



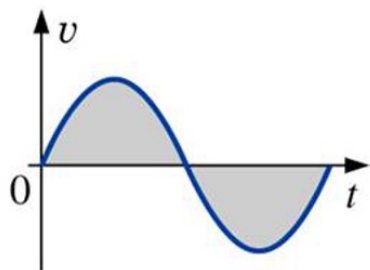
Ref.: 221222

1 de 31

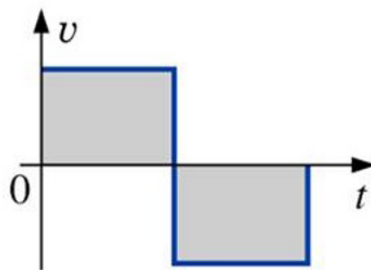


Sinais Cíclicos

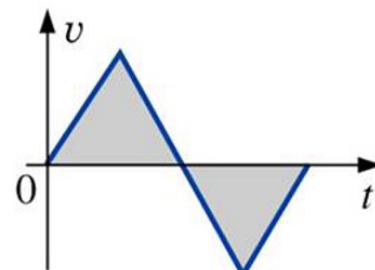
- Entre os possíveis sinais cíclicos um particularmente importante é o senoidal.



Senoidal



Onda Quadrada

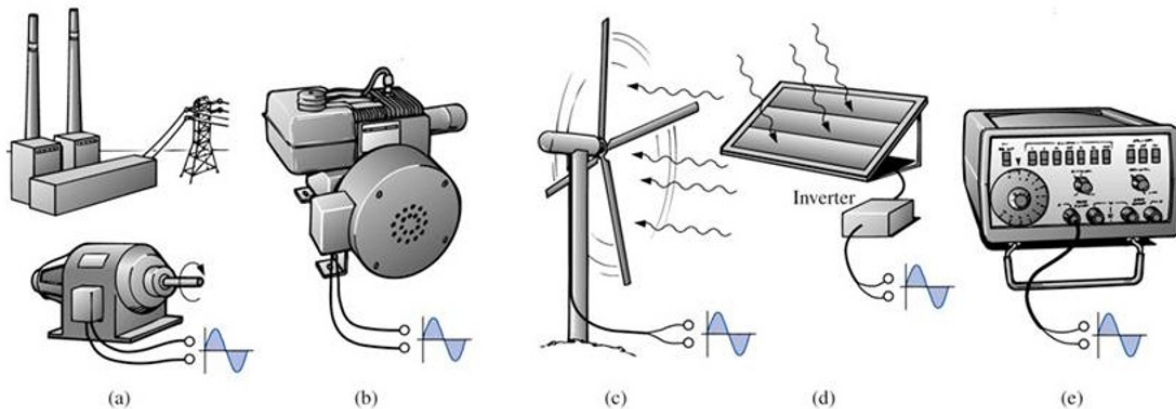


Onda Triangular



Exemplos

- Algumas fontes de tensão alternada (AC): (a) planta geratriz; (b) gerador AC portátil ; (c) estação eólica; (d) painel solar (DC antes do inversor); (e) gerador de função.



Ref.: 221222

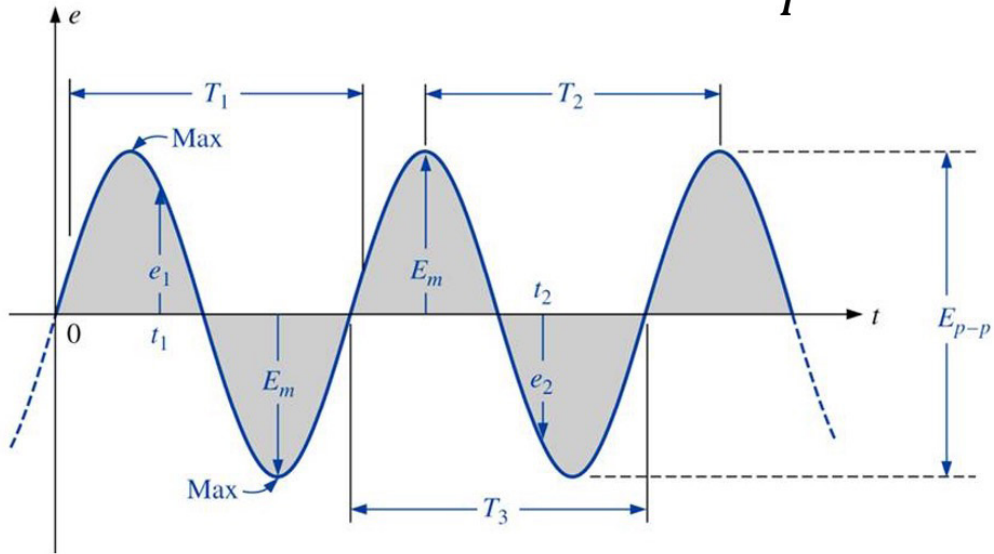
3 de 31



Sinal Senoidal

- Anatomia de uma tensão alternada.

$$e = E_m \cdot \text{sen}(\omega \cdot t), \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$



