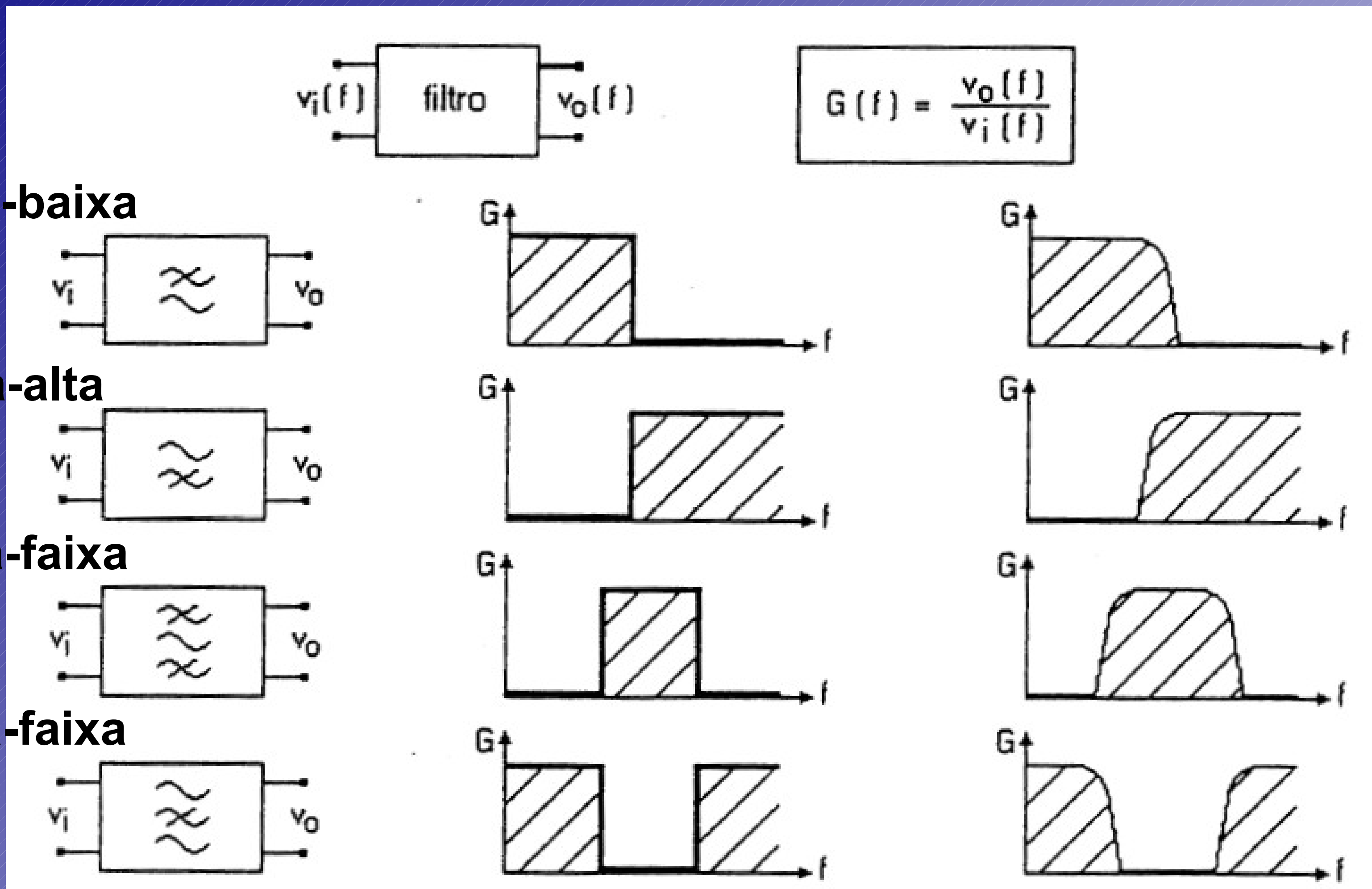
Filtros Passivos

Prof. Filippo Valiante Filho

http://prof.valiante.info

O que é e para que serve um filtro?

Tipos de Filtros:



passa-baixa

passa-alta

passa-faixa

rejeita-faixa

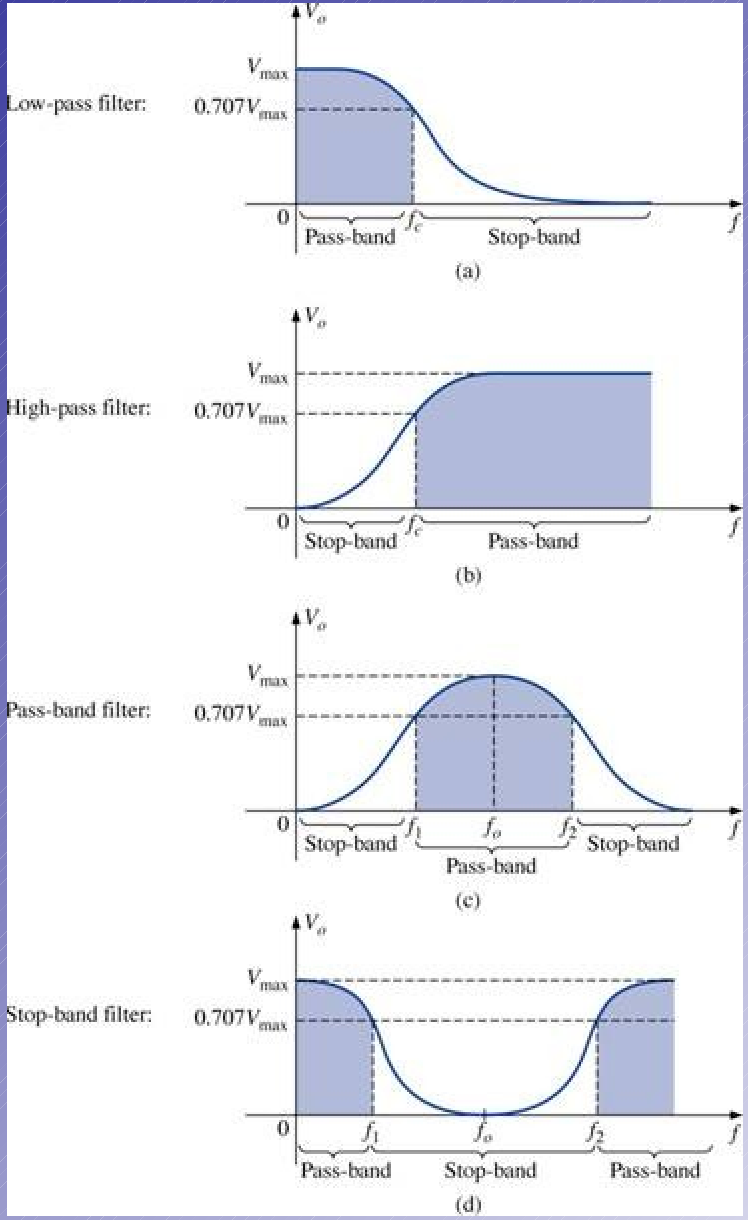
Tipos de Filtros:

passa-baixa

passa-alta

passa-faixa

rejeita-faixa



Filtro Ideal:

• Possui ganho unitário em toda a banda passante (pass-band)
• Ganho igual a zero na faixa de rejeição (stop-band)
• Não introduz perdas
• Não altera a fase do sinal

Filtro Real...

