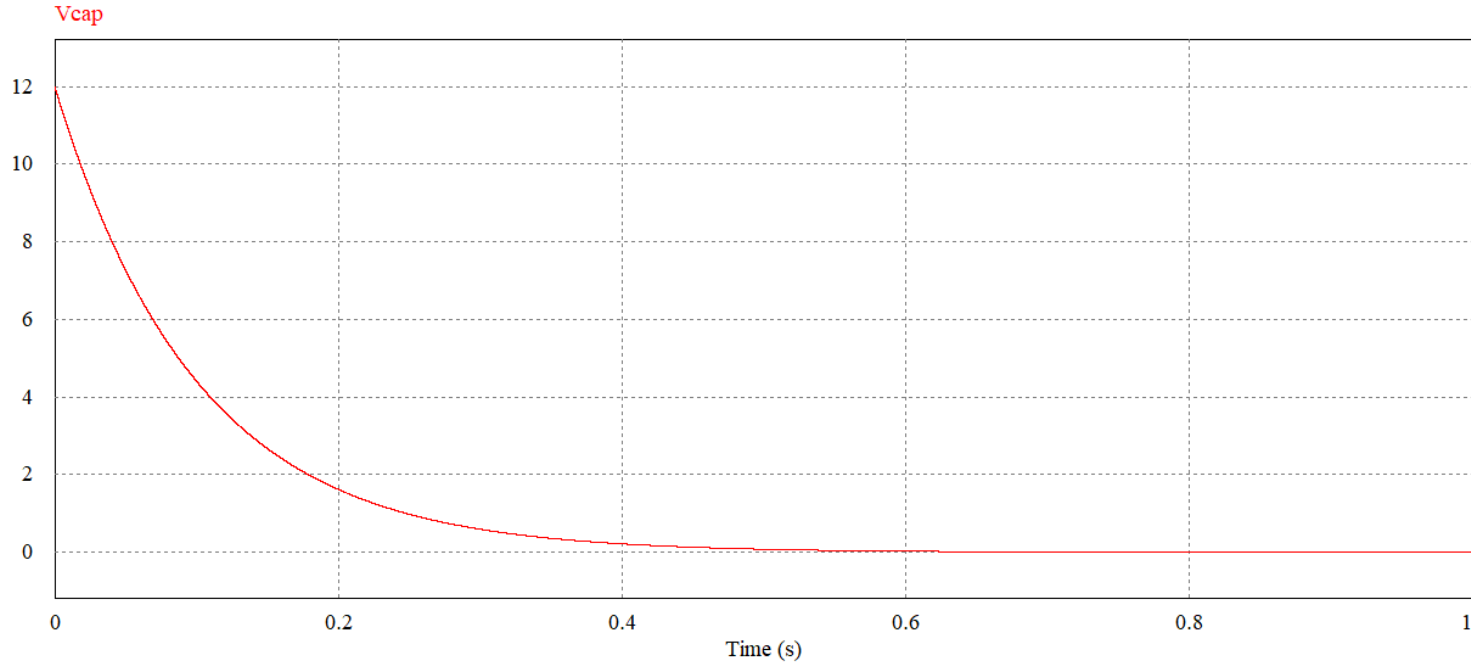
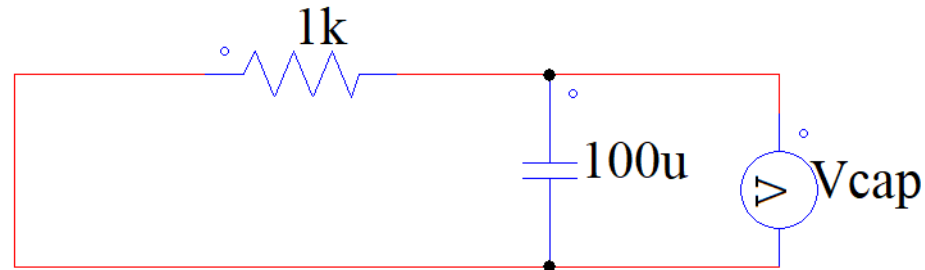
$$V_C(t) = V_{inicial} \cdot e^{\frac{-t}{\tau}}$$