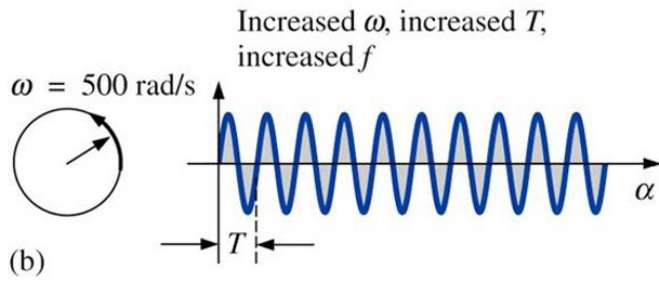
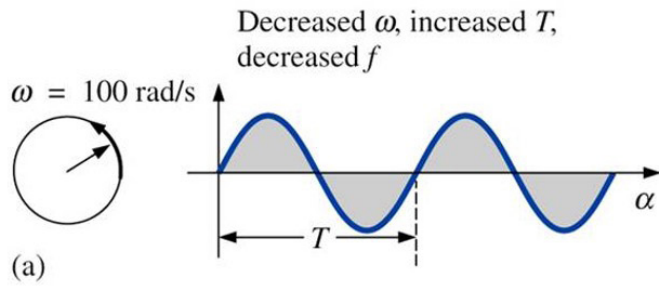
Ref.: 221222

4 de 31



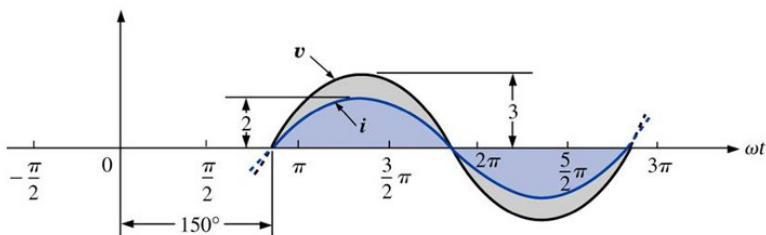
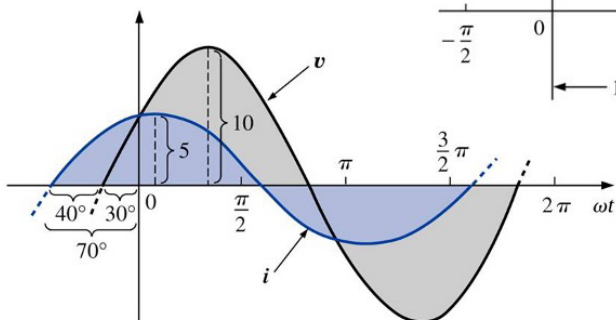
Sinal Senoidal

- A frequência é a “alma” do sinal: $f = 1/T$



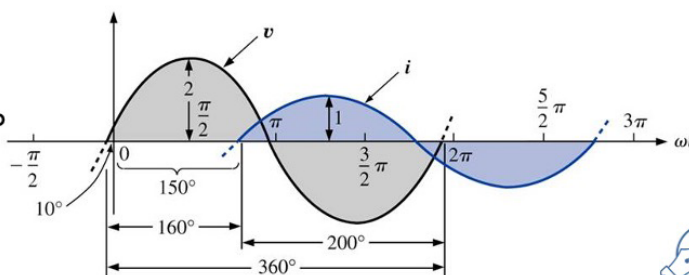
Relações de Fase

- Tensão e corrente estão em fase



- A corrente está adiantada 40° em relação à tensão

- A tensão está adiantada 160° em relação à corrente



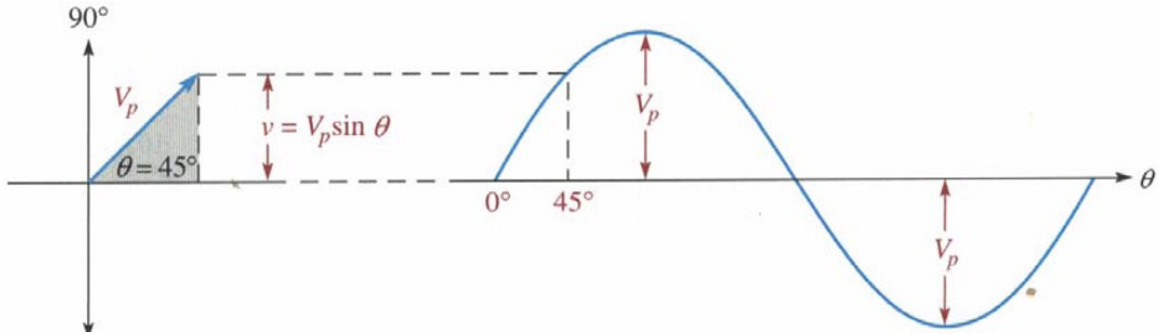
Ref.: 221222

6 de 31



Onda Senoidal e Fasor

- Geração de uma onda senoidal através da projeção vertical de um vetor girante (fasor)