Impedâncias:

- Indutor:

$\dot{Z}_L = jX_L \Rightarrow \omega\uparrow\ X_L\uparrow$ $\qquad X_L = \omega.f.L$

- Capacitor:

$\dot{Z}_C = -jX_C \Rightarrow \omega\uparrow\ X_C\downarrow$ $\qquad X_C = 1 / \omega.f.C$

$$\omega = 2.\pi.f$$

Relações:

- Ganho de Tensão:

$$Av = Vo / Vi$$

- Ganho de Corrente:

$$Ai = Io / Ii$$

- Ganho de Potência:

$$Ap = Po / Pi = (Vo.Io)/(Vi.Ii) = Av.Ai$$

Relações em dB:

- Ganho de Tensão:

$$Gv\ (dB) = 20 \log Av = 20 \log (Vo / Vi)$$

- Ganho de Corrente:

$$Gi\ (dB) = 20 \log Ai$$

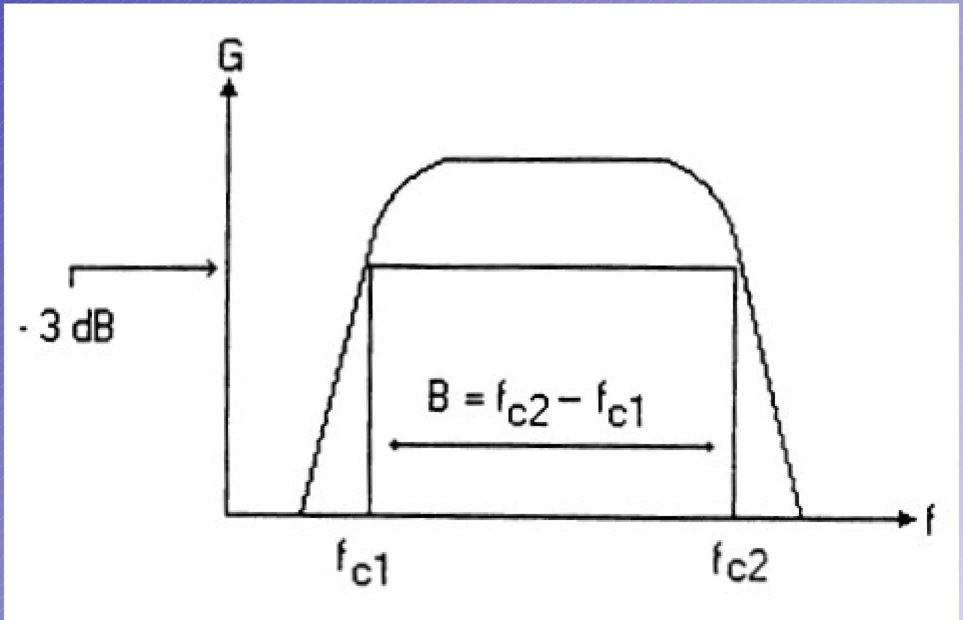
- Ganho de Potência:

$$Gp\ (dB) = 10 \log (Av.Ai)$$

Características:

- **Frequência** de Corte (f_C):

Definida para o ponto onde o ganho de potência cai pela metade, isto é cai 3 dB. Neste ponto a defasagem é de 45º e o ganho de tensão é de $1/\sqrt{2}$.

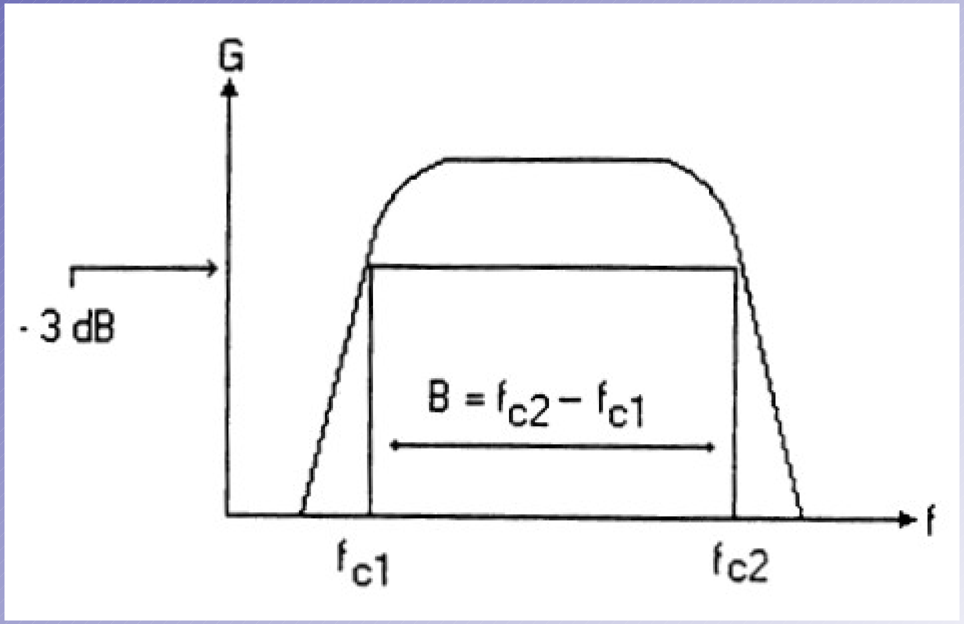


Características:

- Banda passante (B):

A banda compreendida entre as frequências de corte. Também chamada de largura de banda (B ou BW).

$B = f_{cs} - f_{ci}$



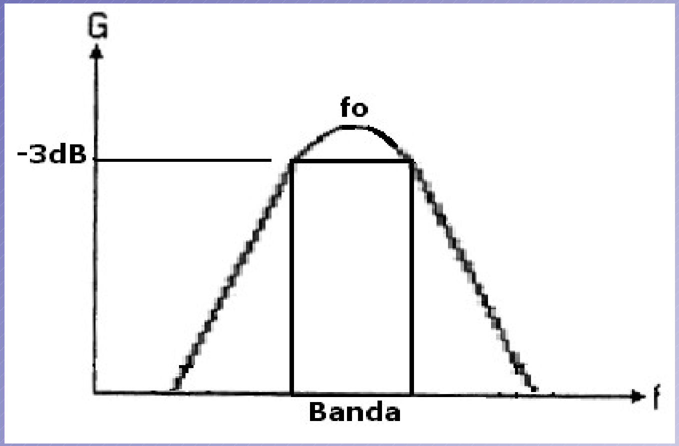
Características:

- Fator Q

Índice de Mérito, Fator de Qualidade, Fator de Seletividade

$$Q = \frac{\text{Energia armazenada pelo circuito (L e C)}}{\text{Energia dissipada pelo circuito (R)}}$$

$Q = fo / BW$ $\qquad$ $Q\uparrow \Rightarrow$ Seletividade $\uparrow$

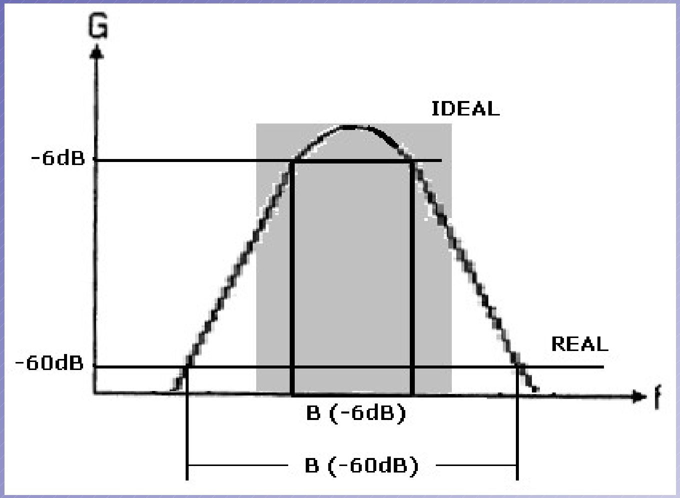


Características:

- Fator de Forma:

Relação da banda medida a -60 dB e a -6 dB.
Um filtro ideal teria fator de forma unitário

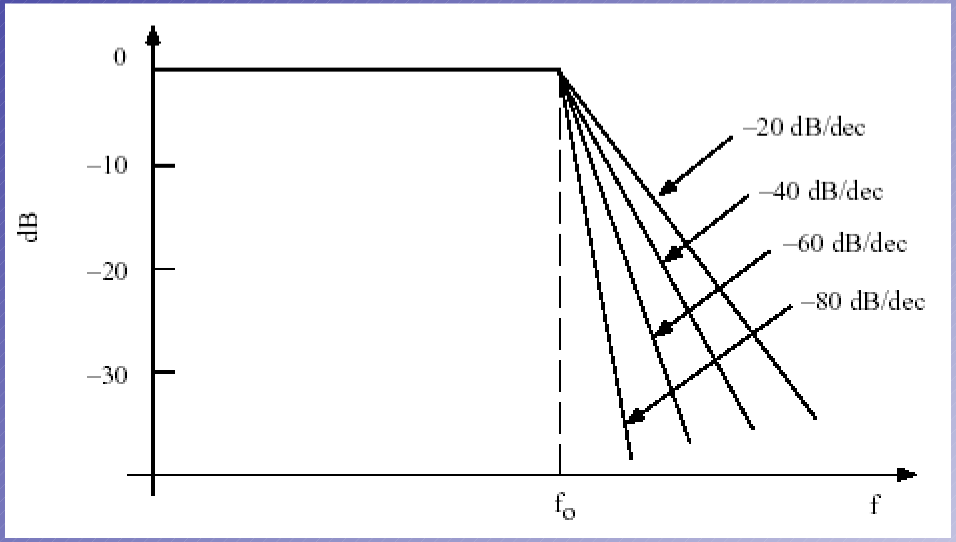
f.f. = B (-60dB) / B (-6dB)



Características:

• Atenuação:

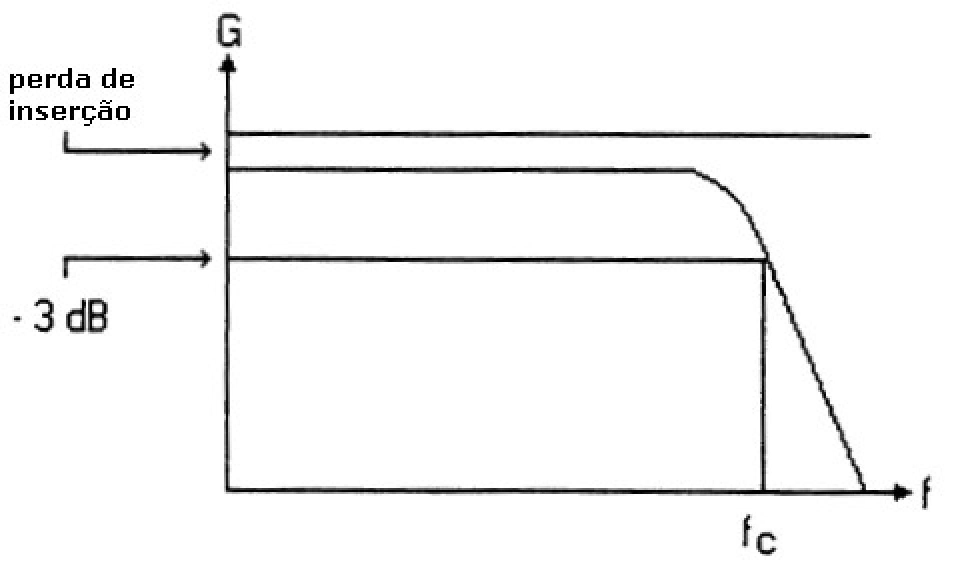
Dependente da topologia adotada ou das associações executadas.



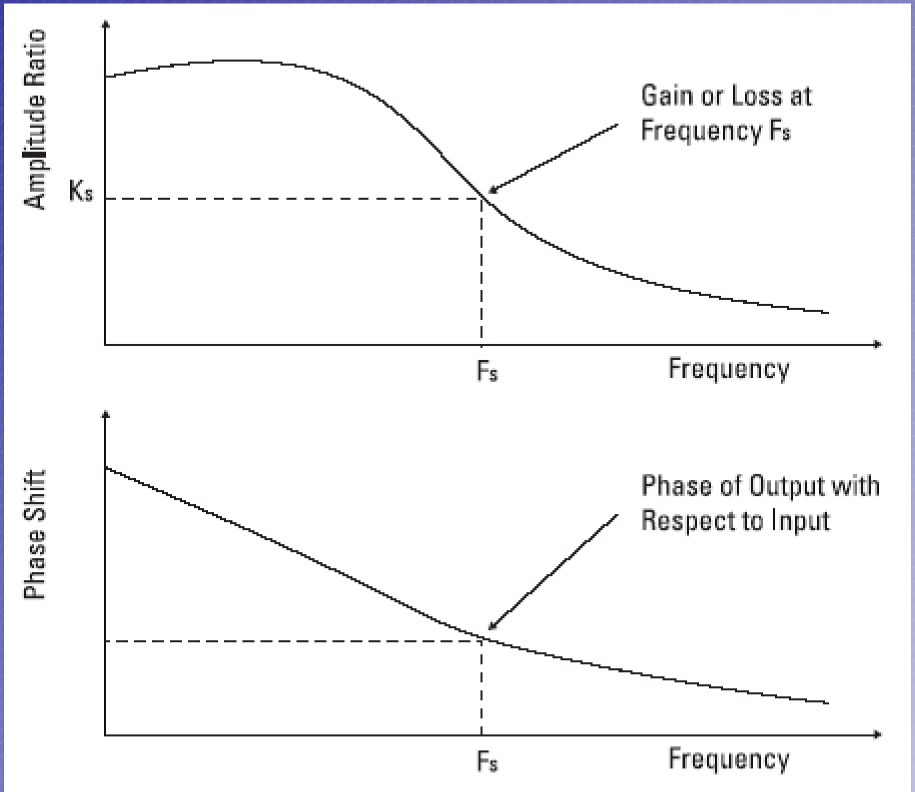
Características:

- Perda de Inserção:

  Atenuação do sinal provocada simplesmente pela utilização do filtro. É medida comparando-se a amplitude do sinal antes e após o filtro.

