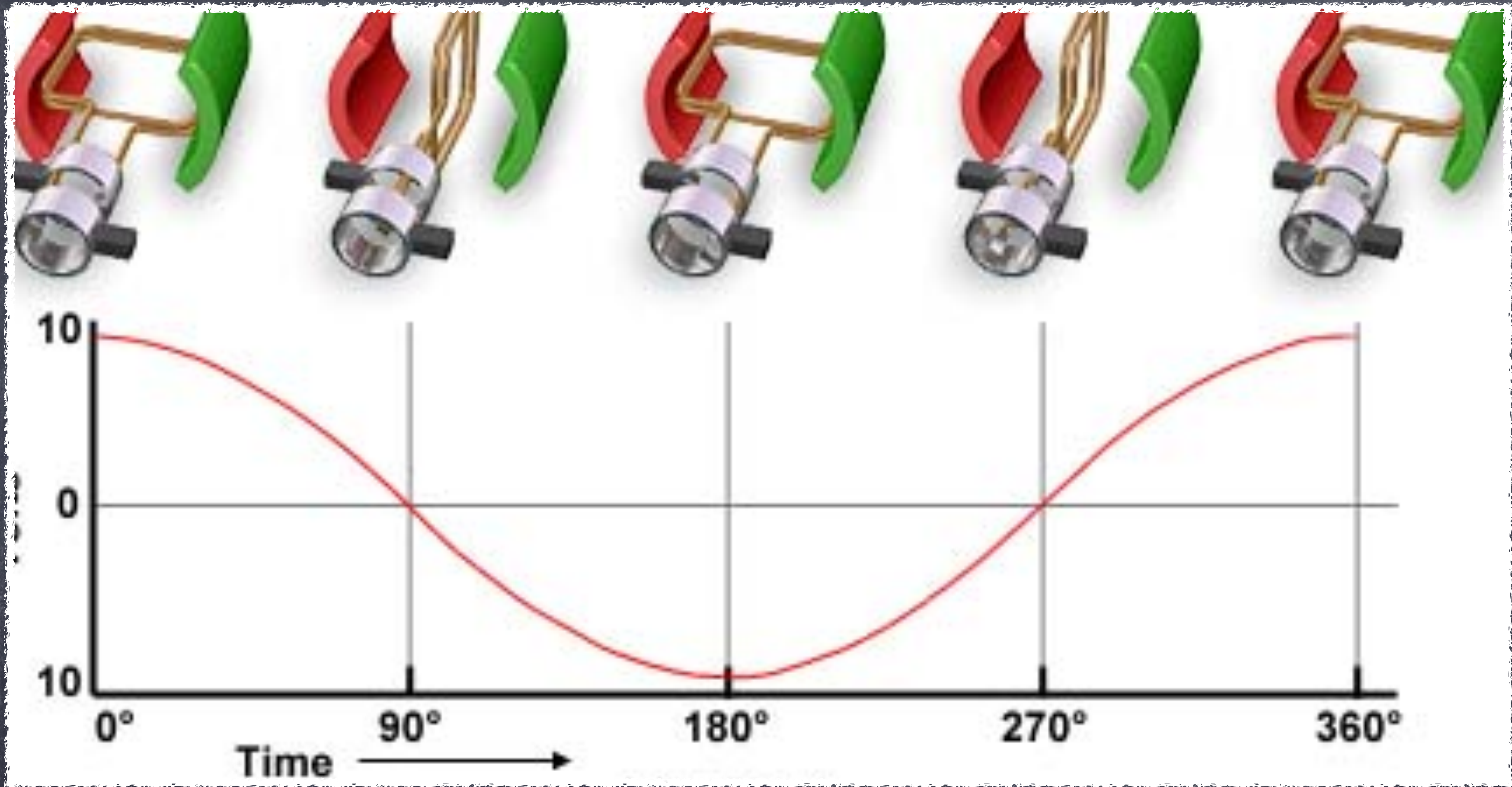
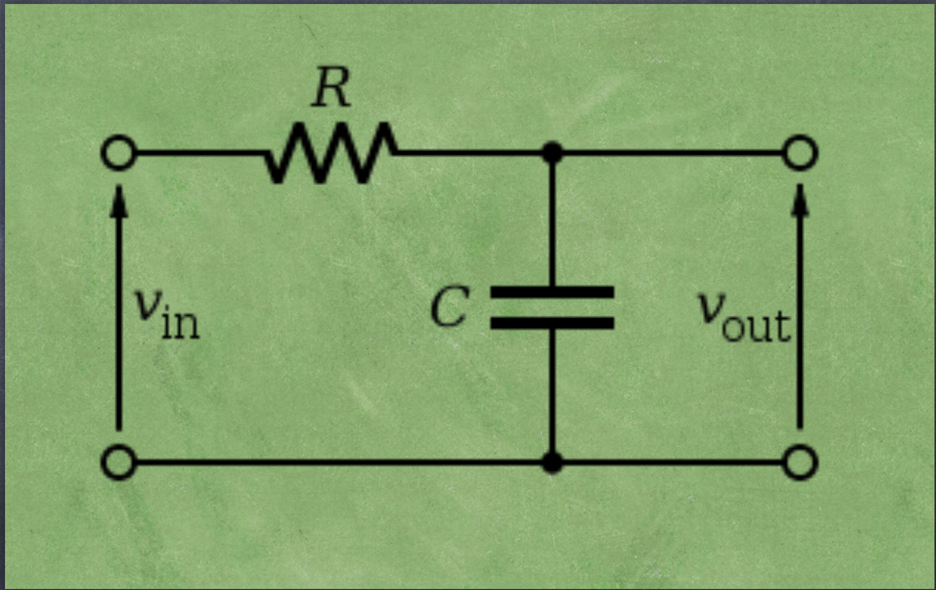