$$\tau = R \cdot C$$

Capacitores



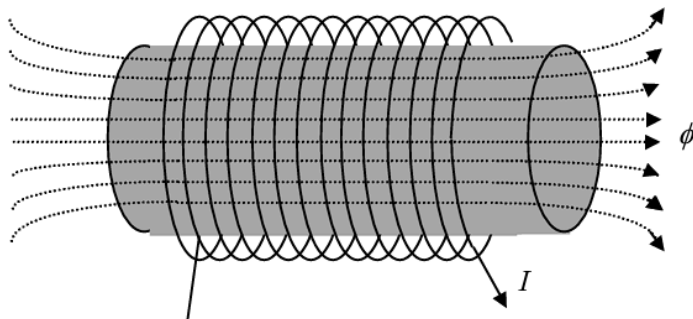
➤ Abaixo o exemplo da descarga de um capacitor:



Indutores



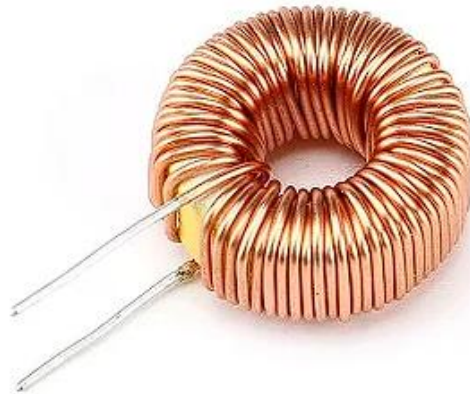
- O indutor é chamado de elemento dual ao capacitor.
- As equações de capacitores e indutores são semelhantes, só que enquanto os capacitores operam com tensão e campo elétrico, os indutores operam com corrente e campo magnético.
- Um indutor é um componente formado por fios enrolados no formato de bobina, 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



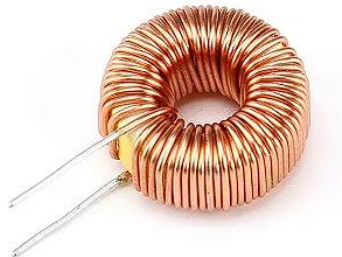
- A unidade de medida de um indutor é dada em Henry [H].
- Ela depende de aspectos construtivos do indutor, como o número de espiras e o material do núcleo magnético.
- Assim como no capacitor, o indutor pode armazenar energia.
- A equação da energia armazenada em um indutor é dada a seguir:

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

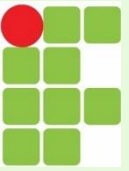
Reatância



- Os indutores e capacitores possuem uma característica de oposição a passagem de corrente quando há variações de tensão ou corrente no circuito (ou seja, uma frequência).
- Esse equivalente da resistência é chamado de **reatância**, e é dado em ohms [Ω].
- Já a **impedância** é um somatório das resistências e reatâncias do circuito.
- A reatância pode ser indutiva ou capacitiva.

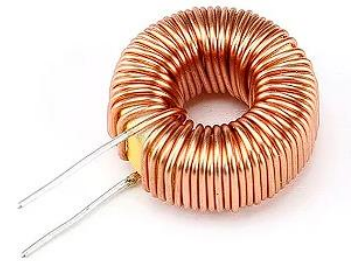


Reatância

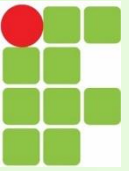


- A **reatância indutiva X_L** é expressa pela equação abaixo:
- Observe que quanto maior a frequência, maior a reatância do indutor.

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$



Reatância



- Já **reatância capacitiva X_C** é expressa pela equação abaixo:
- Observe que quanto maior a frequência, menor a reatância do capacitor.

