
Circuitos Elétricos 2

Circuitos Elétricos Aplicados

Prof. Dr.-Ing. João Paulo C. Lustosa da Costa

Universidade de Brasília (UnB)

Departamento de Engenharia Elétrica (ENE)

Laboratório de Processamento de Sinais em Arranjos

Caixa Postal 4386

CEP 70.919-970, Brasília - DF



Homepage: <http://www.pgea.unb.br/~laspl>

Gráfico de magnitude e fase (1)

Desenhe assíntotas

Componha

$$G_v(j\omega) = \frac{25(j\omega + 1)}{(j\omega)^2(0.1j\omega + 1)}$$

Cortes : 1, 10

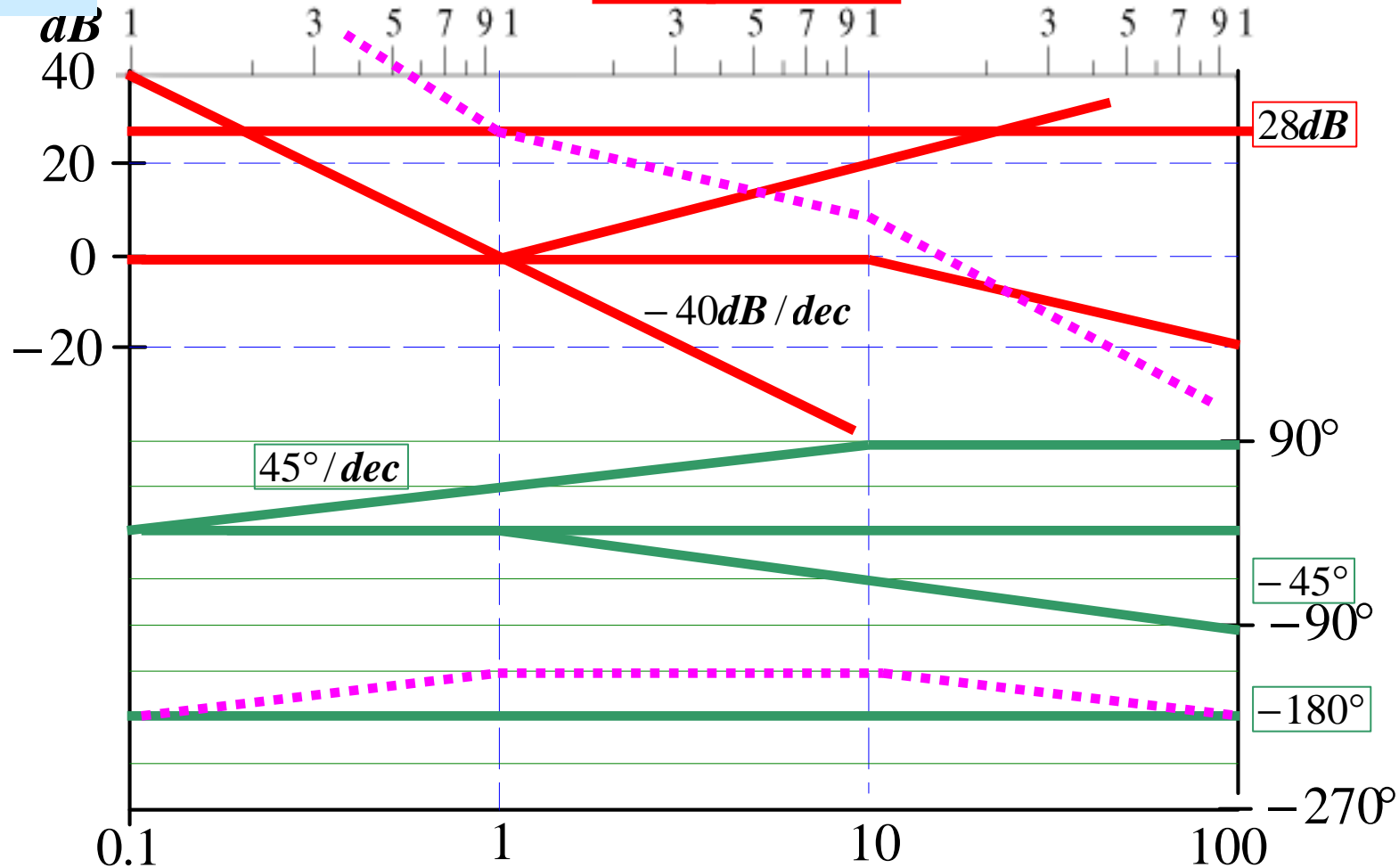
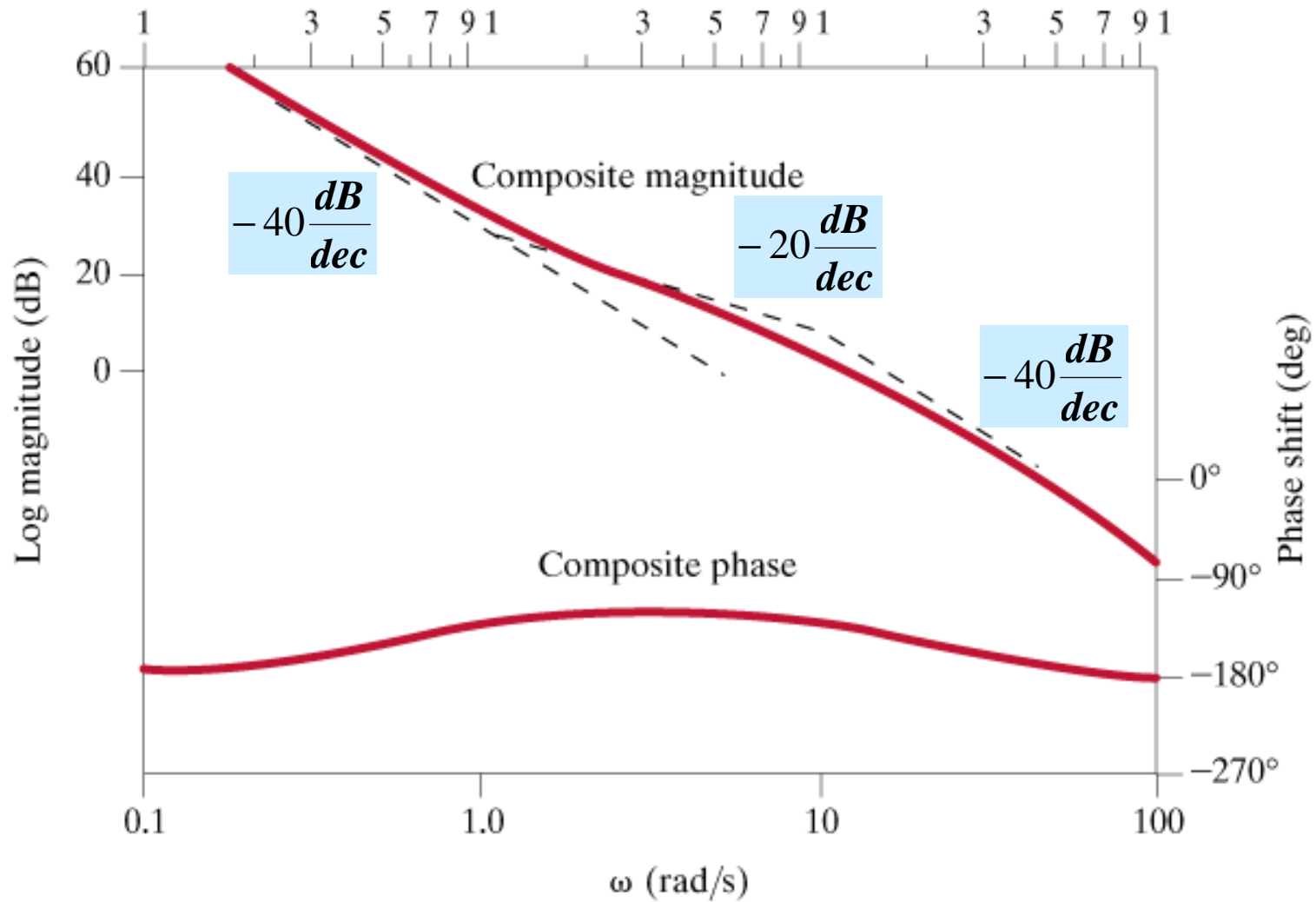