Experimento 1

Filtros e corrente alternada

Objetivos

- Estudar sinais elétricos que variam no tempo
- Construir filtros de sinais harmônicos
- Estudar como estes filtros alteram sinais elétricos

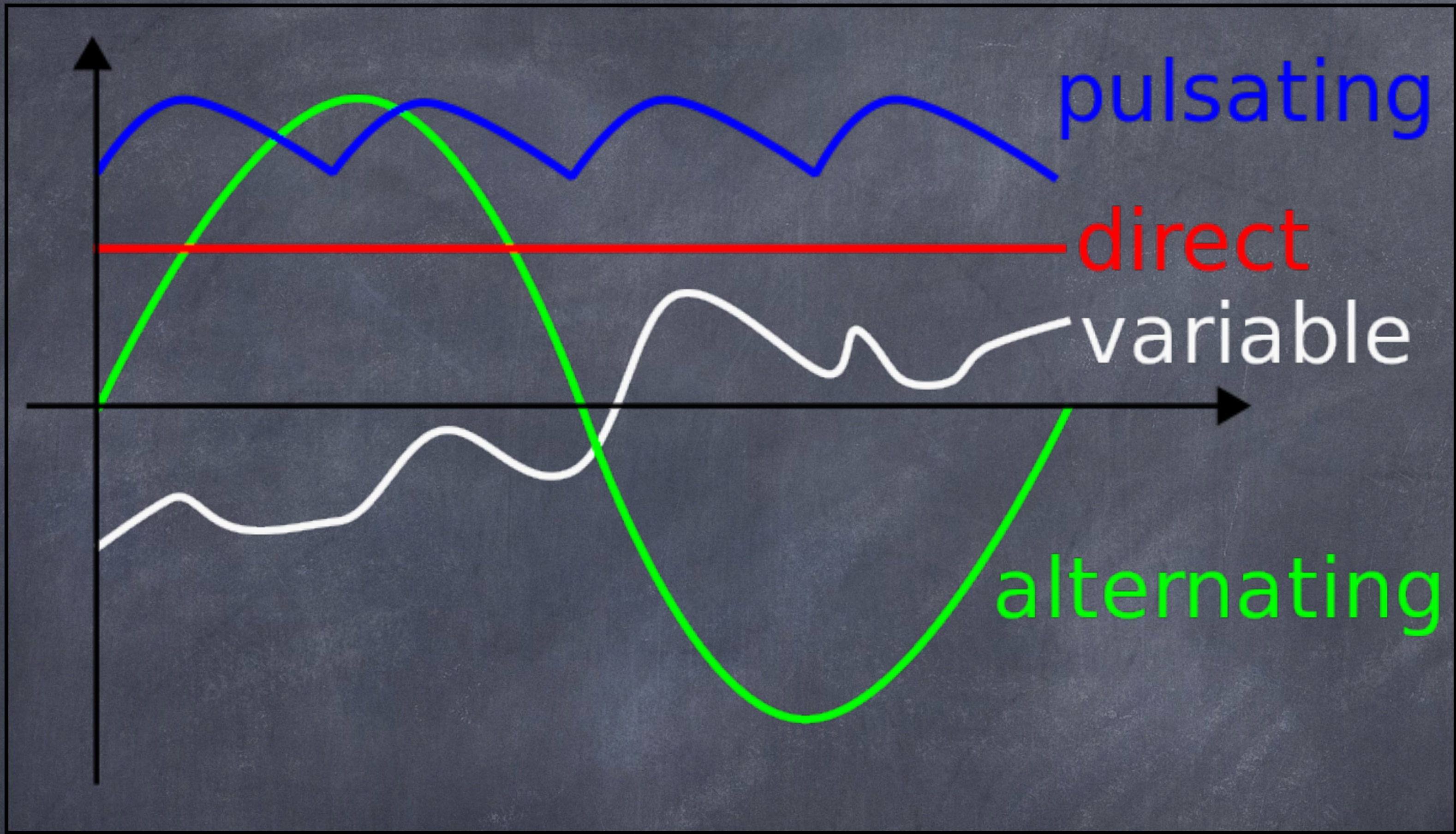


O que é um filtro?