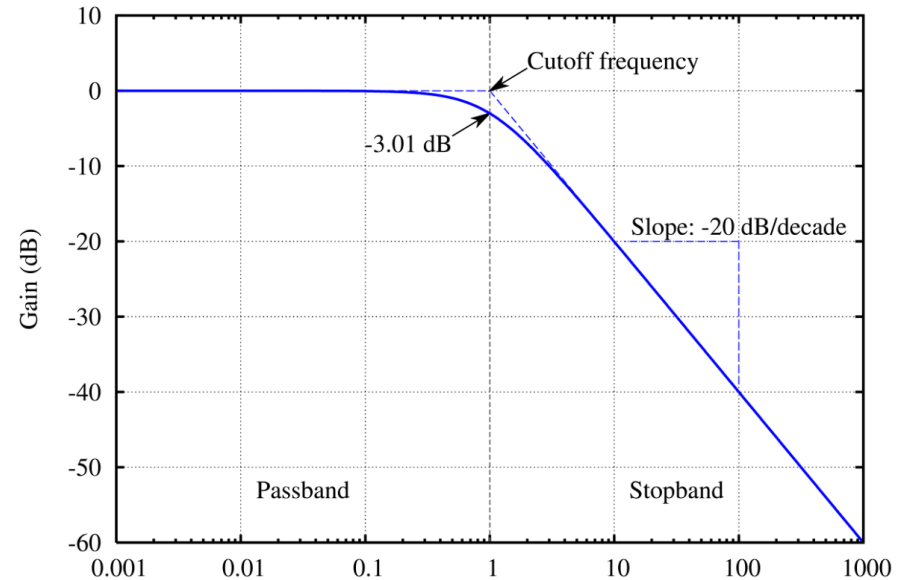
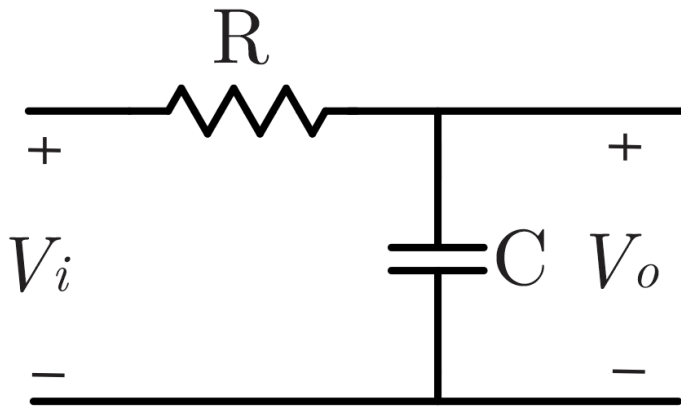
$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$



Filtros RC



- Além disso, um capacitor e um resistor podem ser usado na filtragem de sinais.
- Esses filtros são chamados de **filtros RC**.
- O circuito de um filtro passa-baixas RC é apresentado a seguir:



Filtros RC



- A **frequência de corte** é definida como a frequência em que o sinal sofre uma atenuação de aproximadamente 30%, ou seja, o sinal de saída possui aproximadamente 70% da intensidade do sinal de entrada.
- Ela é dada pela equação abaixo:
- Para seu projeto, define-se a frequência a qual se quer filtrar, escolhe-se o capacitor ou o resistor e se calcula o outro componente.
- Além disso, escolhe-se a frequência de corte um pouco abaixo da frequência a ser filtrada.
- Uma boa prática é usar uma frequência de corte **10 vezes menor** do que a frequência a ser filtrada.

$$f_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$$

Associação de Indutores

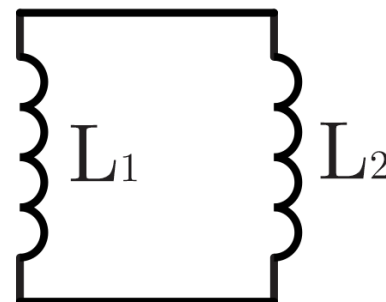


➤ Série:



$$L_{eq} = L_1 + L_2$$

➤ Paralelo:

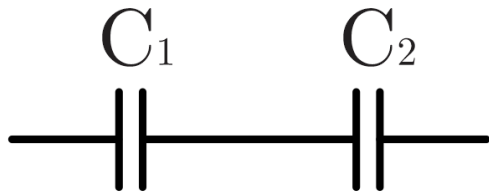


$$\frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$$

Associação de Capacitores

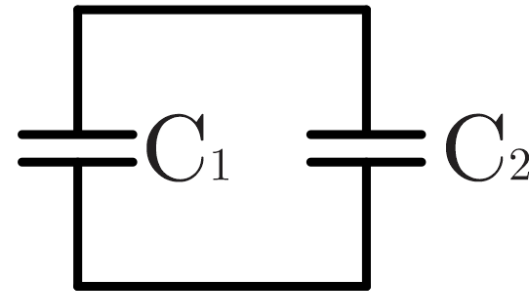


➤ Série:



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

➤ Paralelo:

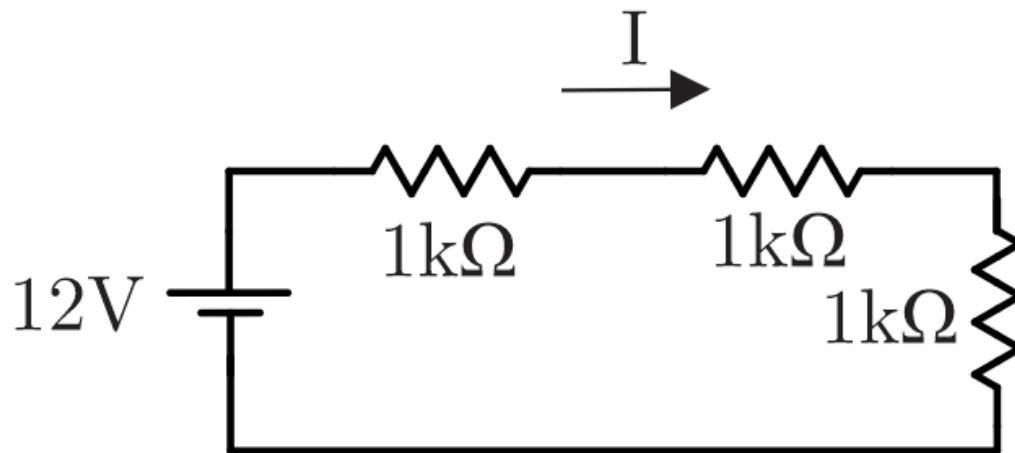


$$C_{eq} = C_1 + C_2$$

Exercícios



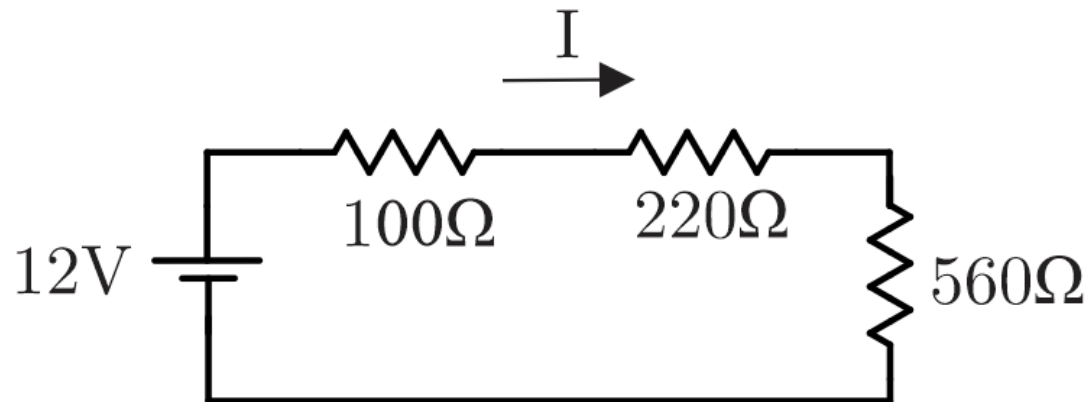
- 1) Dado o circuito a seguir, calcule:
- a) A resistência equivalente.
- b) A corrente elétrica.
- c) A tensão em cada resistor.
- d) A potência em cada resistor.



Exercícios



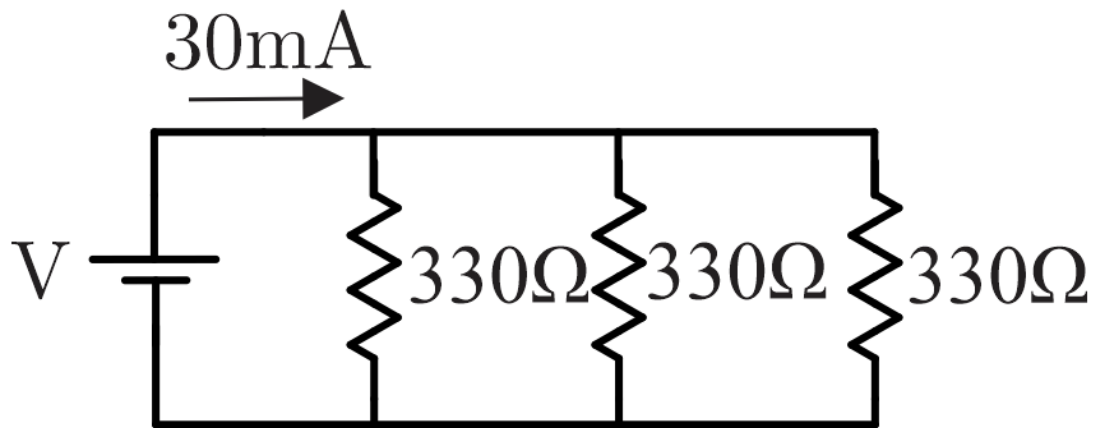
- **2)** Dado o circuito a seguir, calcule:
- **a)** A resistência equivalente.
- **b)** A corrente elétrica.
- **c)** A tensão em cada resistor.
- **d)** A potência no resistor de 560Ω .