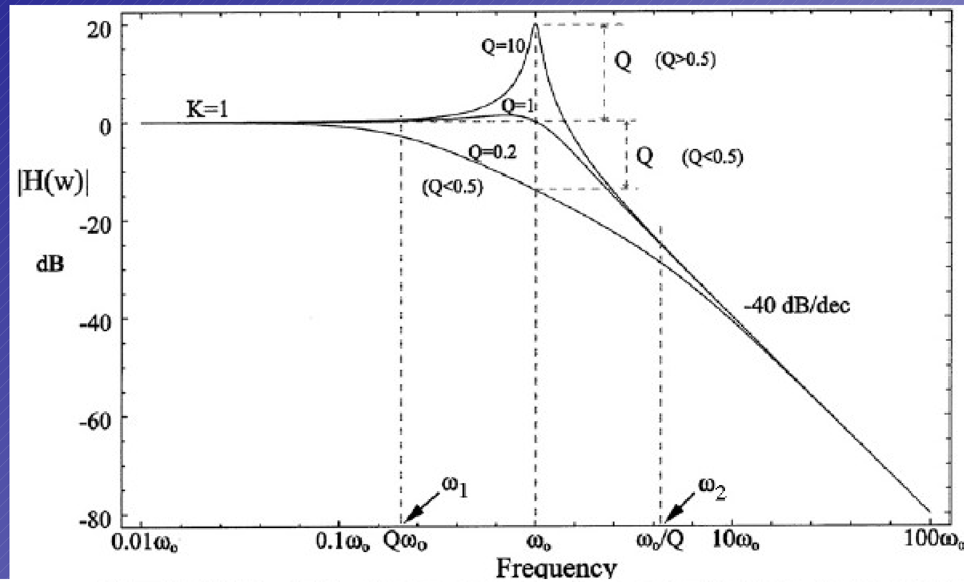


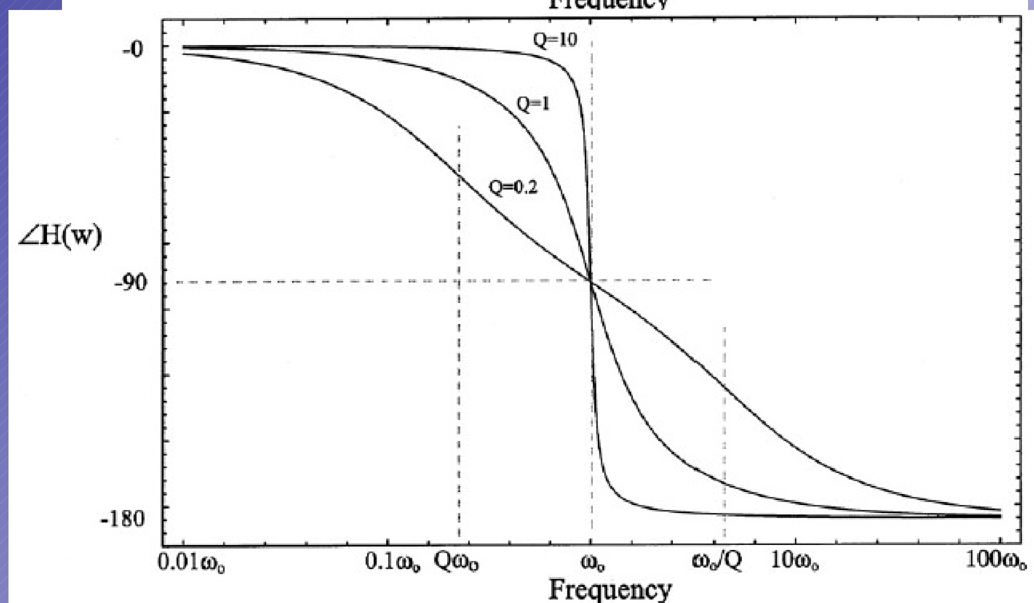
Resposta em Frequência



Resposta em Fase

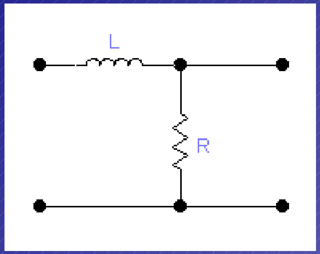
Resposta em Frequência



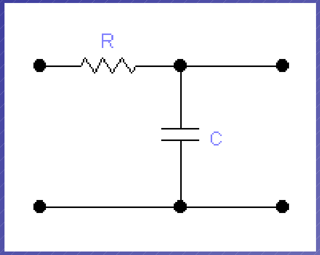


Resposta em Fase

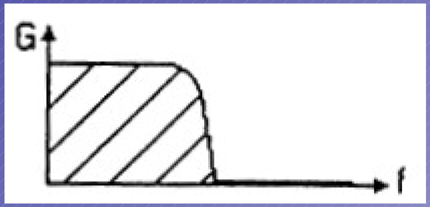
Filtro passa-baixas:

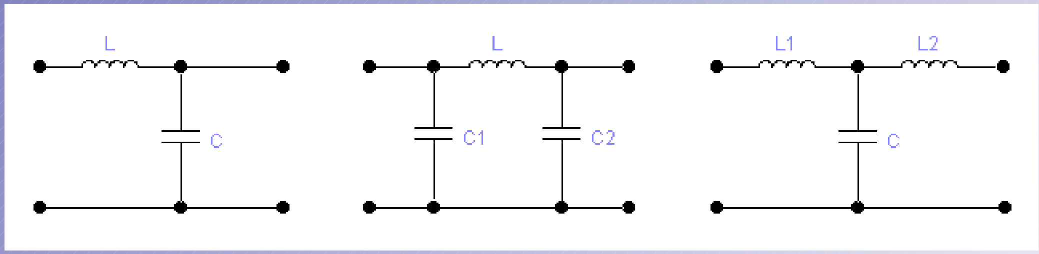


$$|Av| = \frac{1}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} \qquad \angle Av = -arctg\frac{X_L}{R} \qquad fc = \frac{R}{2\pi . L}$$



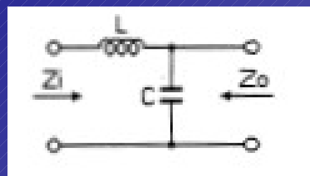
$$|Av| = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{R^2}{Xc^2}}} \qquad \angle Av = -arctg\frac{R}{Xc} \qquad fc = \frac{1}{2\pi . R . C}$$



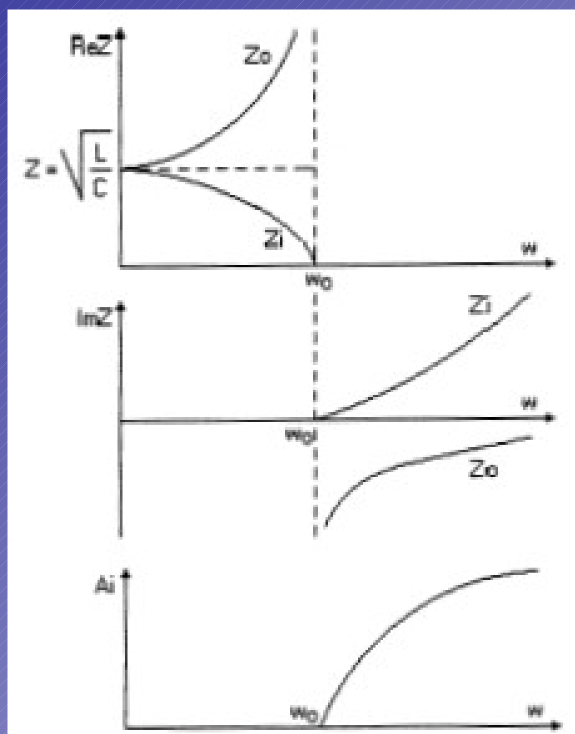


Filtro L – Filtro π – Filtro T

Filtro passa-baixas:



- Impedância de entrada
- Impedância de saída
- Constante de Atenuação



$$Zi = \sqrt{\frac{L}{C}} \cdot \sqrt{1-w^2 \cdot L \cdot C} = Z_0 \cdot \sqrt{1-w^2 \cdot L \cdot C}$$

$$Zo = \sqrt{\frac{L}{C}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1-w^2 \cdot L \cdot C}} = Z_0 \cdot \frac{1}{\sqrt{1-w^2 \cdot L \cdot C}}$$