No nosso experimento

Nossos filtros

- Filtros estudados neste experimento
  - passa baixa
    - Sinal é praticamente inalterado para baixas frequências e atenuado para altas frequências
  - passa alta
    - Sinal é praticamente inalterado para altas frequências e atenuado para baixas frequências
  - passa bada
    - Sinal é praticamente inalterado em uma faixa finita de frequências e atenuado fora desta faixa



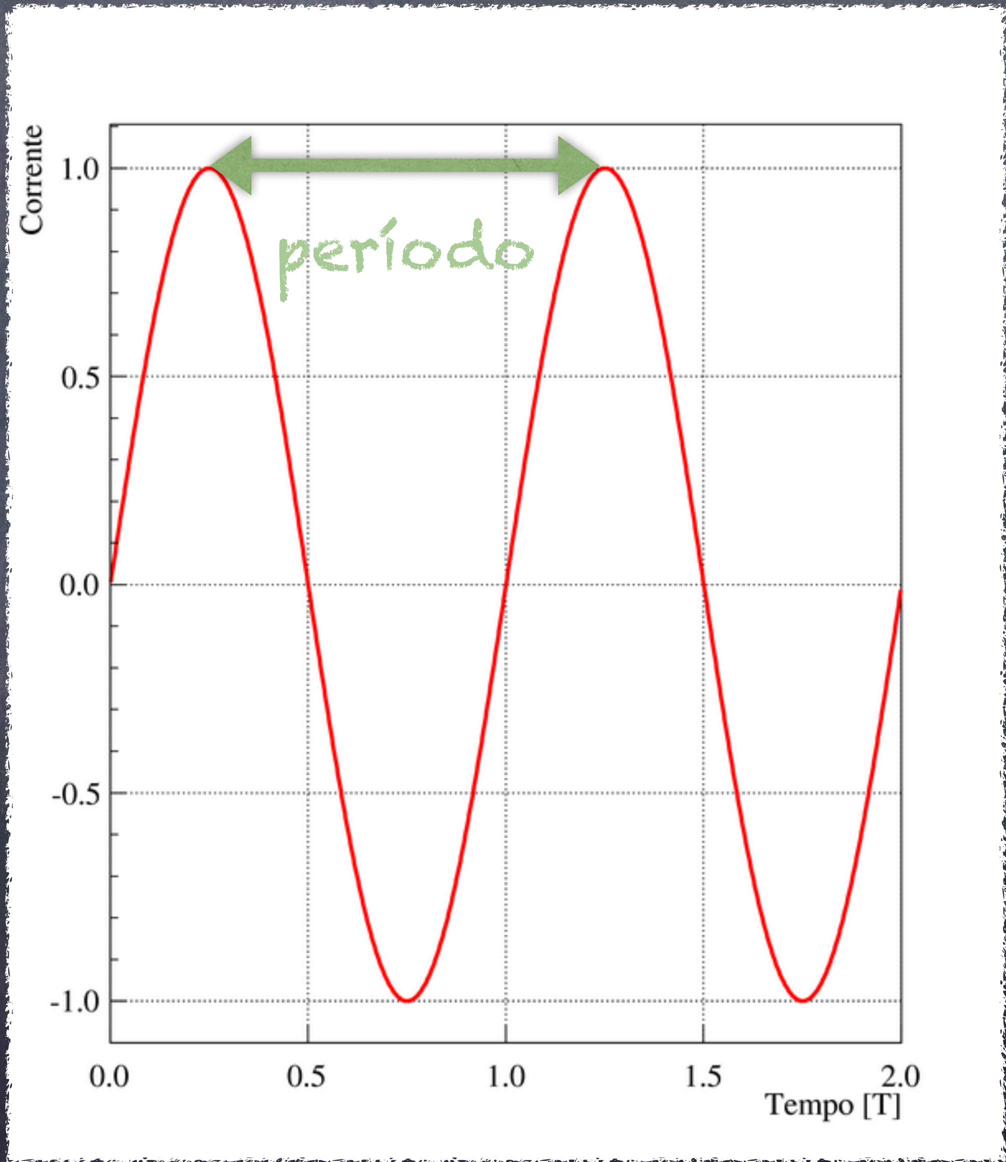
Corrente alternada

O que é?

Sinal harmônico

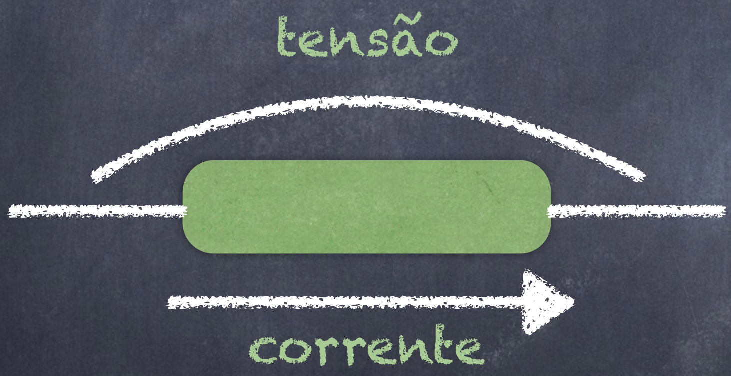
$$i(t) = i_0 \cos(\omega t)$$

- Frequência bem definida
  - $f = 1/T$
- frequência angular
  - $\omega = 2\pi f$