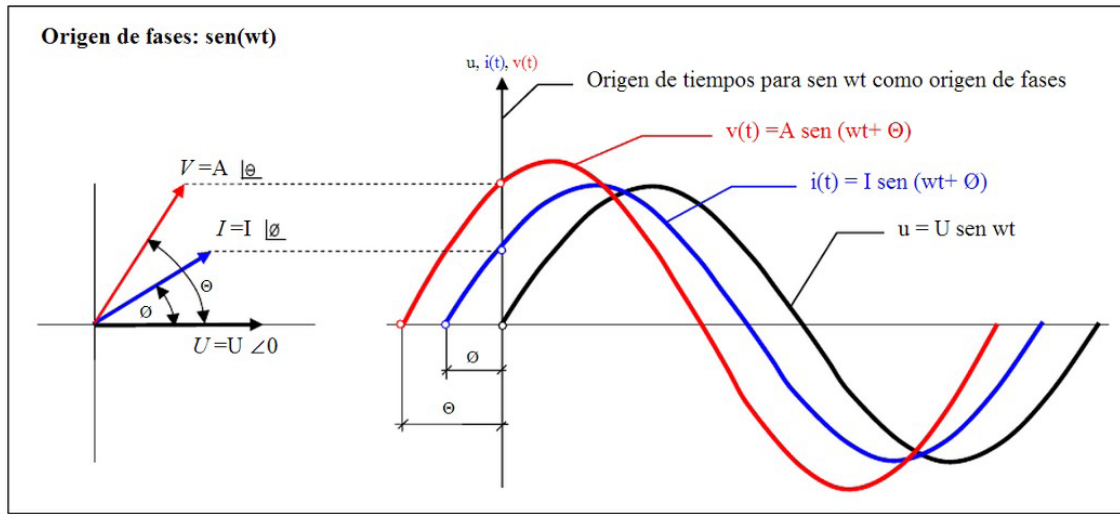
Ref.: 221222

7 de 31



Diferença de Fase

- Onda senoidal e correspondente fasor em diferentes fases.



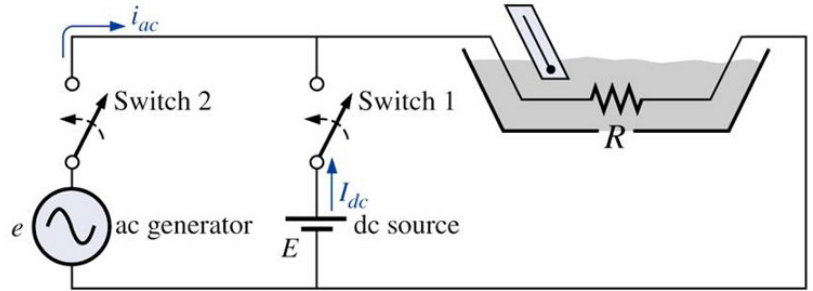
Ref.: 221222

8 de 31



Valor Eficaz

- Arranjo experimental para estabelecer relação entre as quantidades AC e DC.



- Valor quadrático médio (RMS – root mean square)

$$\langle P_{AC} \rangle \equiv P_{DC} \quad \Rightarrow \quad \langle P_{AC} \rangle = U_{ef} I_{ef} \cos \varphi \quad \Rightarrow \quad I_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [I(t)]^2 dt}$$

$$I_{ef} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \cong 0,7071 I_{max} \quad U_{ef} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} \cong 0,7071 U_{max}$$



Circuitos AC

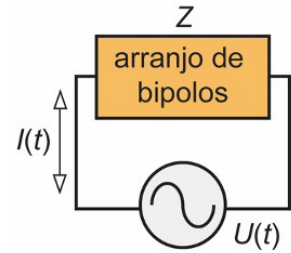
- Tem-se combinações de bipolos resistor (R), indutor (L) e capacitor (C).

	Tensão	Corrente
Série	$U(t) = U_{\max} \sin(\omega t + \varphi)$	$I(t) = I_{\max} \sin(\omega t)$
Paralelo	$U(t) = U_{\max} \sin(\omega t)$	$I(t) = I_{\max} \sin(\omega t + \varphi)$

$$\omega = 2\pi f$$

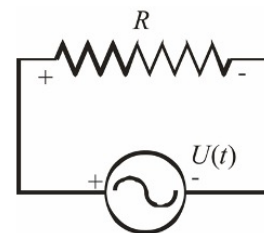
φ é função de f

- Busca-se encontrar em cada circuito
 - a impedância, Z
 - a diferença de fase, φ , entre tensão e corrente
 - o fator de potência do circuito, $(FP)_{\text{circ}}$
 - a potência dissipada média, $P_{\text{méd}}$
 - as condições de ressonância e as propriedades dos circuitos RLC-série e RLC-paralelo



Circuito Resistivo

- Resistores convertem energia elétrica em energia térmica (efeito Joule).



- Sinal

$$U(t) = U_{max} \cdot \text{sen}(\omega \cdot t + \varphi)$$

- Tensão na resistência

$$U_R = R \cdot I$$

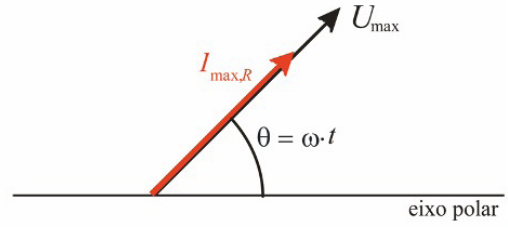
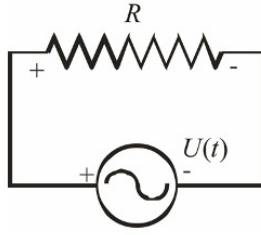
- Lei de Kirchhoff

$$U(t) = U_R(t)$$



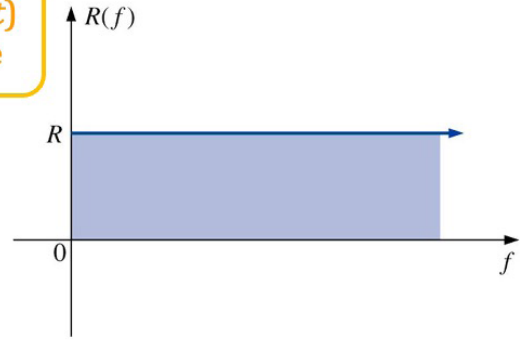
Circuito Resistivo

- Resistores convertem energia elétrica em energia térmica (efeito Joule).