Gráfico de magnitude e fase (2)



Análise de frequência com entradas senoidais pólos e zeros quadráticos (1)

Pólo ou zero quad.

$$t_2 = [1 + 2\zeta(j\omega\tau) + (j\omega\tau)^2] = [1 + 2\zeta(j\omega\tau) - (\omega\tau)^2]$$

- Duas variáveis: ω e $\zeta \rightarrow$ fração de amortecimento
- Caso de $\zeta \geq 1$ já foi analisado, pois tem-se duas raízes reais e distintas (similar a se ter dois pólos simples ou dois zeros simples).
- Assíntotas:

$$|t_2|_{dB} = 20 \log_{10} \sqrt{(1 - (\omega\tau)^2)^2 + (2\zeta\omega\tau)^2}$$

$$\omega\tau \ll 1$$

$$|t_2|_{dB} \approx 0 \text{ Assíntota de baixa freq}$$

$$\omega\tau \gg 1$$

$$|t_2|_{dB} \approx 20 \log_{10}(\omega\tau)^2 \text{ assíntota de alta freq}$$

$$40\text{dB/dec}$$

$$\angle t_2 = \tan^{-1} \frac{2\zeta\omega\tau}{1 - (\omega\tau)^2}$$

$$\angle t_2 \approx 0^\circ$$

$$\angle t_2 \approx 180^\circ$$

- Entre assíntotas:

$$\omega\tau = 1$$

$$|t_2|_{dB} = 20 \log_{10}(2\zeta)$$

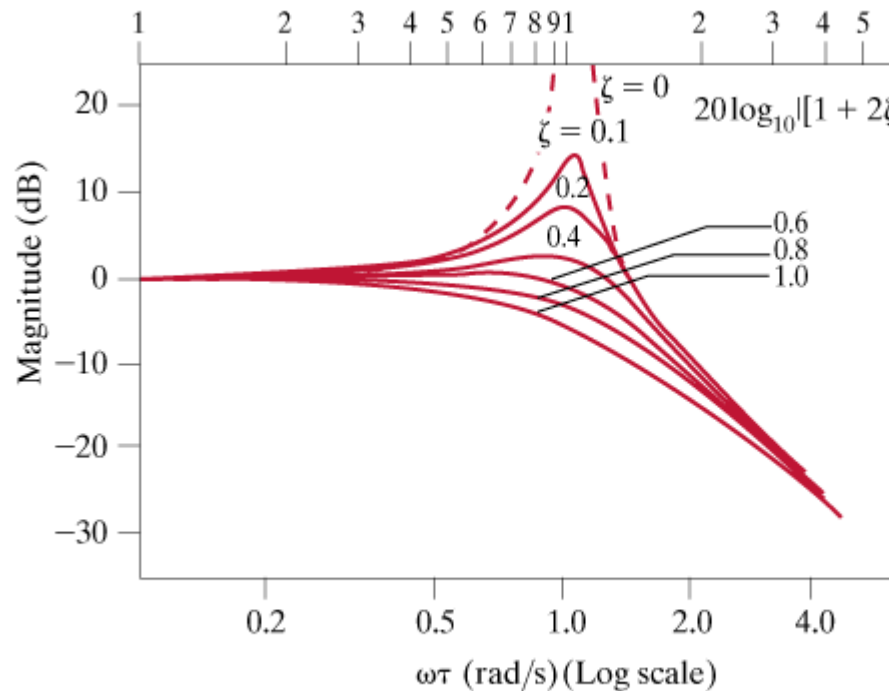
Freq de corte

$$\angle t_2 = 90^\circ$$

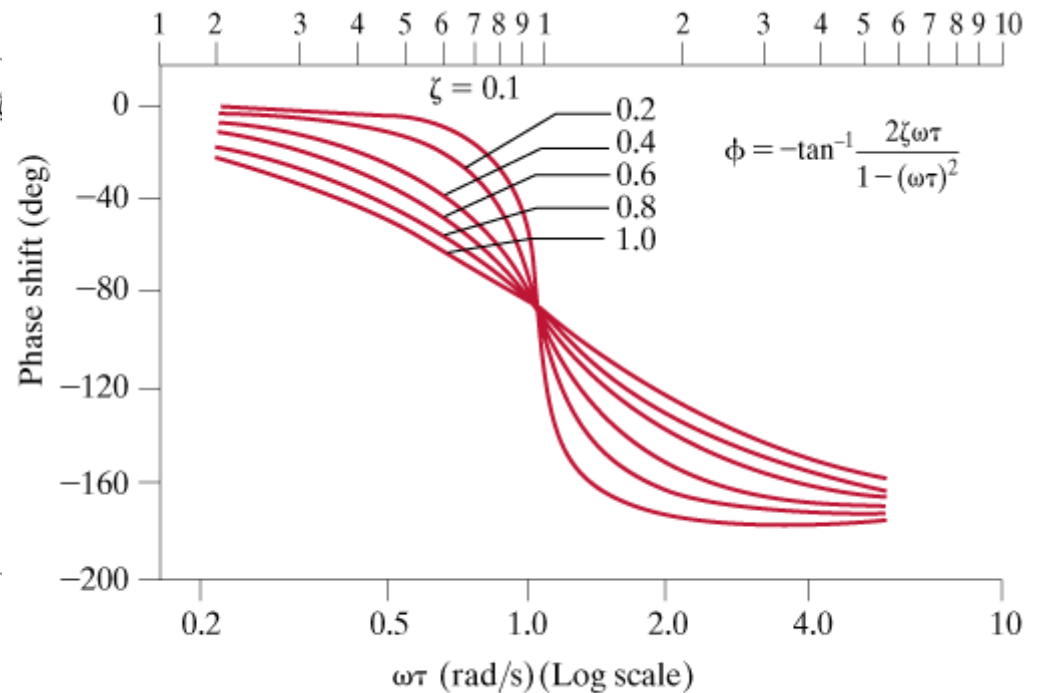


Análise de frequência com entradas senoidais pólos e zeros quadráticos (2)

Estes gráficos são invertidos p/ zeros



Magnitude p/ pólo quad



Fase p/ pólo quad



Análise de frequência com entradas senoidais pólos e zeros quadráticos (3)

□ Exemplo:

$$G(j\omega) = \frac{25j\omega}{(j\omega + 0,5)[(j\omega)^2 + 4j\omega + 100]}$$

↑ ↑
deve ser unitário

⇒ Colocando equação na forma padrão:

$$G(j\omega) = \frac{0,5j\omega}{\left(\frac{j\omega}{0,5} + 1\right) \left[\left(\frac{j\omega}{10}\right)^2 + \frac{j\omega}{25} + 1\right]}$$