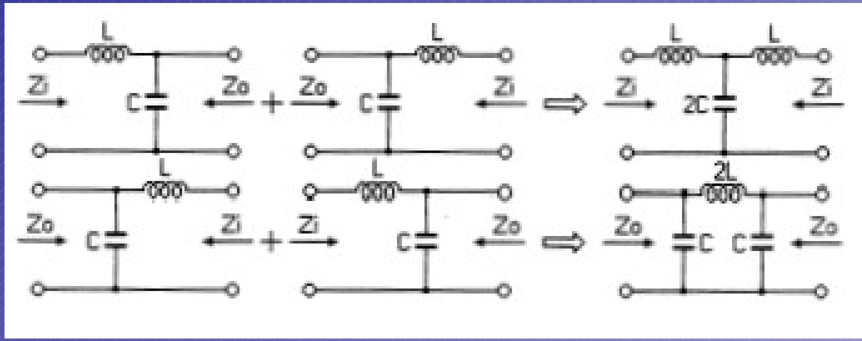
$$Ai = \ln\left|\sqrt{1-w^2 \cdot L \cdot C} + jw \cdot \sqrt{L \cdot C}\right|$$

Para: $0 \leq w \leq \frac{1}{L \cdot C}$ $(= w_c)$ $Ai = 0$

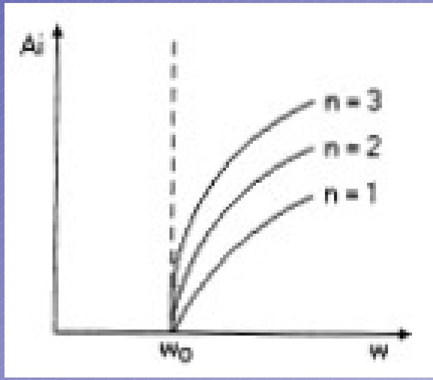
Para $w > w_c$: $Ai = \ln(w^2 \cdot L \cdot C - 1)$

$$fc = \frac{w_c}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}$$

Filtro passa-baixas:

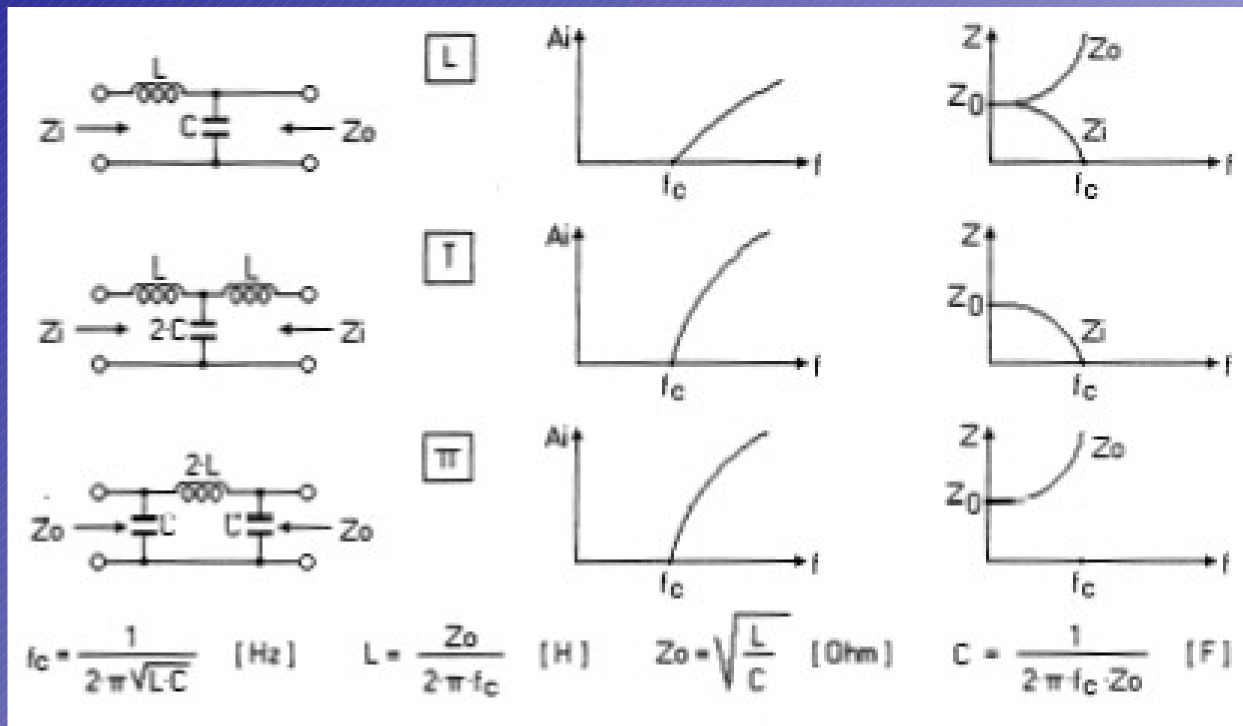


Seções em T e π

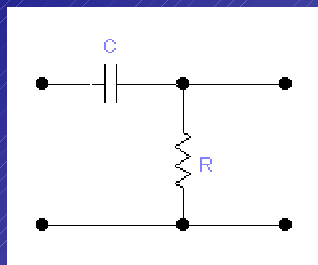


Atenuação para “n” seções cascateadas

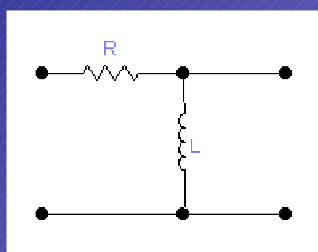
Filtro passa-baixas:



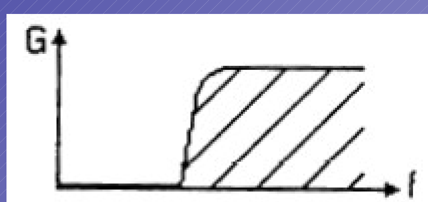
Filtro passa-altas:

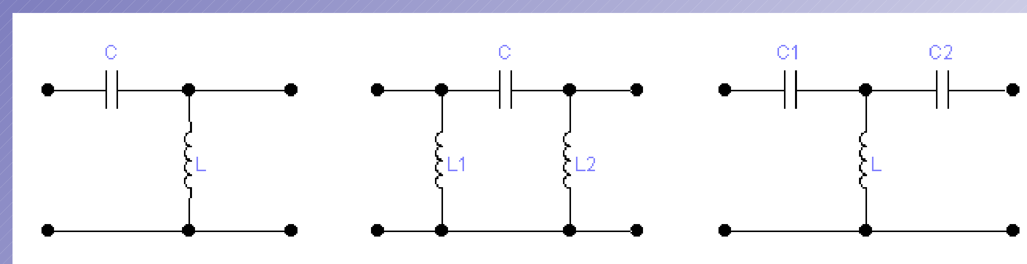


$$|Av| = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 . C^2}}} \qquad \angle Av = arctg \frac{1}{\omega . R . C} \qquad fc = \frac{1}{2\pi . R . C}$$