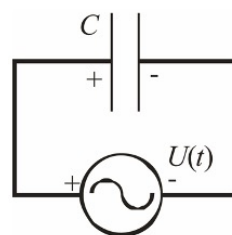
Propriedades	
Impedância	$Z = R$
Diferença de fase	$\varphi = 0$
Fator de potência (do circuito)	$(FP)_{circ} = 1$
Potência média	$P_{méd} = \frac{U_{máx} I_{máx}}{2}$

$I(t)$ e $U(t)$ em fase



Circuito Capacitivo

- Capacitores armazenam energia elétrica.



- Sinal

$$U(t) = U_{max} \cdot \text{sen}(\omega \cdot t + \varphi)$$

- Tensão no capacitor

$$U_c = \frac{Q}{C} \quad Q = \int Idt$$

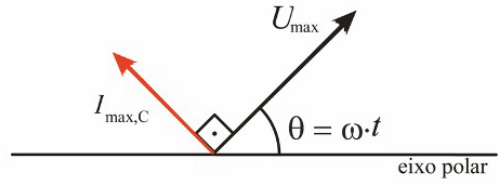
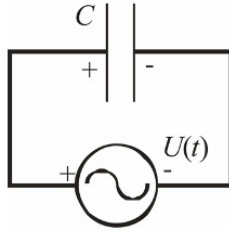
- Lei de Kirchhoff

$$U(t) = U_c(t)$$



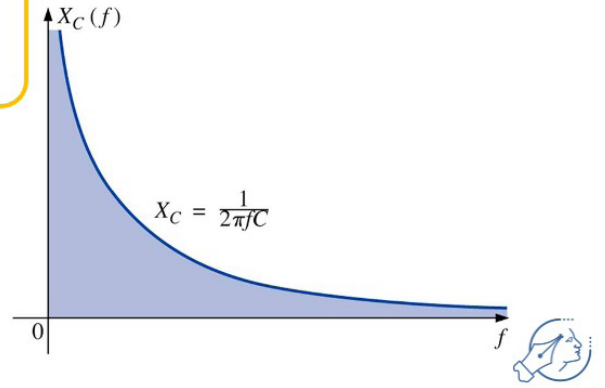
Circuito Capacitivo

• Propriedades



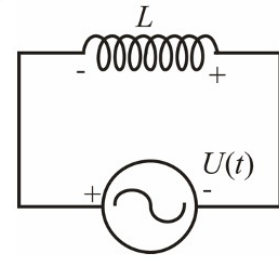
Propriedades	
Impedância	$Z = X_C$
Diferença de fase	$\varphi = \frac{\pi}{2}$
Fator de potência (do circuito)	$(FP)_{circ} = 0$
Potência média	$P_{méd} = 0$

$I(t)$ está adiantada em relação à $U(t)$



Circuito Indutivo

- Indutores armazenam energia magnética.



- Sinal

$$U(t) = U_{max} \cdot \text{sen}(\omega \cdot t + \varphi)$$

- Tensão no indutor

$$U_L = L \frac{dI}{dt}$$

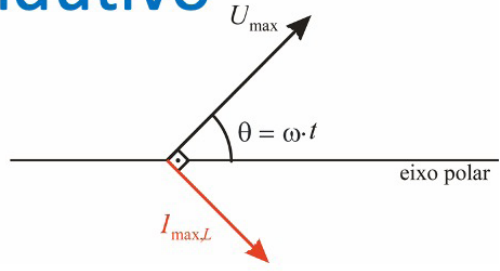
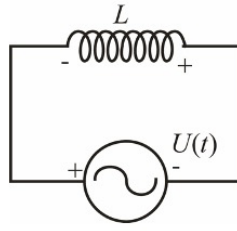
- Lei de Kirchhoff

$$U(t) = U_L(t)$$



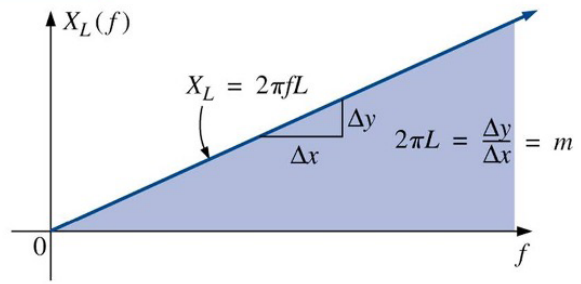
Circuito Indutivo

- Propriedades

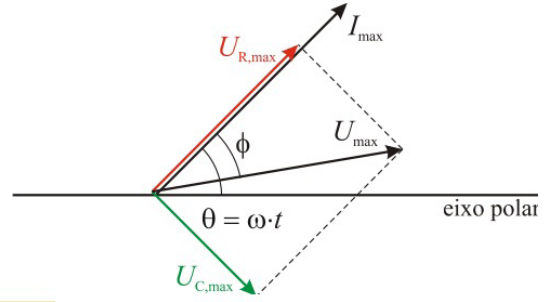
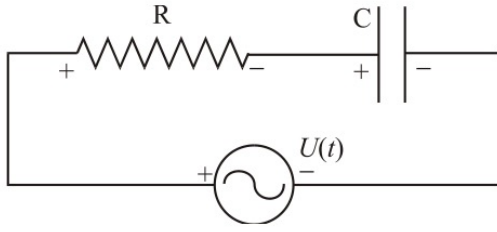


$I(t)$ está atrasada em relação à $U(t)$

Propriedades	
Impedância	$Z = X_L$
Diferença de fase	$\varphi = -\frac{\pi}{2}$
Fator de potência (do circuito)	$(FP)_{circ} = 0$
Potência média	$P_{méd} = 0$