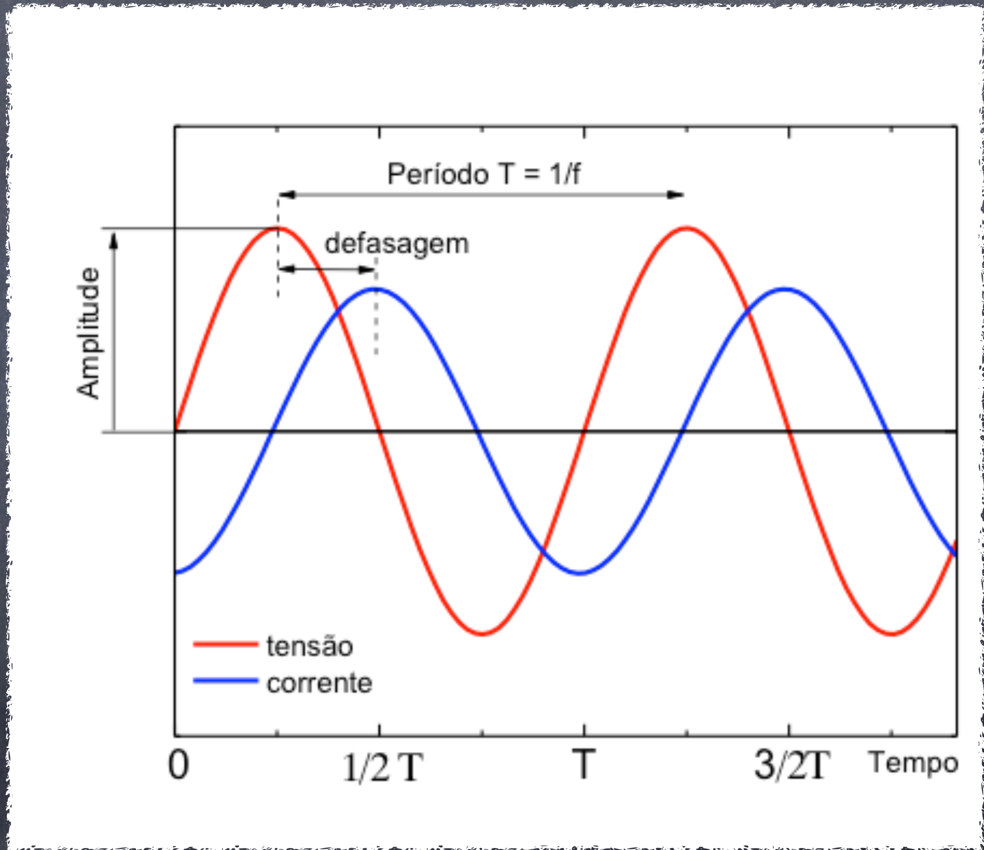
Corrente e tensão sobre um elemento de circuito