Exercícios



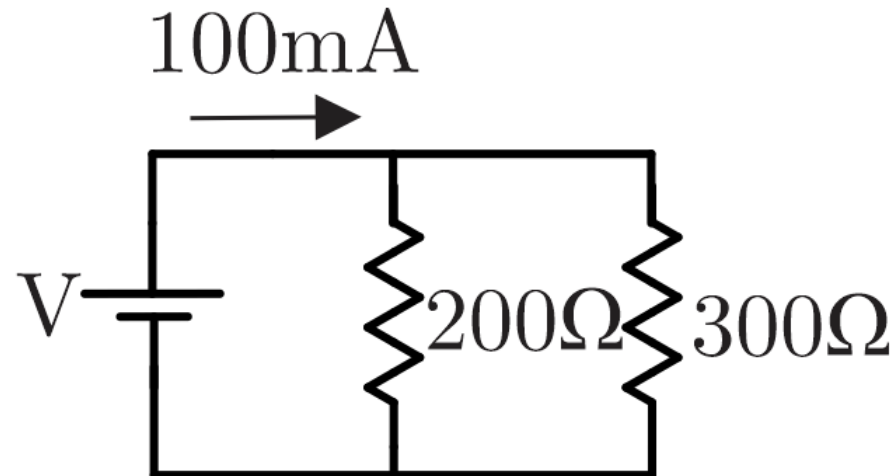
- **3)** Dado o circuito a seguir, calcule:
- **a)** A resistência equivalente.
- **b)** A tensão elétrica.
- **c)** A corrente em cada resistor.
- **d)** A potência em cada resistor



Exercícios



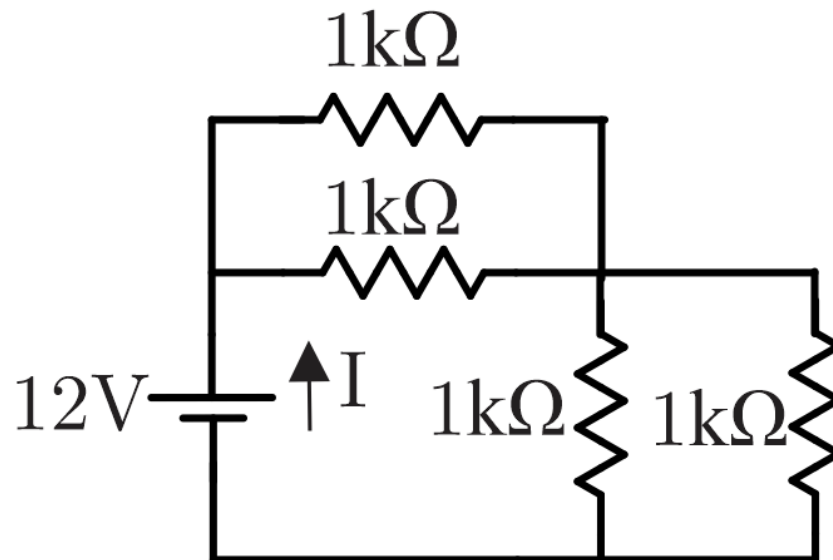
- 4) Dado o circuito a seguir, calcule:
- a) A resistência equivalente.
- b) A tensão elétrica.
- c) A corrente em cada resistor.
- d) A potência em cada resistor



