



Universidade de São Paulo (USP), Escola
de Engenharia de Lorena (EEL),
Curso de Engenharia Física



Circuitos Elétricos - teoria e prática (LOM3262)

Prof. Dr. Andy Blanco Rodriguez

**Lorena-SP
2025/2**



- Impedância;
- Admitância.



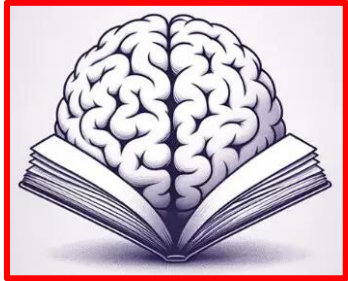
Impedância



Impedância

Impedância (Z) é a relação entre a tensão fasorial (V) e a corrente fasorial (I) de um circuito, e possui unidade de medida em Ohm.

A impedância é dependente da frequência.



Impedância

Fasores e elementos de circuitos

Tabela 9.2 • Resumo das relações tensão-corrente.

Elemento	Domínio do tempo	Domínio da frequência
R	$v = Ri$	$V = RI$
L	$v = L \frac{di}{dt}$	$V = j\omega LI$
C	$i = C \frac{dv}{dt}$	$V = \frac{I}{j\omega C}$



Impedância

Resistor:



$$V = RI$$

Indutor:



$$V = j\omega LI$$

Capacitor:



$$V = \frac{I}{j\omega C}$$



Impedância

Resistor:



$$V = RI$$

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

Indutor:



$$V = j\omega LI$$



$$j\omega L = \frac{V}{I}$$

Capacitor:



$$V = \frac{I}{j\omega C}$$

$$\frac{1}{j\omega C} = \frac{V}{I}$$



Impedância

Resistor:



$$V = RI$$

Indutor:



$$V = j\omega LI$$

Capacitor:



$$V = \frac{I}{j\omega C}$$

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


$$j\omega L = \frac{V}{I}$$

$$\frac{1}{j\omega C} = \frac{V}{I}$$

Lei de Ohm fasorial:

$$Z = \frac{V}{I} \quad \text{ou} \quad V = ZI$$



Impedância

Z é denominada de impedância.

A impedância representa a **oposição** que um circuito oferece **ao fluxo de corrente senoidal**. Embora seja a razão entre dois fasores, **esta não é um fasor**, pois **não corresponde a uma quantidade que varia como uma senoide**.

Lei de Ohm fasorial:

$$\mathbf{Z} = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{I}} \quad \text{ou} \quad \mathbf{V} = \mathbf{Z}\mathbf{I}$$



Impedância

Resistor:



$$V = RI$$

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

Indutor:



$$V = j\omega LI$$

$$Z_L = j\omega L = \frac{V}{I}$$

Capacitor:



$$V = \frac{I}{j\omega C}$$

$$Z_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{V}{I}$$



Impedância

Resistor:



$$V = RI$$

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

$$Z = |Z| \angle \theta^\circ$$

$$Z = R + jX$$

Indutor:



$$V = j\omega LI$$

$$Z_L = j\omega L = \frac{V}{I}$$

Capacitor:



$$V = \frac{I}{j\omega C}$$

$$Z_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{V}{I}$$



Impedância

Resistor:



$$V = RI$$

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

Indutor:



$$V = j\omega LI$$

$$Z_L = j\omega L = \frac{V}{I}$$

Capacitor:



$$V = \frac{I}{j\omega C}$$

$$Z_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{V}{I}$$

$$Z = |Z| \angle \theta^\circ$$

$$Z = R + jX$$



Resistência:

$$R = \text{Re}\{Z\}$$

Reatância:

$$X = \text{Im}\{Z\}$$



Impedância

Resistor:



$$V = RI$$

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

Indutor:



$$V = j\omega LI$$

$$Z_L = j\omega L = \frac{V}{I}$$

Capacitor:



$$V = \frac{I}{j\omega C}$$

$$Z_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{V}{I}$$

$$\mathbf{Z} = |\mathbf{Z}| \angle \theta^\circ$$

$$\mathbf{Z} = R + jX$$



Resistência:

$$R = \text{Re}\{\mathbf{Z}\}$$

Reatância:

$$X = \text{Im}\{\mathbf{Z}\}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{X}{R}$$

$$R = |\mathbf{Z}| \cos \theta$$

$$X = |\mathbf{Z}| \sin \theta$$



Impedância

Resistor:



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

CC:

$\omega \rightarrow 0$

$$Z_R = R$$

CA:

$\omega \rightarrow \infty$

$$Z_R = R$$

Indutor:



$$Z_L = j\omega L = \frac{V}{I}$$

$$Z_L \rightarrow 0$$



Curto-circuito

$$Z_L \rightarrow \infty$$



Circuito aberto

Capacitor:



$$Z_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{V}{I}$$

$$Z_C \rightarrow \infty$$



Circuito aberto

$$Z_C \rightarrow 0$$



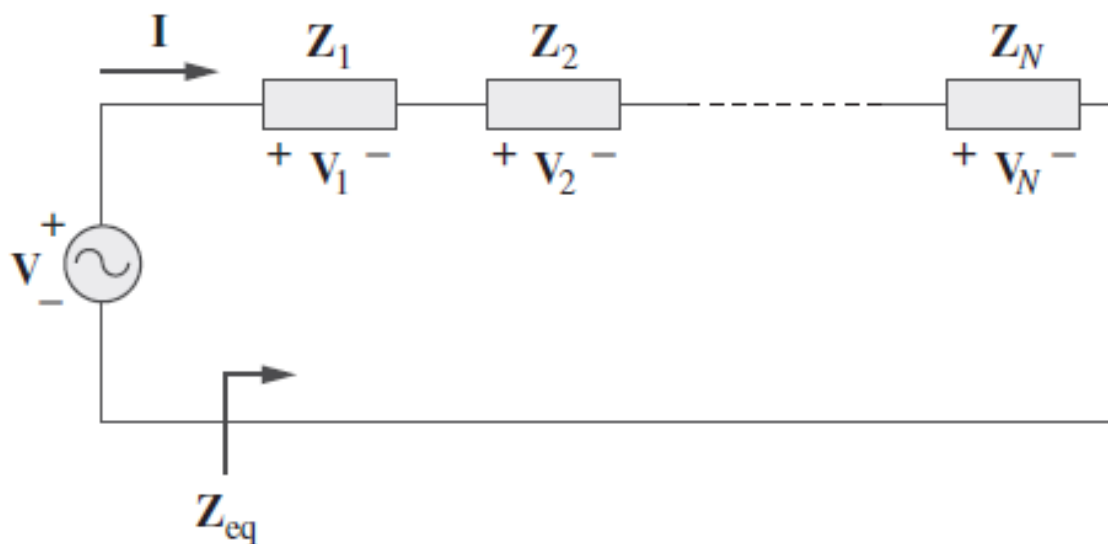
Curto-circuito



Impedância

Associação de impedâncias

Impedâncias em série



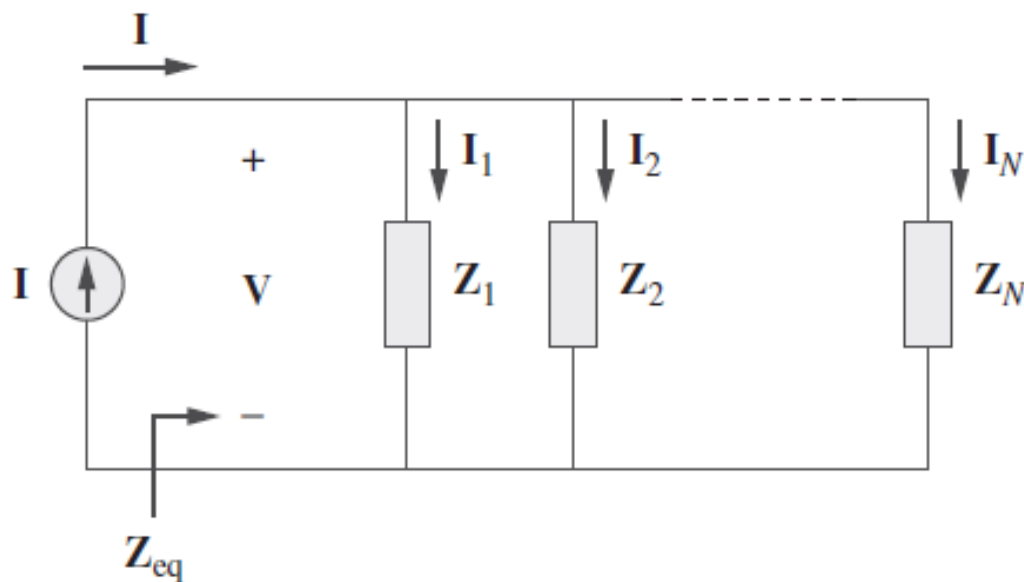
$$Z_{eq} = Z_1 + Z_2 + \cdots + Z_N$$



Impedância

Associação de impedâncias

Impedâncias em paralelo



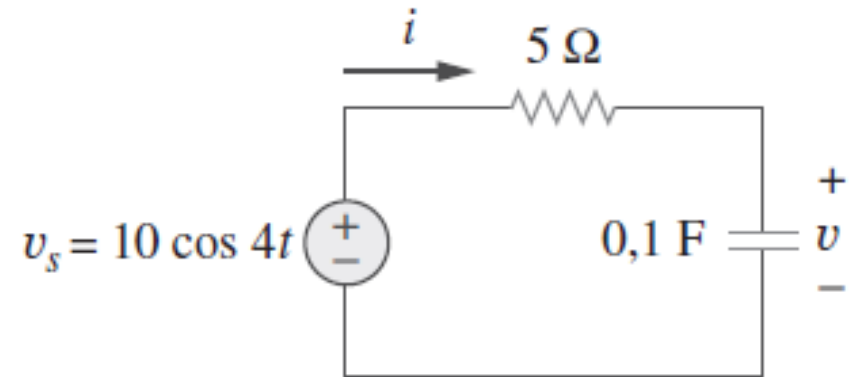