Circuito RC

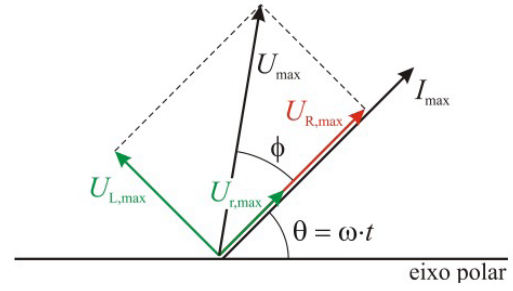
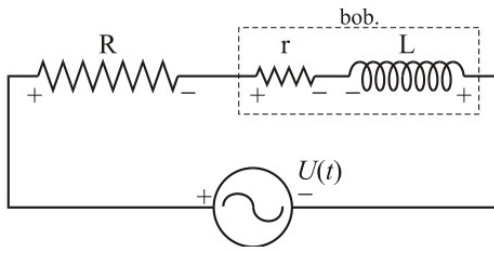


Propriedades	
Impedância	$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$
Diferença de fase	$\varphi = \tan^{-1}\left(-\frac{X_C}{R}\right)$
Fator de potência (do circuito)	$(FP)_{circ} = \frac{R}{Z} = \cos \varphi$
Potência média	$P_{méd} = \frac{U_{máx} I_{máx}}{2} \cos \varphi$

$U(t)$ está atrasada em relação à $I(t)$



Circuito RL



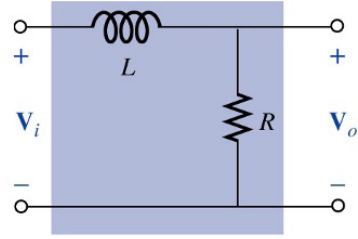
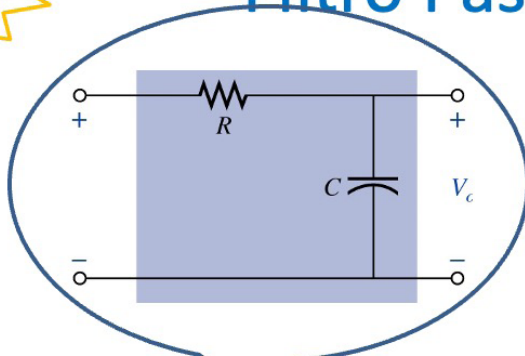
Propriedades	
Impedância	$Z = \sqrt{(R + r)^2 + X_L^2}$
Diferença de fase	$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R + r}\right)$
Fator de potência (do circuito)	$(FP)_{circ} = \frac{R + r}{Z} = \cos \varphi$
Potência média	$P_{méd} = \frac{U_{máx} I_{máx}}{2} \cos \varphi$

$U(t)$ está adiantada em relação à $I(t)$

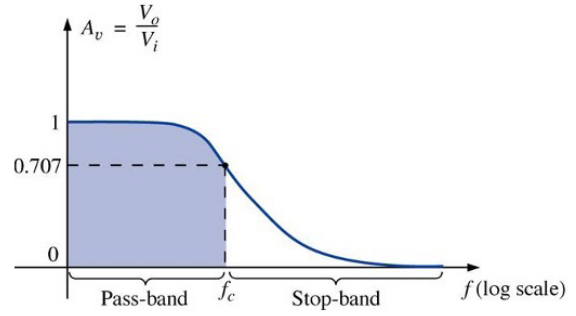


OPCIONAL

Filtro Passa Baixa

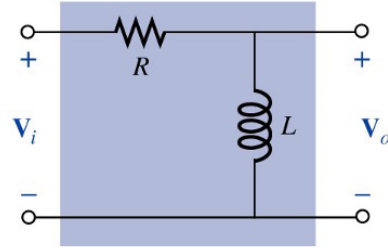
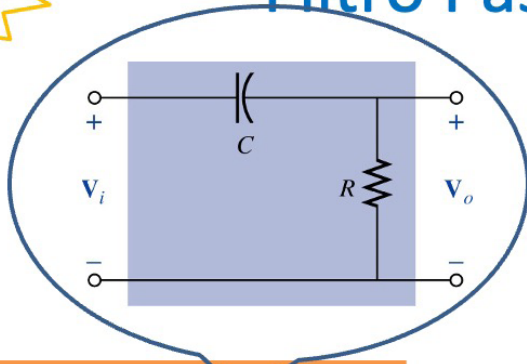


Propriedades	
Fração tensão de saída	$\frac{V_0}{V_i} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{R}{X_C}\right)^2}}$
Diferença de fase	$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{R}{X_C}\right)$
Frequência de corte	$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$