Exercícios



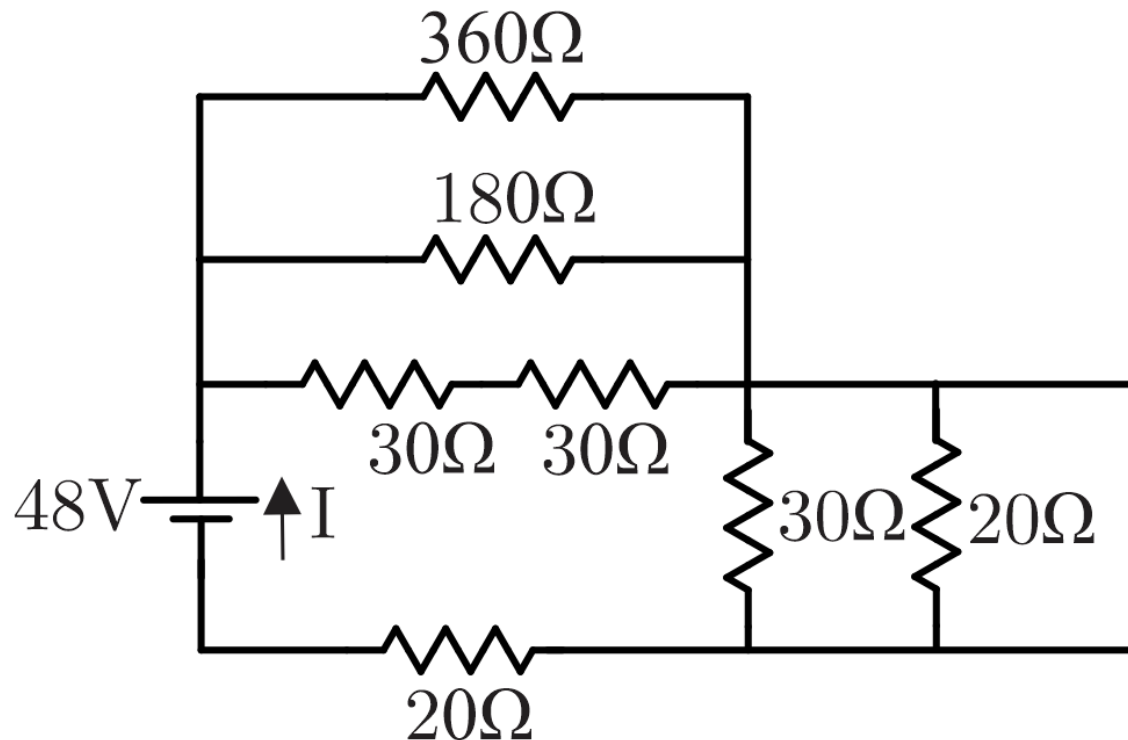
- 5) Dado o circuito a seguir, calcule:
- a) A resistência equivalente.
- b) A corrente da fonte
- c) A tensão em cada resistor.
- d) A corrente em cada resistor.
- e) A potência em cada resistor.



Exercícios



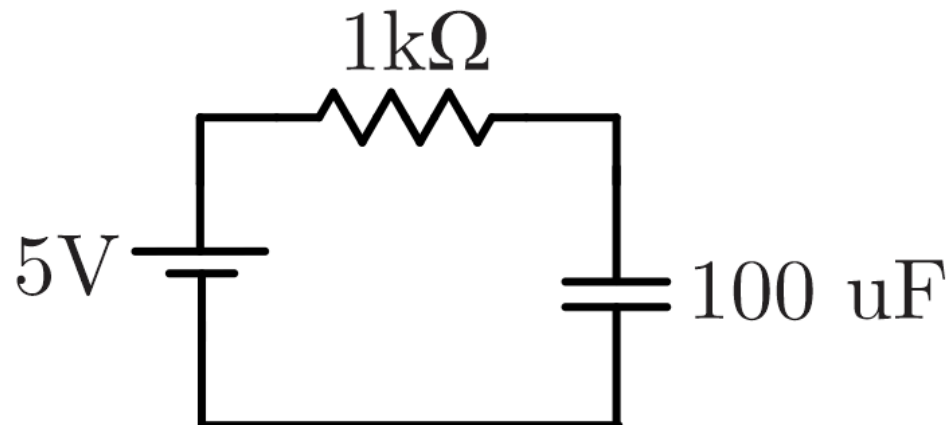
- 6) Dado o circuito a seguir, calcule:
- a) A resistência equivalente.
- b) A corrente da fonte