- Não precisam estar em fase uma com a outra



$$i(t) = i_0 \cos(\omega t)$$

$$V(t) = V_0 \cos(\omega t + \phi)$$



Defasagem

- É um número em radianos

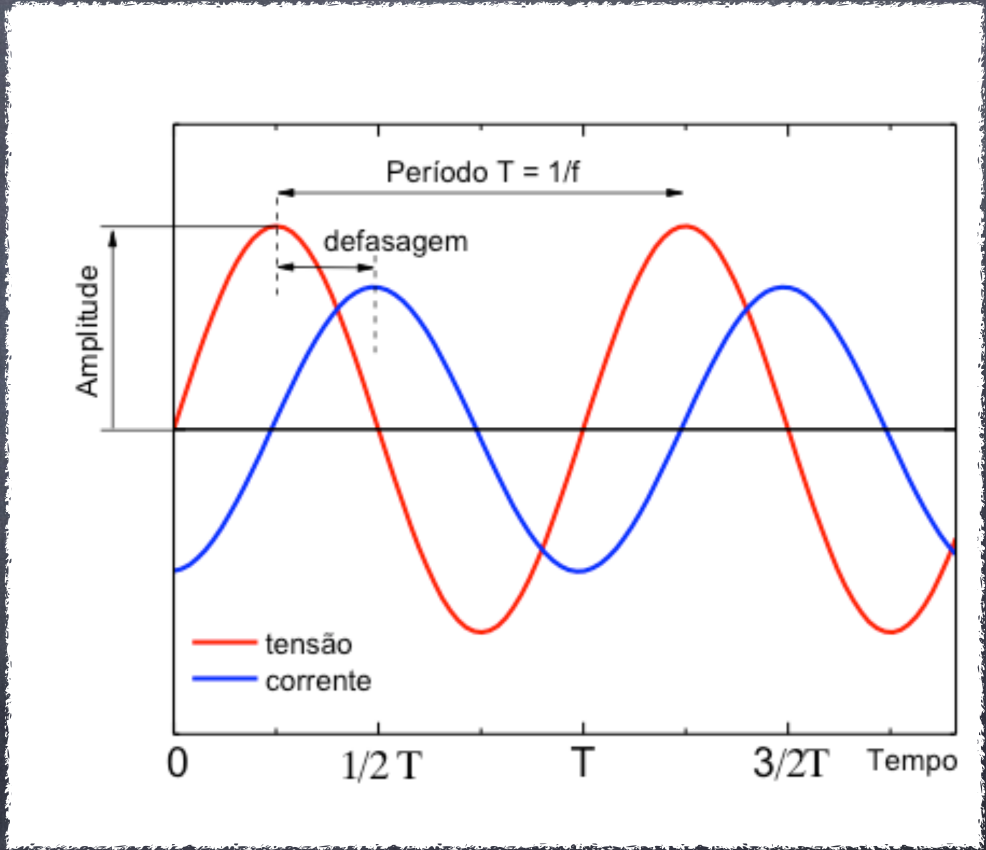
$$i(t) = i_0 \cos(\omega t)$$

$$V(t) = V_0 \cos(\omega t + \phi)$$

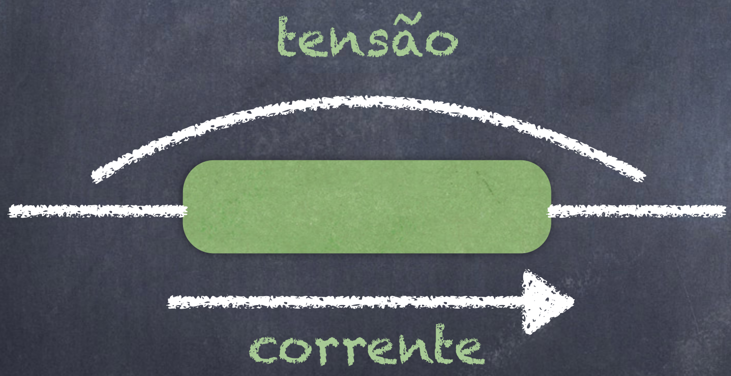
- Pode ser positiva ou negativa

$$-\pi < \phi < \pi$$

- É característica do elemento no circuito



Explorando elementos de circuito simples



- Como a tensão e corrente estão relacionadas em
  - Resistor ôhmico
  - Capacitor
  - Indutor

O resistor

- Corrente passando em um resistor

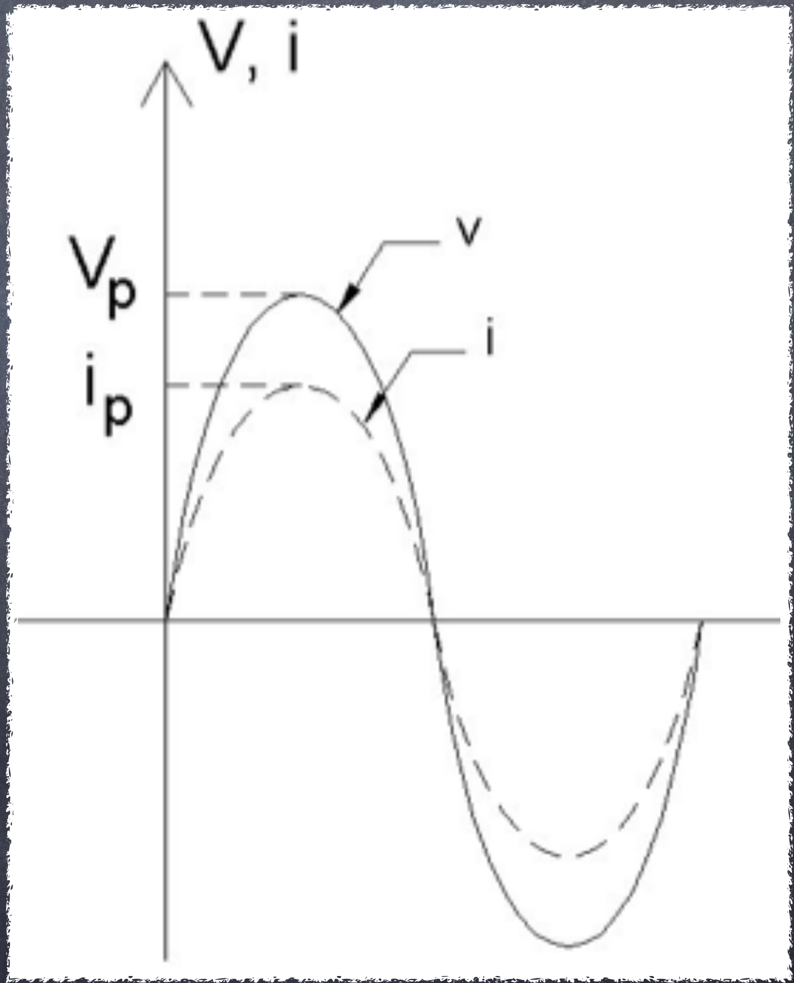
$$i(t) = i_0 \cos(\omega t)$$

- Da definição de resistência

$$R = \frac{V}{i} \rightarrow V = Ri$$

$$V(t) = Ri_0 \cos(\omega t)$$

- Corrente e tensão estão em fase!