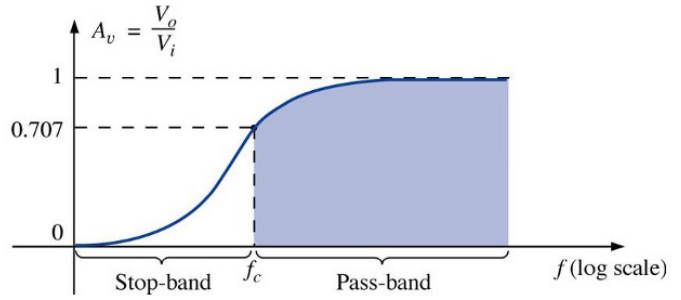


OPCIONAL

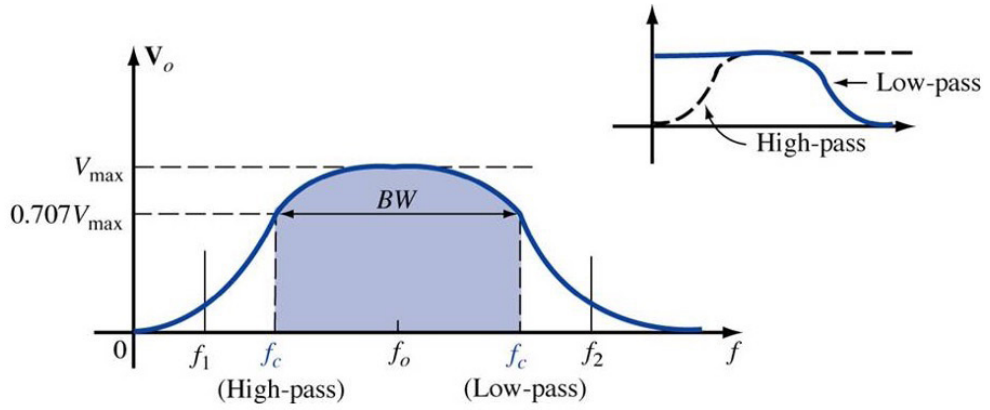
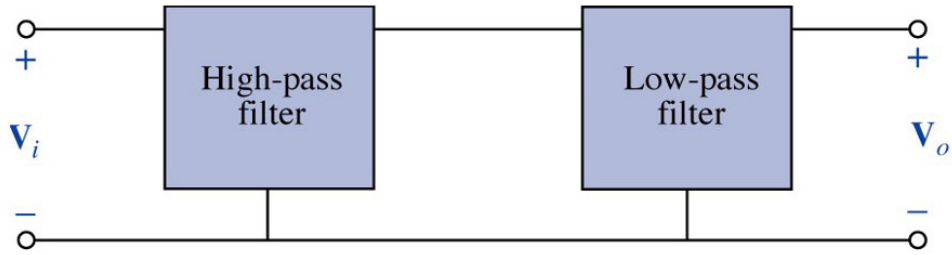
Filtro Passa Alta



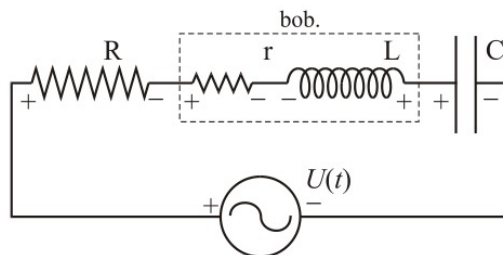
Propriedades	
Fração tensão de saída	$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{X_C}{R}\right)^2}}$
Diferença de fase	$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{X_C}{R}\right)$
Frequência de corte	$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$



Filtro Banda de Atenuação



Circuito RLC-série



- Sinal

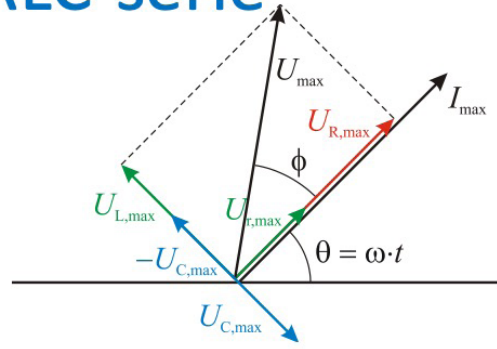
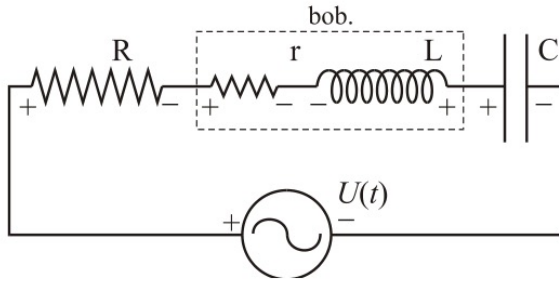
$$U(t) = U_{max} \cdot \text{sen}(\omega \cdot t + \varphi)$$

- Lei de Kirchhoff

$$U(t) = U_R(t) + U_{bob}(t) + U_C(t)$$



Circuito RLC-série



Propriedades

Impedância $Z = \sqrt{(R + r)^2 + (X_L - X_C)^2}$

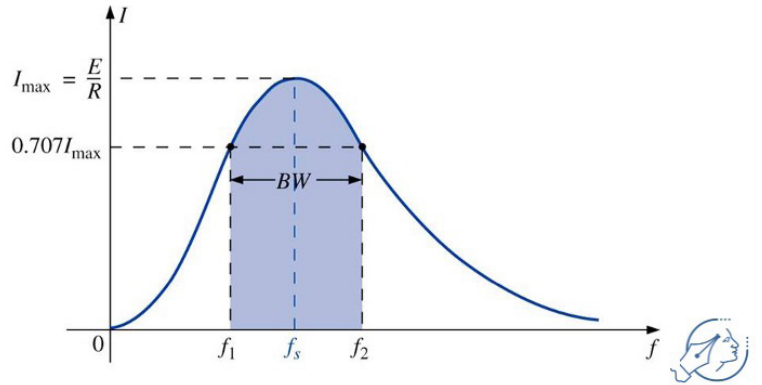
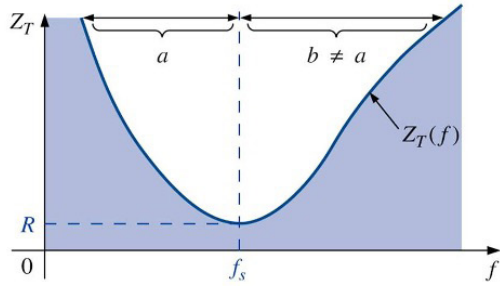
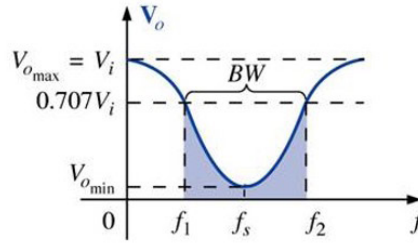
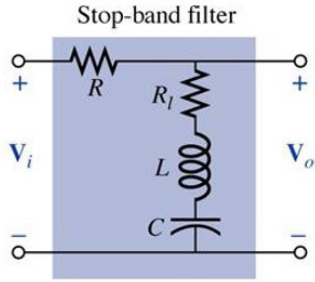
Diferença de fase $\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{X_L - X_C}{R + r} \right)$