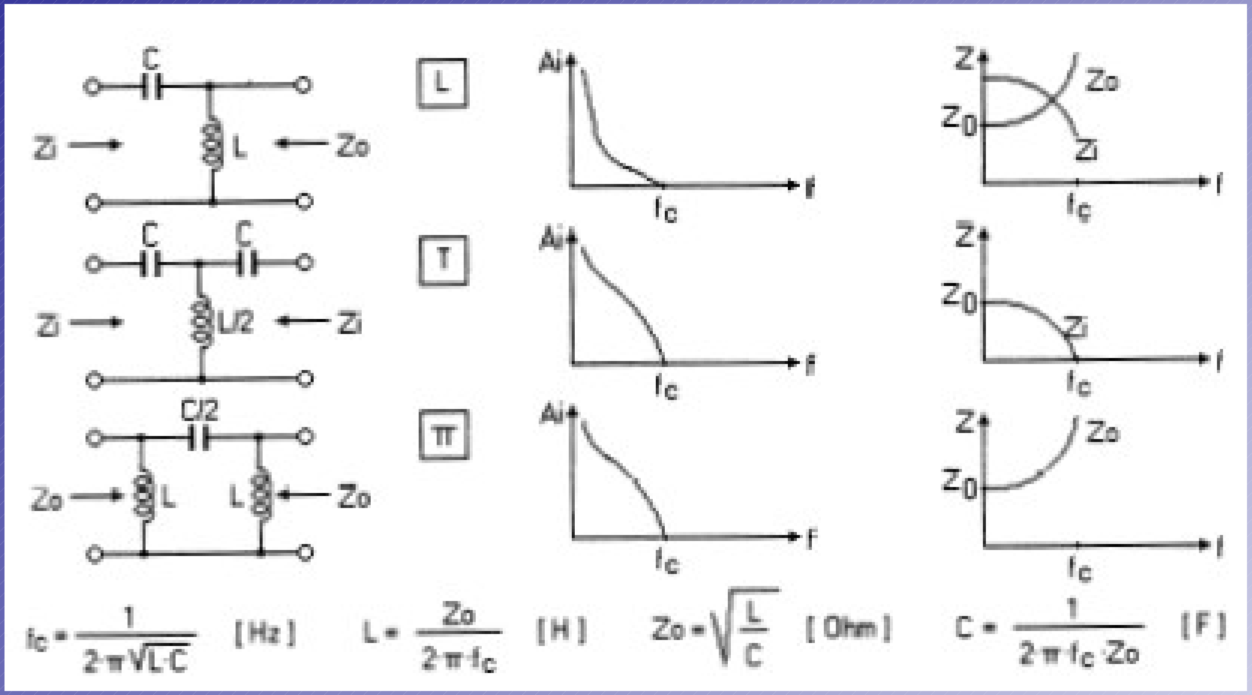
$$|Av| = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{R^2}{\omega^2 . L^2}}} \qquad \angle Av = -arctg \frac{R}{\omega . L} \qquad fc = \frac{R}{2\pi . L}$$