Exercícios



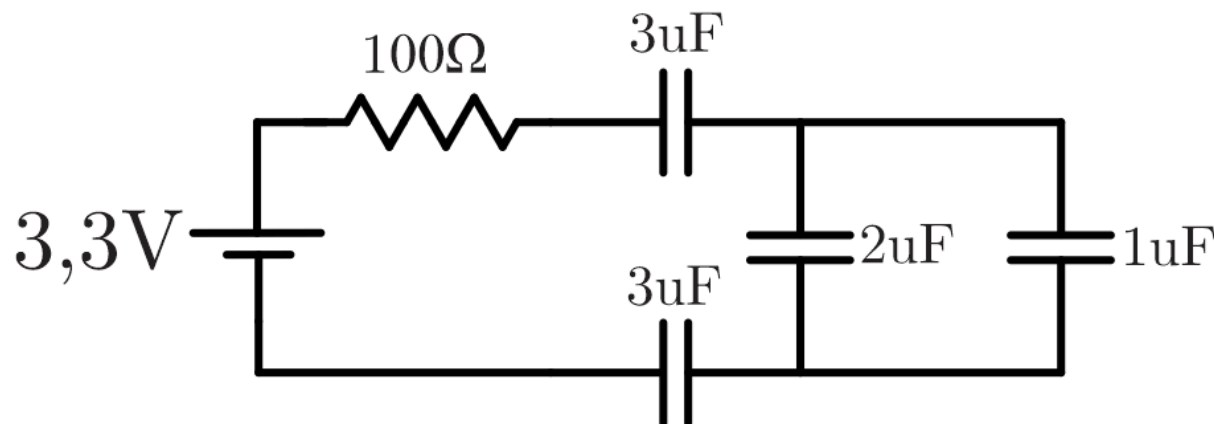
- 7) Dado o circuito a seguir, calcule:
- a) A máxima tensão no capacitor.
- b) A constante de tempo do circuito.
- c) Caso o capacitor esteja inicialmente descarregado, determine a tensão em $t=\tau$.
- d) A reatância do capacitor para uma frequência de 10kHz.
- e) Caso o circuito seja usado como filtro, determine a frequência de corte.



Exercícios



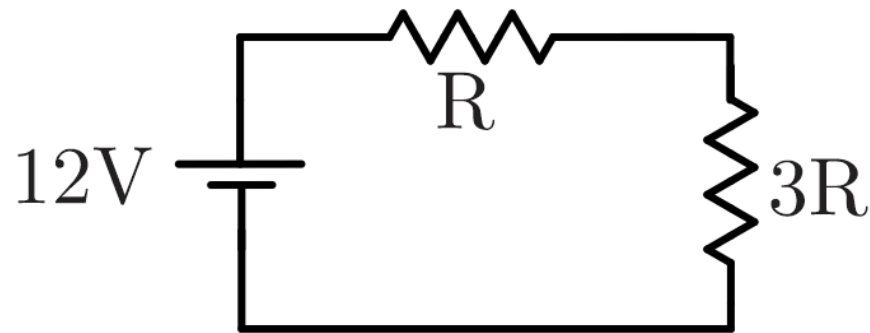
- 8) Dado o circuito a seguir, calcule:
- a) A capacitância equivalente
- b) A constante de tempo do circuito.
- c) Caso o capacitor esteja inicialmente descarregado, determine a tensão em $t=3\tau$.
- d) A reatância equivalente para uma frequência de 500 Hz.
- e) Caso o circuito seja usado como filtro, determine a frequência de corte.