Fator de potência (do circuito) $(FP)_{circ} = \frac{R + r}{Z} = \cos \varphi$

Potência média $P_{méd} = \frac{U_{máx} I_{máx}}{2} \cos \varphi$



Circuito RLC-série



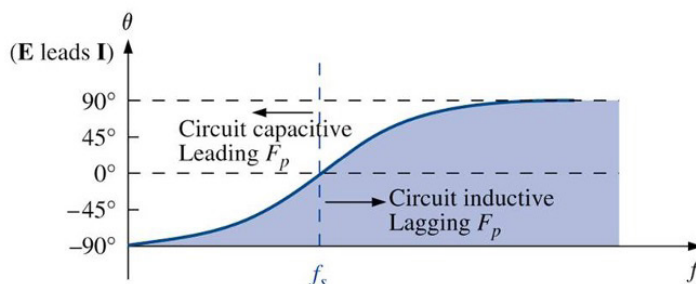
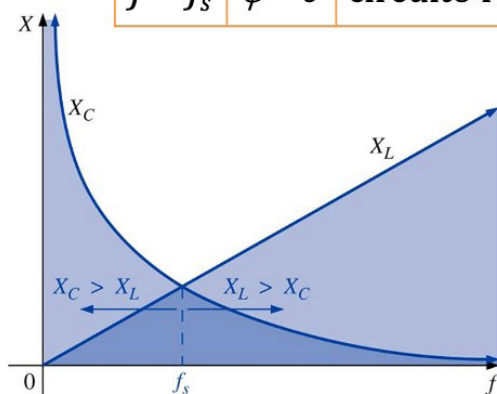
Ref.: 221222

24 de 31



Propriedades RLC-série

$f < f_s$	$\varphi < 0$	circuito capacitivo	U atrasado em relação a I
$f > f_s$	$\varphi > 0$	circuito indutivo	U adiantado em relação a I
$f = f_s$	$\varphi = 0$	circuito resistivo	U e I estão em fase

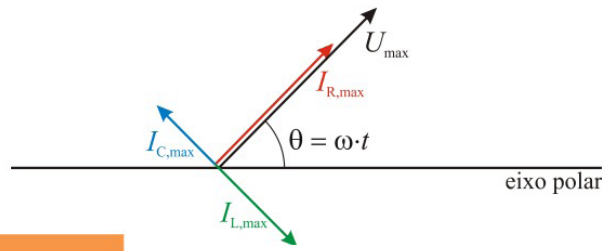
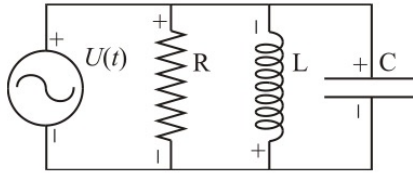


Ref.: 221222

25 de 31



Circuito RLC-paralelo (ideal)



Propriedades	
Impedância	$Z = \left[\left(\frac{1}{R} \right)^2 + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}}$
Diferença de fase	$\varphi = \tan^{-1} \left[R \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C} \right) \right]$
Fator de potência (do circuito)	$(FP)_{circ} = \frac{Z}{R} = \cos \varphi$
Potência média	$P_{méd} = \frac{U_{máx} I_{máx}}{2} \cos \varphi$

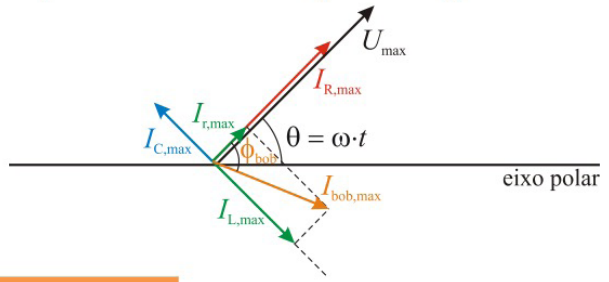
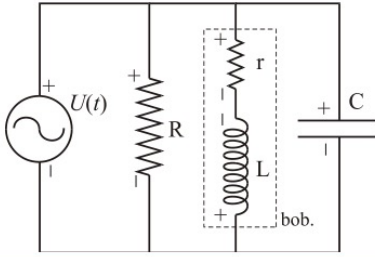


Ref.: 221222

26 de 31



Circuito RLC-paralelo (real)



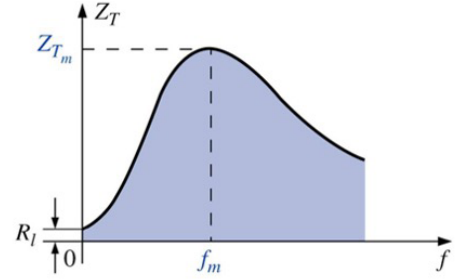
Propriedades

Impedância $Z = \left[\left(\frac{1}{R} + \frac{r}{r^2 + X_L^2} \right)^2 + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{X_L}{r^2 + X_L^2} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}}$