$$\frac{1}{Z_{eq}} = \frac{I}{V} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \dots + \frac{1}{Z_N}$$



Impedância

Exemplo

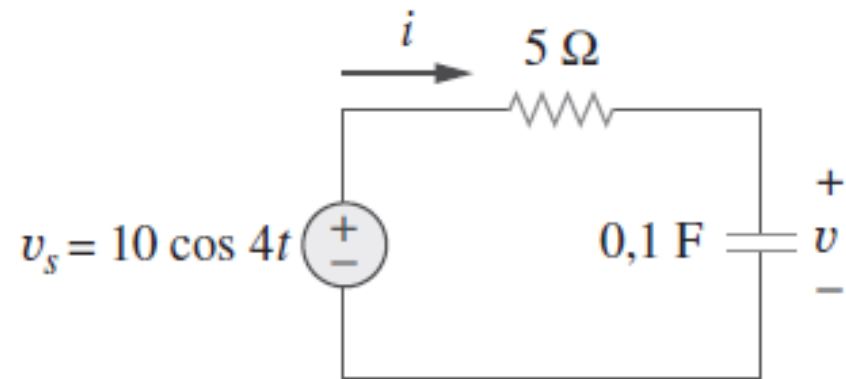
Dada a seguinte figura, determine $\mathbf{Z}$, $v(t)$ e $i(t)$.



Impedância

Exemplo

Dada a seguinte figura, determine $\mathbf{Z}$, $v(t)$ e $i(t)$.



$$\omega = 4 \text{ rad/s}$$

$$V_S = 10 \angle 0^\circ$$

$$\mathbf{Z} = \mathbf{Z}_R + \mathbf{Z}_C = R + \frac{1}{j\omega C}$$

$$\mathbf{Z} = 5 + \frac{1}{j4 \cdot 0,1} = 5 + \frac{1}{j0,4}$$

$$\mathbf{Z} = 5 - j2,5 \quad \Omega = 5,59 \angle -26,57^\circ \Omega$$

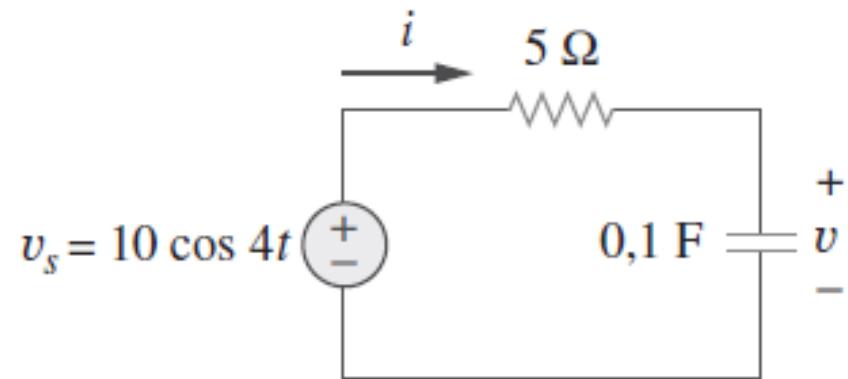


Impedância

Exemplo

Dada a seguinte figura, determine $\mathbf{Z}$, $v(t)$ e $i(t)$.