O capacitor

- Tensão em um capacitor (C = capacitância)

$$V = \frac{Q}{C} \qquad Q(t) = \int i(t')dt'$$

- Tensão e corrente

$$V(t) = \frac{1}{C}\int i(t')dt' \qquad V(t) = \frac{1}{C}\int i_0 \cos(\omega t')dt'$$

$$V(t) = \frac{i_0}{\omega C}\sin(\omega t) \qquad V(t) = \frac{i_0}{\omega C}\cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

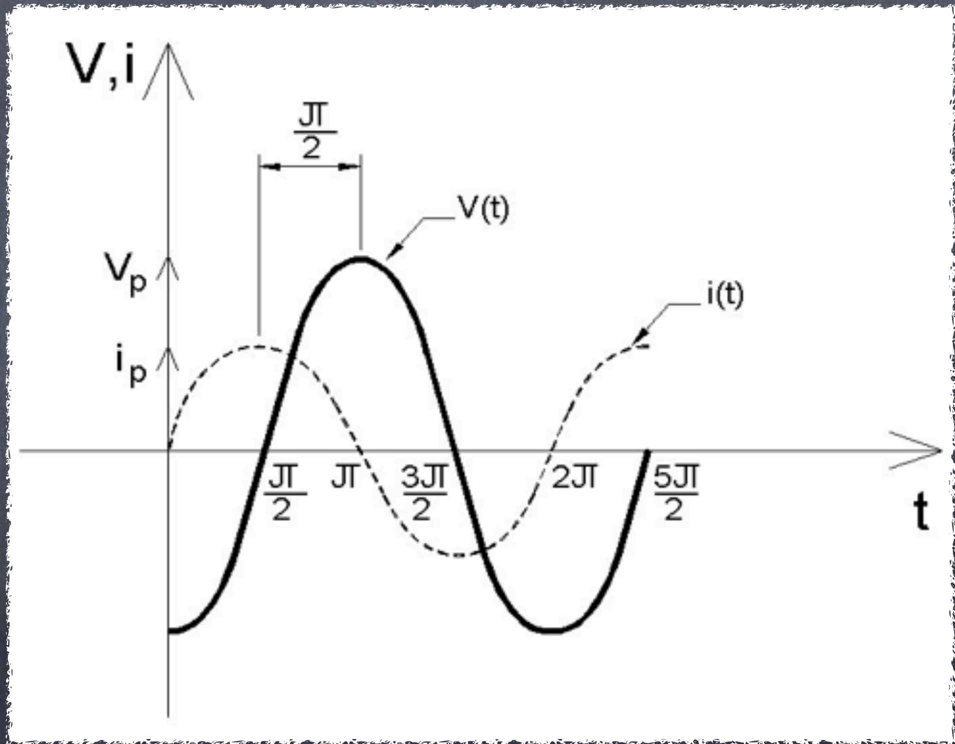
Tensão e corrente em um capacitor

- Defasados de 1/4 de período

$$i(t) = i_0 \cos(\omega t)$$

$$V(t) = \frac{i_0}{\omega C} \cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

- Amplitude da tensão depende da frequência!