Diferença de fase $\varphi = \tan^{-1} \left[\frac{R}{X_C} \left(\frac{r^2 + X_L(X_L - X_C)}{X_L^2 + r(R+r)} \right) \right]$

Fator de potência (do circuito) $(FP)_{circ} = Z \left(\frac{1}{R} + \frac{r}{r^2 + X_L^2} \right) = \cos \varphi$

Potência média $P_{méd} = \frac{U_{máx} I_{máx}}{2} \cos \varphi$



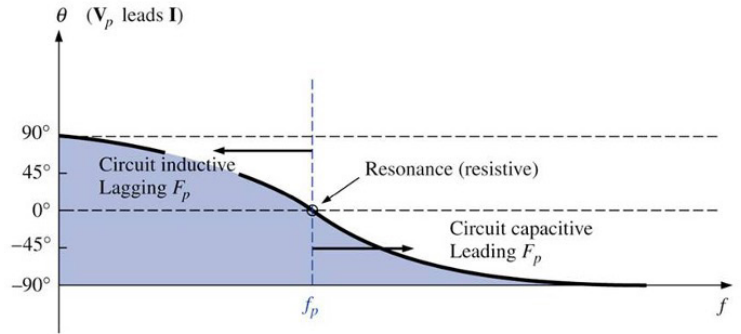
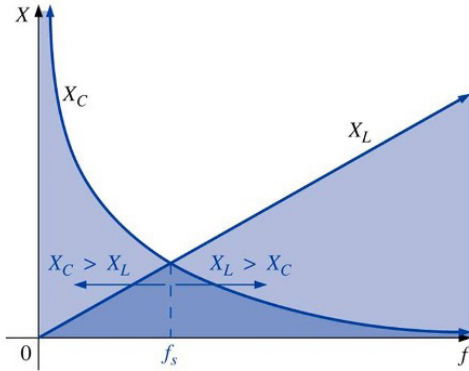
Ref.: 221222

27 de 31



Propriedades RLC-paralelo

$f < f_s$	$\varphi > 0$	circuito capacitivo	I adiantado em relação a U
$f > f_s$	$\varphi < 0$	circuito indutivo	I atrasado em relação a U
$f = f_s$	$\varphi = 0$	circuito resistivo	I e U estão em fase



Ref.: 221222

28 de 31





Receptor Elementar (AM)

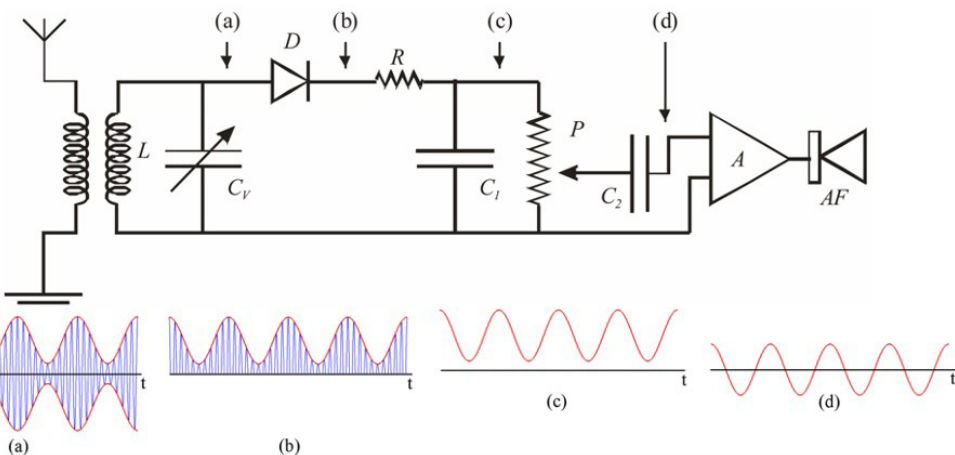
Na antena do receptor é induzida uma combinação de sinais de rádio de todas as emissoras (ondas eletromagnéticas sobrepostas).

- Em um “circuito tanque” (LC em paralelo), o capacitor variável (CV) permite sintonizar o sinal desejado, através do fenômeno da ressonância.





Receptor Elementar (AM)



<p>A "portadora" (em azul) é modificada pelo sinal de áudio, apresentando as bandas laterais superior e inferior (em vermelho)</p>	<p>A tensão sintonizada passa por um diodo detector (D) que "demodula" (retifica) o sinal, conduzindo apenas uma das bandas laterais</p>	<p>Após o filtro passa baixa (RC_1), continua no circuito apenas o sinal da banda superior (sinal de áudio)</p>	<p>O capacitor C_2 deixa passar apenas o sinal de áudio que é amplificado em A e encaminhado ao auto-falante AF</p>
--	---	--	--





Referências

- Boylested, R. L. Introdução à análise de circuitos. 10^a ed. São Paulo: Pearson, 2007.
- Tipler, P. A. e Mosca, G. Física para cientistas e engenheiros, Vol. 2. 5^a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- Young, H. D. e Freedman, R. A. Física III. 12^a ed. São Paulo: Pearson, 2009.
- Lauricella, A. F. et al. Complementos de Física (Laboratório). UNIP: São Paulo, 2010.
- <http://dc407.4shared.com/doc/P2sDie5a/preview.html>
- <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAA6x4AF/fasores>