$$\mathbf{Z} = 5 - j2,5 \quad \Omega$$



$$\omega = 4 \text{ rad/s}$$

$$\mathbf{V}_S = 10 \angle 0^\circ$$

$$\mathbf{I} = \frac{\mathbf{V}_S}{\mathbf{Z}} = \frac{10 \angle 0^\circ}{5 - j2,5} = \frac{10 \angle 0^\circ}{5,59 \angle -26,57^\circ} = 1,79 \angle 26,57^\circ$$

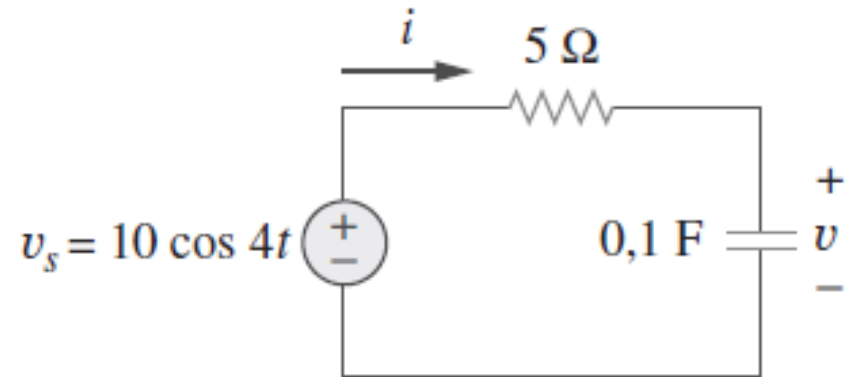
$$\mathbf{I} = 1,79 \angle 26,57^\circ \text{ A}$$



Impedância

Exemplo

Dada a seguinte figura, determine $\mathbf{Z}$, $v(t)$ e $i(t)$.



$$\mathbf{Z} = 5 - j2,5 \quad \Omega$$

$$\mathbf{I} = 1,79 \angle 26,57^\circ \text{ A}$$

$$\omega = 4 \text{ rad/s}$$

$$\mathbf{V}_s = 10 \angle 0^\circ$$

$$\mathbf{V} = \mathbf{I} \mathbf{Z}_C = \frac{1,79 \angle 26,57^\circ}{j4 \times 0,1} = \frac{1,79 \angle 26,57^\circ}{0,4 \angle 90^\circ} = 4,47 \angle -63,43^\circ$$

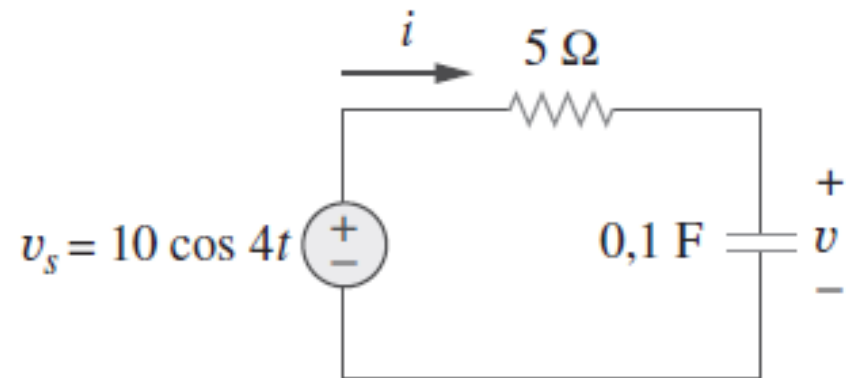
$$\mathbf{V} = 4,47 \angle -63,43^\circ \text{ V}$$



Impedância

Exemplo

Dada a seguinte figura, determine $\mathbf{Z}$, $v(t)$ e $i(t)$.