O indutor

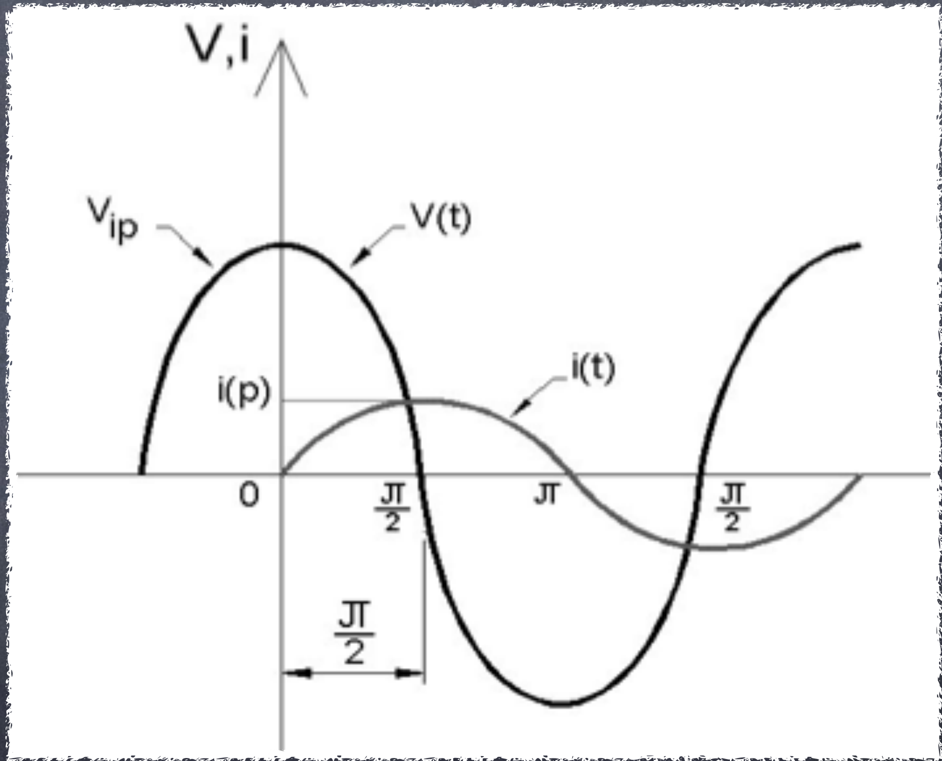
- Tensão em um indutor

$$V(t) = L\frac{d}{dt}i(t)$$

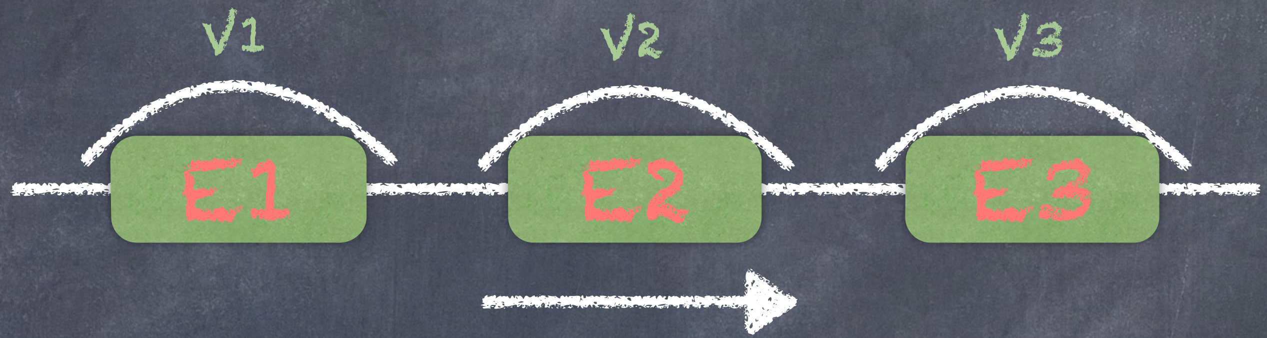
- Similarmente ao capacitor, pode-se mostrar que:

$$i(t) = i_0 \cos(\omega t)$$

$$V(t) = L\omega i_0 \cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$$



Considere o problema de vários elementos em um circuito



$$i(t) = i_0 \cos(\omega t)$$

$$V(t) = V_1(t) + V_2(t) + V_3(t)$$

$$V(t) = V_1 \cos(\omega t + \phi_1) + V_2 \cos(\omega t + \phi_2) + V_3 \cos(\omega t + \phi_3)$$

Como somar as tensões?

Tensões complexas

- Uso de números complexos facilita
- Fórmula de Euler

$$e^{j\phi} = \cos(\phi) + j\sin(\phi) \qquad j = \sqrt{-1}$$

- Define-se tensão complexa (o análogo para corrente)

$$V(t) = \mathrm{Re}[\hat{V}(t)]$$

$$V(t) = V_0 \cos(\omega t + \phi) \to \hat{V}(t) = V_0 e^{j(\omega t + \phi)}$$

Impedância

- Define-se a impedância como sendo a razão entre tensão e corrente complexas sobre um elemento do circuito

$$\hat{Z} = \frac{\hat{V}}{\hat{i}}$$

- Para uma tensão harmônica, é independente do tempo e característica do elemento do circuito

$$\hat{Z} = \frac{\hat{V}}{\hat{i}} = \frac{V_0 e^{j(\omega t + \phi)}}{i_0 e^{j(\omega t)}} = \frac{V_0}{i_0} e^{j\phi} = Z_0 e^{j\phi}$$

O resistor ôhmico

- Corrente e tensão

$$i = i_0 \cos(\omega t) \rightarrow \hat{i} = i_0 e^{j\omega t}$$

$$V = R i_0 \cos(\omega t) \rightarrow \hat{V} = R i_0 e^{j\omega t}$$

- Impedância

$$\hat{Z}_R = \frac{\hat{V}}{\hat{i}} = R$$

- A impedância de um resistor ôhmico é puramente real

O Capacitor ideal

- Corrente e tensão

$$i = i_0 \cos(\omega t) \rightarrow \hat{i} = i_0 e^{j\omega t}$$

$$V = \frac{i_0}{\omega C} \cos(\omega t - \frac{\pi}{2}) \rightarrow \hat{V} = \frac{i_0}{\omega C} e^{j(\omega t - \frac{\pi}{2})}$$

- Impedância

$$\hat{Z}_C = \frac{\hat{V}}{\hat{i}} = \frac{1}{\omega C} e^{-j\frac{\pi}{2}} = -j\frac{1}{\omega C}$$

- A impedância de um capacitor ideal é puramente imaginária.

O indutor ideal

- Corrente e tensão

$$i = i_0 \cos(\omega t) \rightarrow \hat{i} = i_0 e^{j\omega t}$$

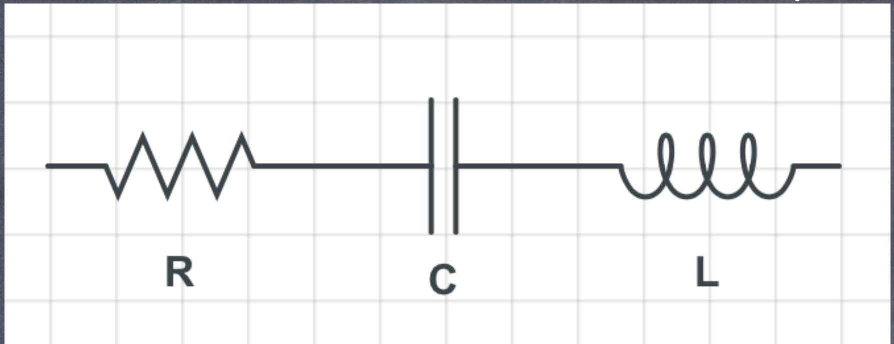
$$V = \omega L i_0 \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) \rightarrow \hat{V} = \omega L i_0 e^{j(\omega t + \frac{\pi}{2})}$$

- Impedância

$$\hat{Z}_L = \frac{\hat{V}}{\hat{i}} = \omega L e^{j\frac{\pi}{2}} = j\omega L$$

- A impedância de um indutor ideal é puramente imaginária.