Exercícios



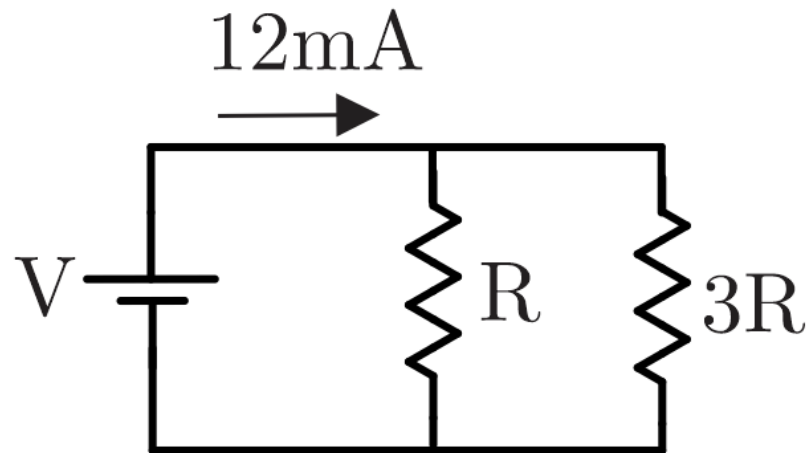
- 9) Dado o circuito a seguir, calcule:
- a) A tensão em cada resistor



Exercícios



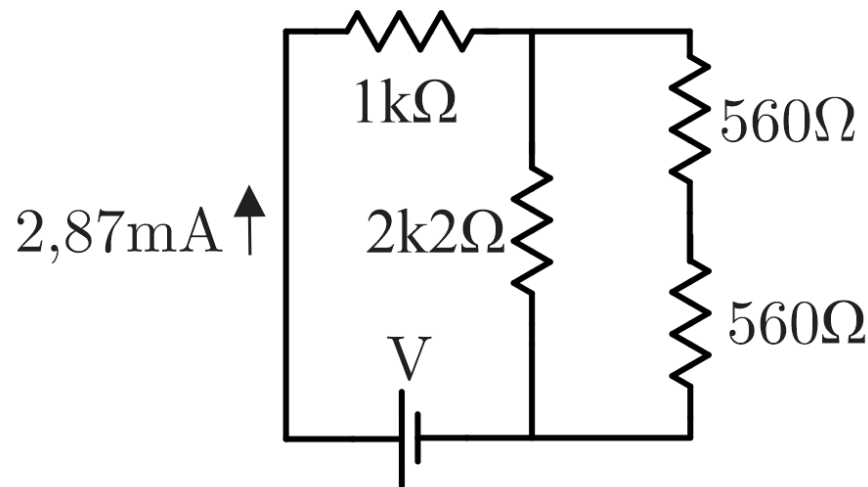
- 10) Dado o circuito a seguir, calcule:
- a) A corrente em cada resistor



Exercícios



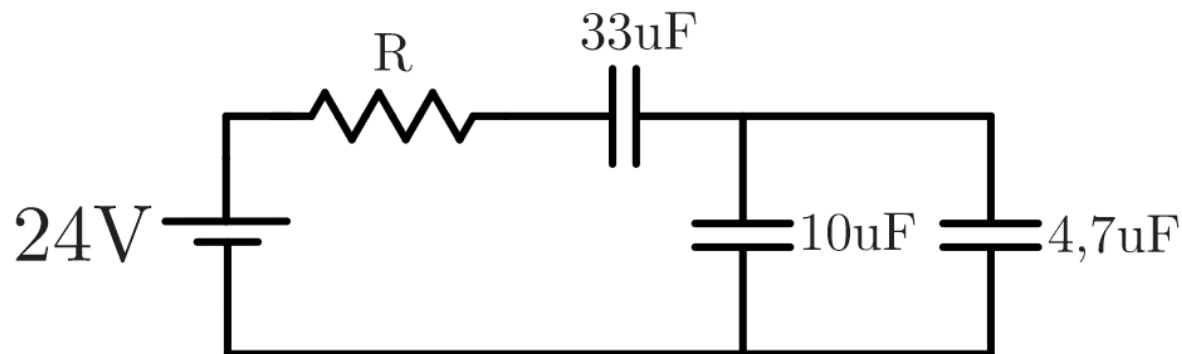
- 11) Dado o circuito a seguir, calcule:
- a) A resistência equivalente.
- b) A tensão da fonte
- c) A tensão em cada resistor.
- d) A corrente em cada resistor.



Exercícios



- **12)** Dado o circuito a seguir, calcule:
- **a)** A capacitância equivalente
- **b)** A carga armazenada nos capacitores.
- **c)** A energia armazenada nos capacitores.



Exercícios



- 13) Dado o circuito a seguir, calcule:
- a) A indutância equivalente.
- b) A energia armazenada nos indutores.
- c) A reatância equivalente para uma frequência de 100 Hz.