$$\mathbf{Z} = 5 - j2,5 \ \Omega$$

$$\mathbf{I} = 1,79 \angle 26,57^\circ \text{ A}$$

$$\omega = 4 \text{ rad/s}$$

$$\mathbf{V}_s = 10 \angle 0^\circ$$

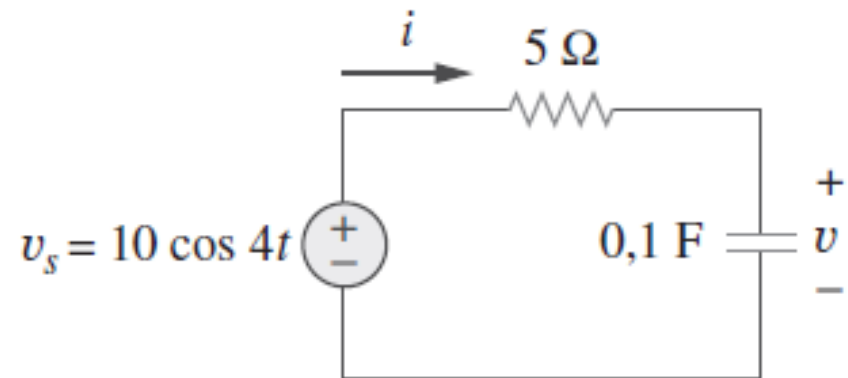
$$\mathbf{V} = 4,47 \angle -63,43^\circ \text{ V}$$



Impedância

Exemplo

Dada a seguinte figura, determine $\mathbf{Z}$, $v(t)$ e $i(t)$.



$$\mathbf{Z} = 5 - j2,5 \ \Omega$$

$$\mathbf{I} = 1,79 \angle 26,57^\circ \text{ A}$$

$$\omega = 4 \text{ rad/s}$$

$$\mathbf{V}_s = 10 \angle 0^\circ$$

$$\mathbf{V} = 4,47 \angle -63,43^\circ \text{ V}$$

$$i(t) = 1,79 \cos(4t + 26,57^\circ) \text{ A}$$

$$v(t) = 4,47 \cos(4t - 63,43^\circ) \text{ V}$$

A tensão no capacitor está atrasada 90°



Admitância



Admitância

Admitância (Y) é o inverso da impedância (Z), e possui unidade de medida em Siemens (S).

$$Y = \frac{1}{Z}$$



Admitância

Admitância (Y) é o inverso da impedância (Z), e possui unidade de medida em Siemens (S).

$$Y = \frac{1}{Z}$$

$$Y = G + jB$$

Condutância:

$$G = \text{Re}\{Y\}$$

Susceptância:

$$B = \text{Im}\{Y\}$$



Admitância

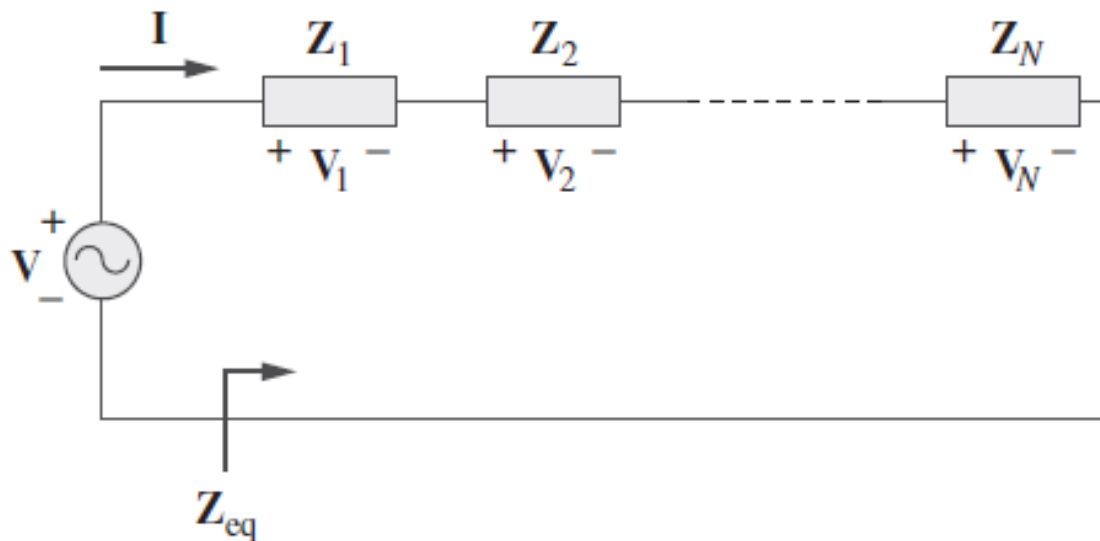
Admitância (Y) é uma **medida** do **quanto um circuito CA** admite, ou **permite**, a **passagem da corrente**. Portanto, quanto maior o seu valor, maior será a corrente para a mesma tensão aplicada.