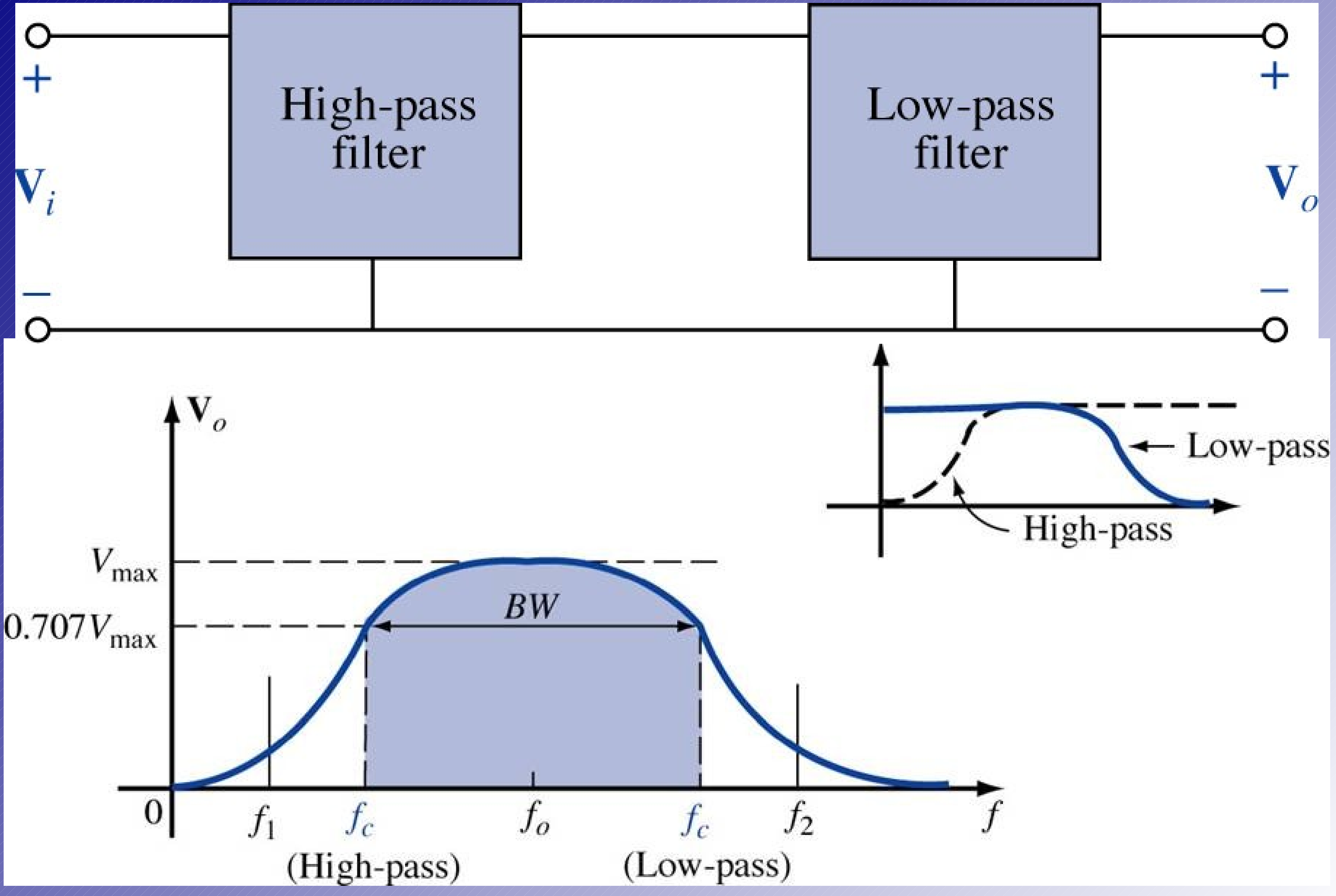


Filtro L – Filtro π – Filtro T

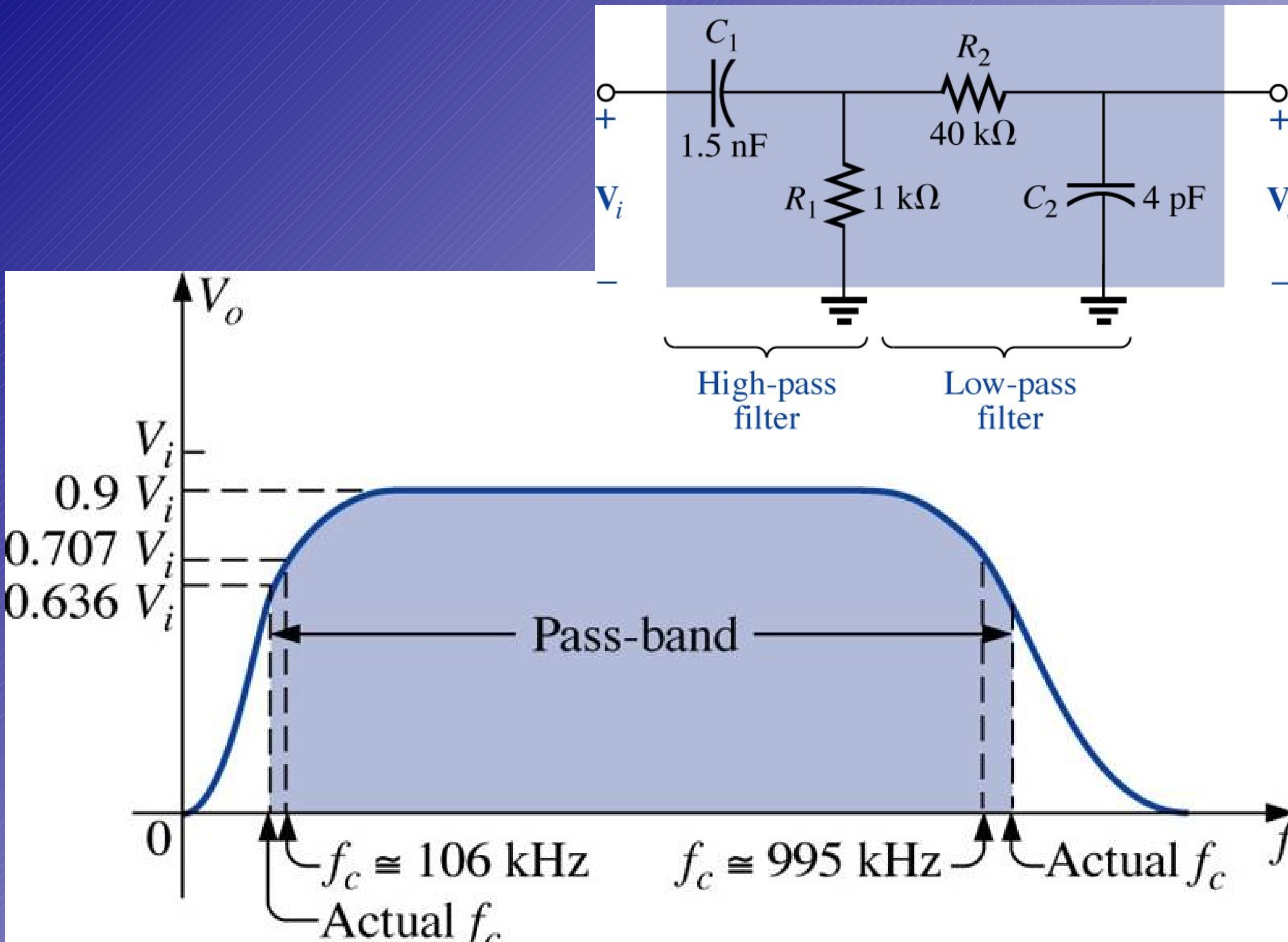
Filtro passa-altas:



Filtro passa-faixa:

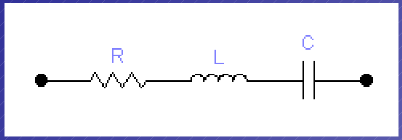


Filtro passa-faixa:



Filtro passa-faixa:

- Ressonância Série

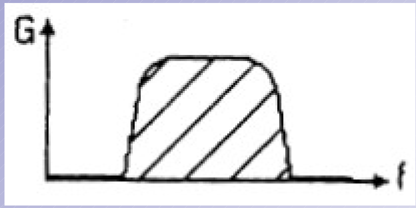


$$fr = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}}$$

f < fr ⇒ circuito capacitivo

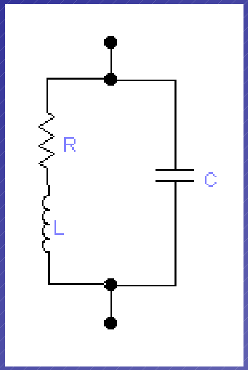
f > fr ⇒ circuito indutivo

$Qs = X_L / Rs$



Filtro passa-faixa:

- Ressonância Paralela



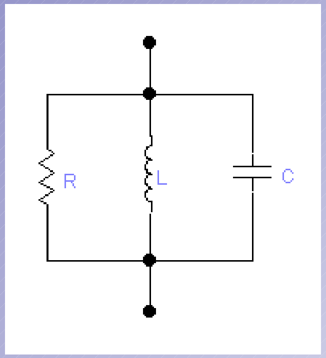
$Rp = Rs \cdot (1 + Qs^2)$

$f < fr \Rightarrow$ circuito indutivo

$f > fr \Rightarrow$ circuito capacitivo

$Qp = Rp / X_L = fr / B$

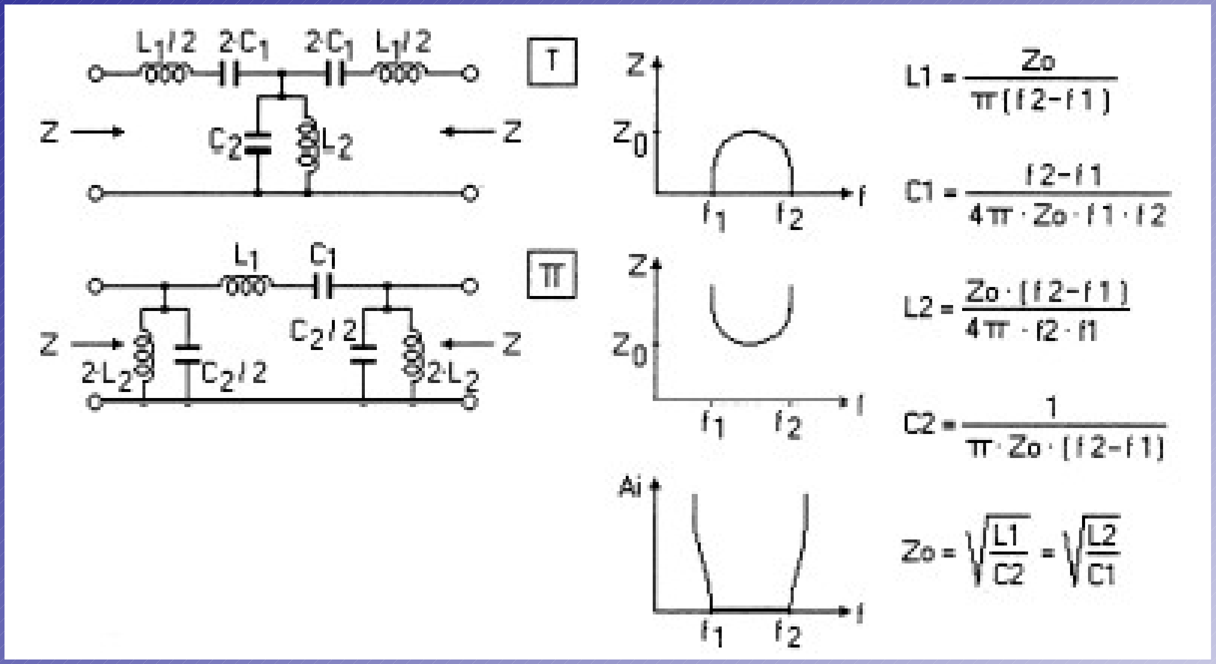
$B = 2.\Delta f = fcs - fci$



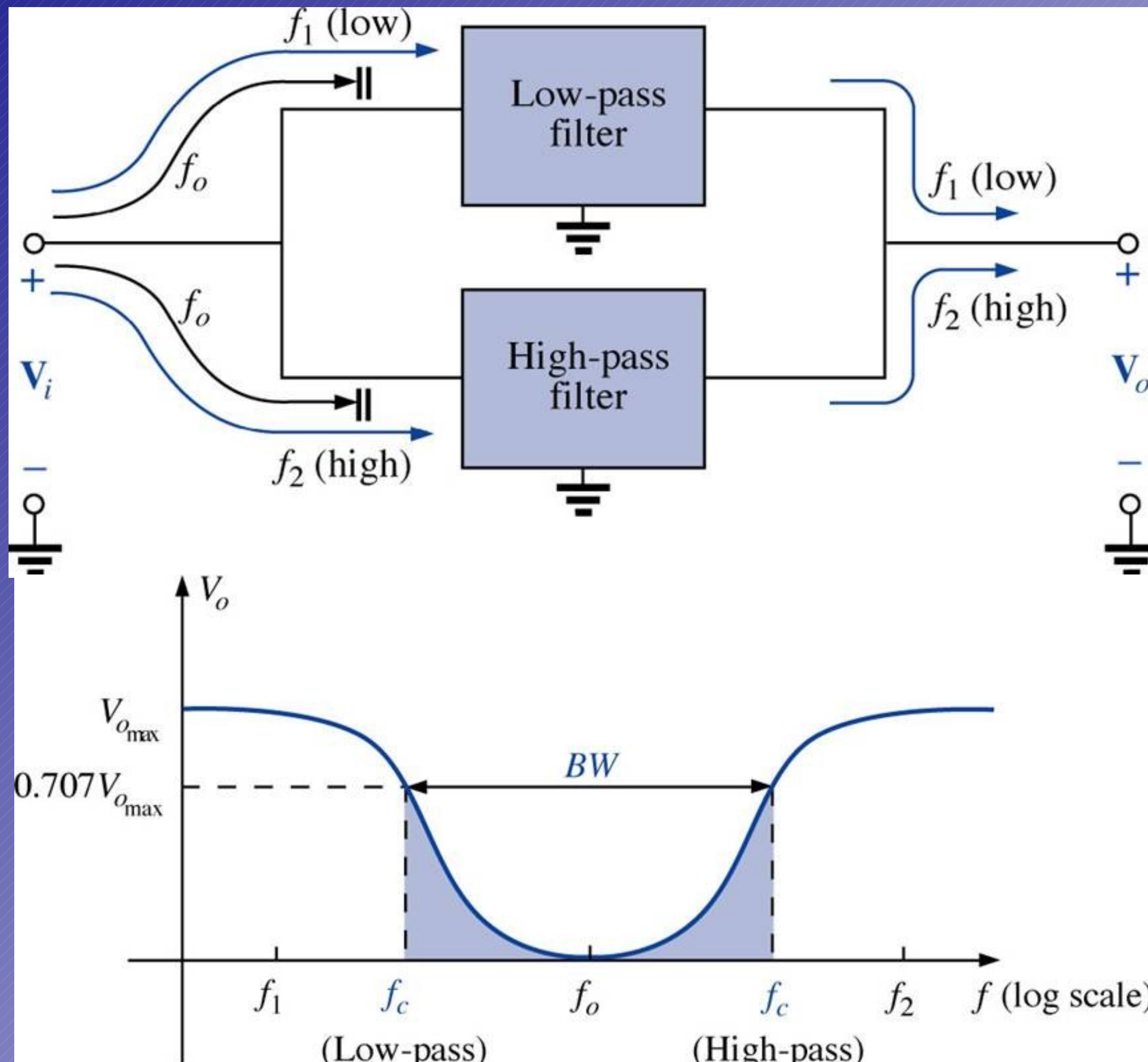
$$Z = \frac{Rp}{1 + jQp \cdot 2\frac{\Delta\omega}{\omega r}}$$

$$Av = \frac{Z}{Rp} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(Qp \cdot \frac{2\Delta f}{fr}\right)^2}}$$

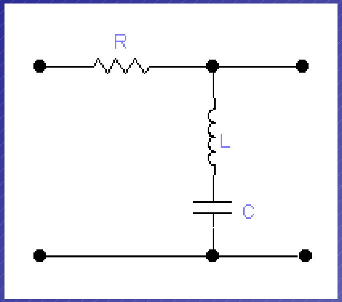
Filtro passa-faixa:



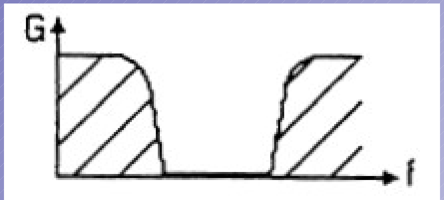
Filtro rejeita-faixa (stop-band):



Filtro rejeita-faixa:



$$fr = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}}$$

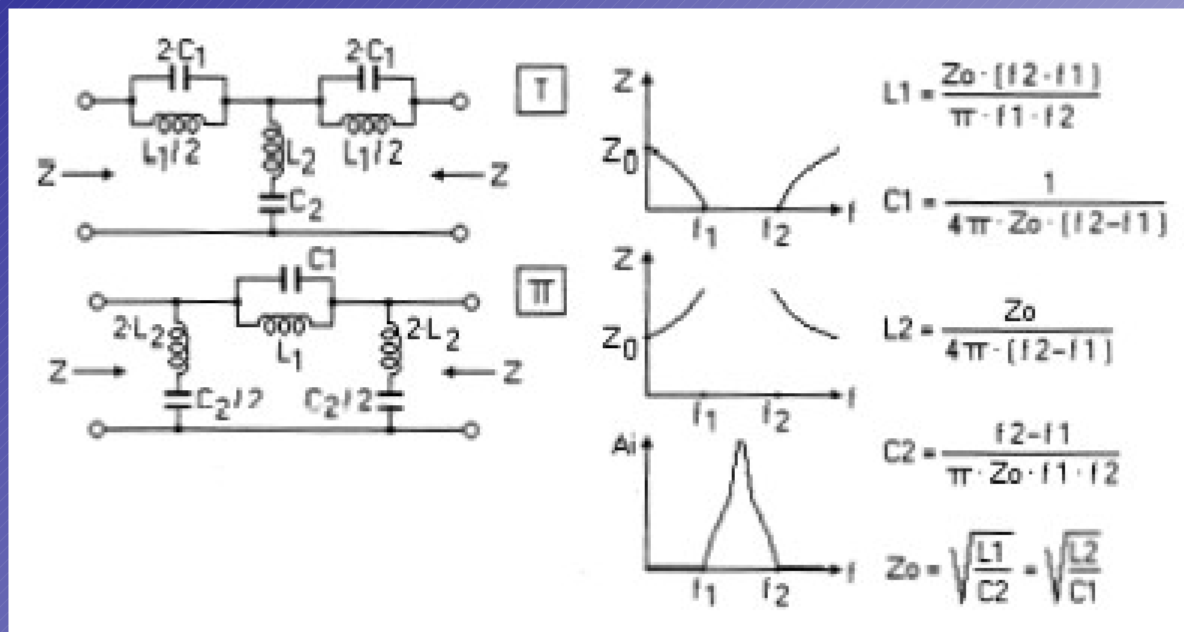


Ganho mínimo:

$$Avo = \frac{Rs}{R + Rs}$$

Qp = Rp / XL = fr / B

Filtro rejeita-faixa:



Referências:

1. Telecomunicações: transmissão e recepção AM-FM. 11ª Edição. Alcides Tadeu Gomes. Editora Érica.

2. Apostila do Módulo MCM-20. Elettronica Veneta.

3. Agilent Technologies Educator’s Corner. www.educatorscorner.com.

4. Notas de aulas de Princípios de Comunicação. Prof. Dr. Carlos Antonio França Sartori Departamento de Engenharia - PUC-SP.

5. Introdução à Análise de Circuitos. 10ª edição. Robert L. Boylestad. Pearson Education.