Porque usar tensões e correntes complexas?

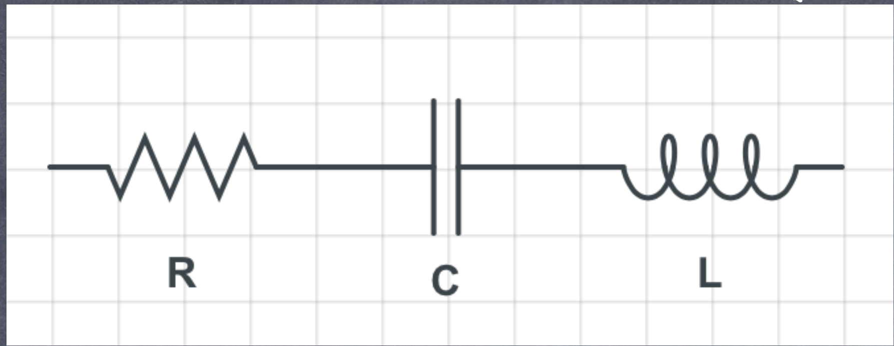


- Três elementos em série – mesma corrente. Qual a tensão total?

$$V = V_R + V_C + V_L$$

$$V = Ri + \frac{\int i dt}{C} + L\frac{d}{dt}i$$

Porque usar tensões e correntes complexas?

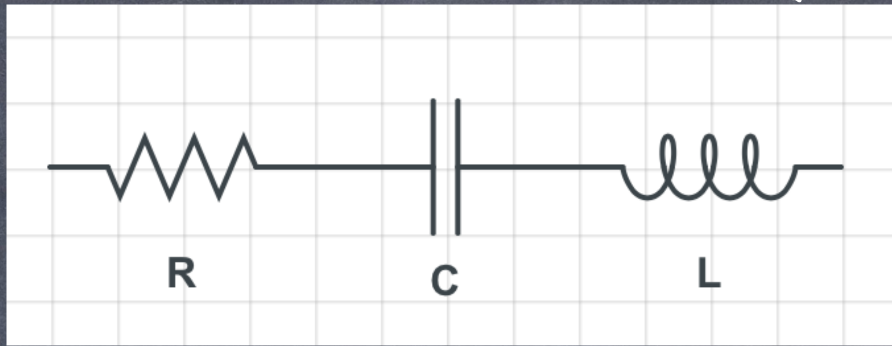


- Tomando o formalismo complexo

$$\hat{i} = i_0 e^{j\omega t}$$

$$V = Ri + \frac{\int i dt}{C} + L\frac{d}{dt}i \rightarrow \hat{V} = R\hat{i} + \frac{1}{j\omega C}\hat{i} + j\omega\hat{i}$$

Porque usar tensões e correntes complexas?



- ou seja

$$\hat{V} = R\hat{i} + \frac{1}{j\omega C}\hat{i} + j\omega\hat{i}$$

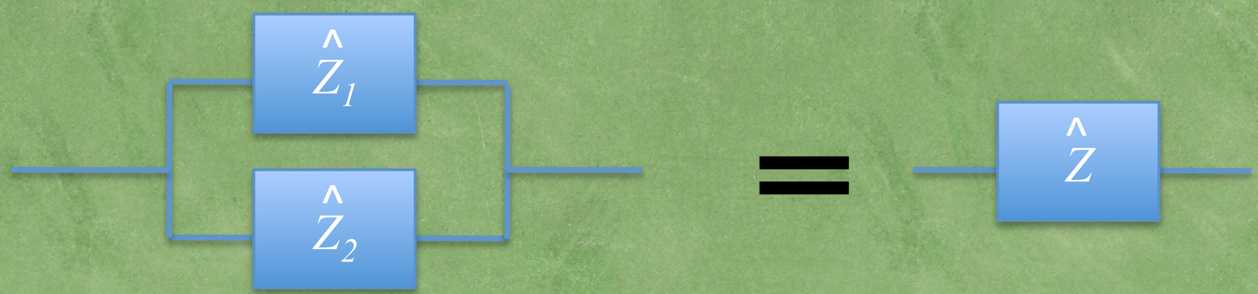
$$\hat{V} = \hat{Z}_R\hat{i} + \hat{Z}_C\hat{i} + \hat{Z}_L\hat{i}$$

$$\hat{V} = (\hat{Z}_R + \hat{Z}_C + \hat{Z}_L)\hat{i} = \hat{Z}_{total}\hat{i}$$

Porque usar tensões e correntes complexas?

- No formalismo complexo, as regras de associação em série (e também em paralelo) se aplicam!

$$\hat{Z} = \hat{Z}_1 + \hat{Z}_2$$



$$\frac{1}{\hat{Z}} = \frac{1}{\hat{Z}_1} + \frac{1}{\hat{Z}_2}$$

Atividades sugeridas

- Estudar formalismo complexo
  - Apostila no site
  - H. M. Nussensveig volume 3
- Fazer lista preparatória
  - IMPORTANTE PARA FAZER O EXPERIMENTO NA PRÓXIMA SEMANA!