Admitância

Associação de admitâncias

Admitâncias em série



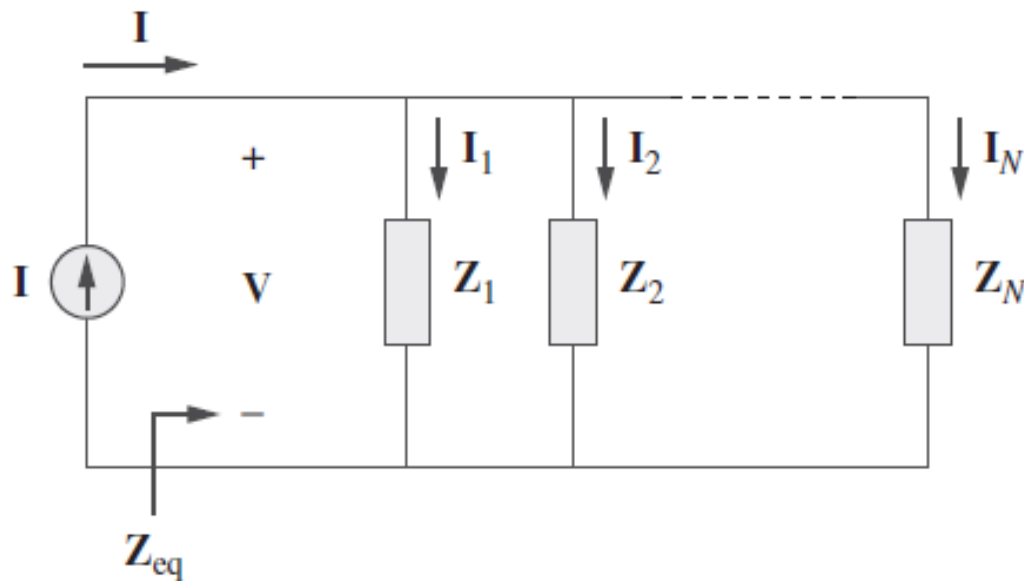
$$\frac{1}{Y_{eq}} = \frac{1}{Y_1} + \frac{1}{Y_2} + \dots + \frac{1}{Y_N}$$



Admitância

Associação de admitâncias

Admitâncias em paralelo



$$Y_{eq} = Y_1 + Y_2 + \cdots + Y_N$$



Exercícios

1. Calcule o seguinte número complexo: $(40 \angle 50^\circ + 20 \angle -30^\circ)^{1/2}$

Resposta: $6,91 \angle 12,81^\circ$

2. Transforme a seguinte senoide em fasor: $i = 6 \cos(50t - 40^\circ) \text{ A}$

Resposta: $I = 6 \angle -40^\circ \text{ A}$

3. Determine a senoide representada pelo seguinte fasor:

$$I = -3 + j4 \text{ A}$$

Resposta: $i(t) = 5 \cos(\omega t + 126,87^\circ) \text{ A}$



Referências

Alexader, C. K., Sadiku, M., N., O. Fundamentos Circuitos Elétricos , 5ta ed. Mc Graw Hill, 2013.

Boylestad, R., L. Introdução à análise de circuitos, 12nd ed. Pearson, 2012.

Figura Lembrando :

<https://zenkit.com/en/blog/10-ways-to-remember-what-you-study/>



Universidade de São Paulo (USP), Escola
de Engenharia de Lorena (EEL),
Curso de Engenharia Física



Obrigado

Prof. Dr. Andy Blanco Rodriguez

andy.blanco@usp.br

**Departamento de Engenharia de Materiais (DEMAR), Sala A 53C, Área II da EEL-USP,
Estrada Chiquito de Aquino, N° 1000, Lorena, São Paulo, Brasil.**