⇒ Comparando com a equação
padrão dos pólos quadráticos:

$$(\omega\tau)^2 + 2\zeta j\omega\tau + 1$$

$$\tau = 0,1$$

$$2\zeta\tau = 0,04$$

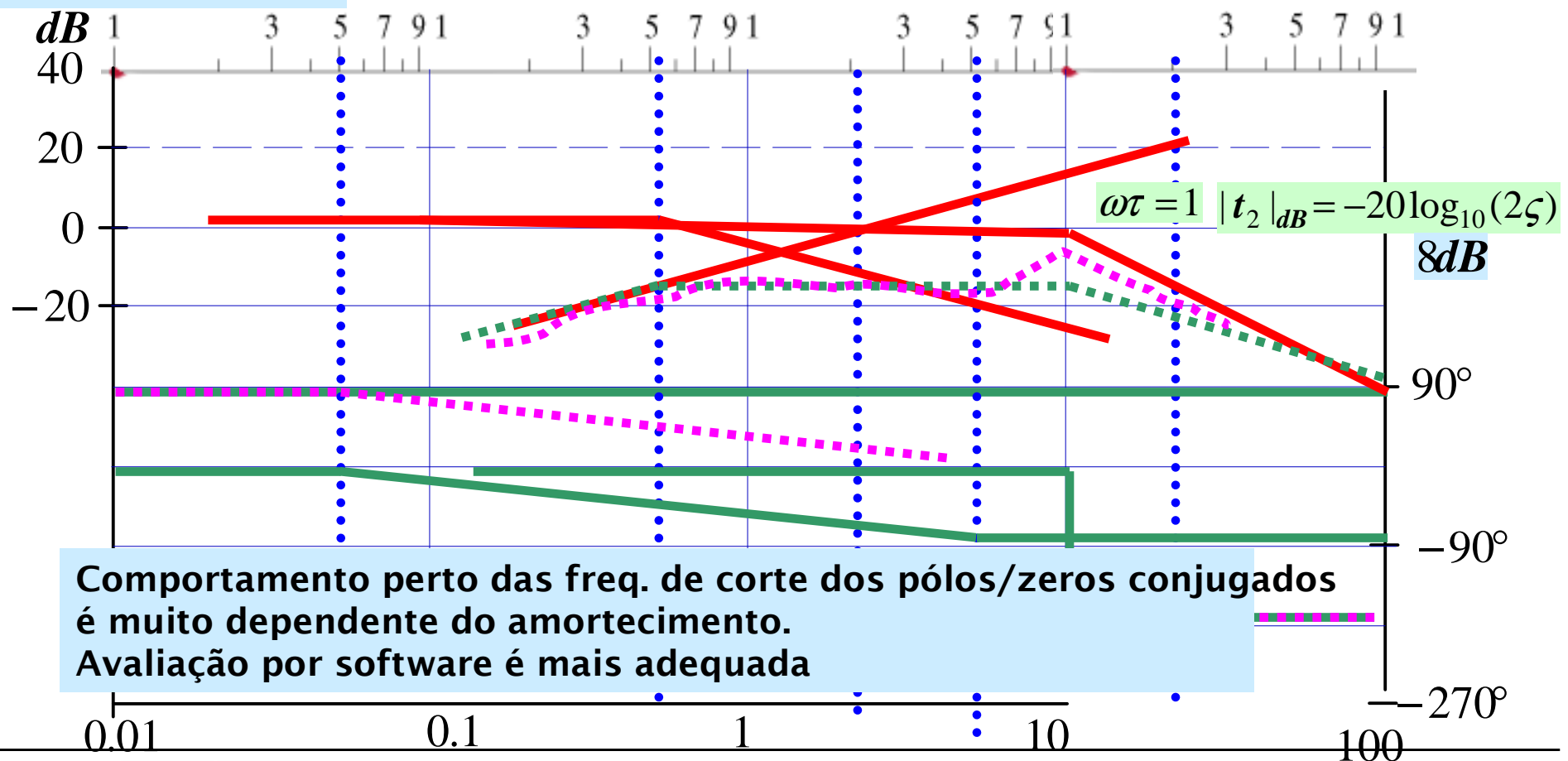
$$\zeta = 0,2$$



Análise de frequência com entradas senoidais pólos e zeros quadráticos (4)

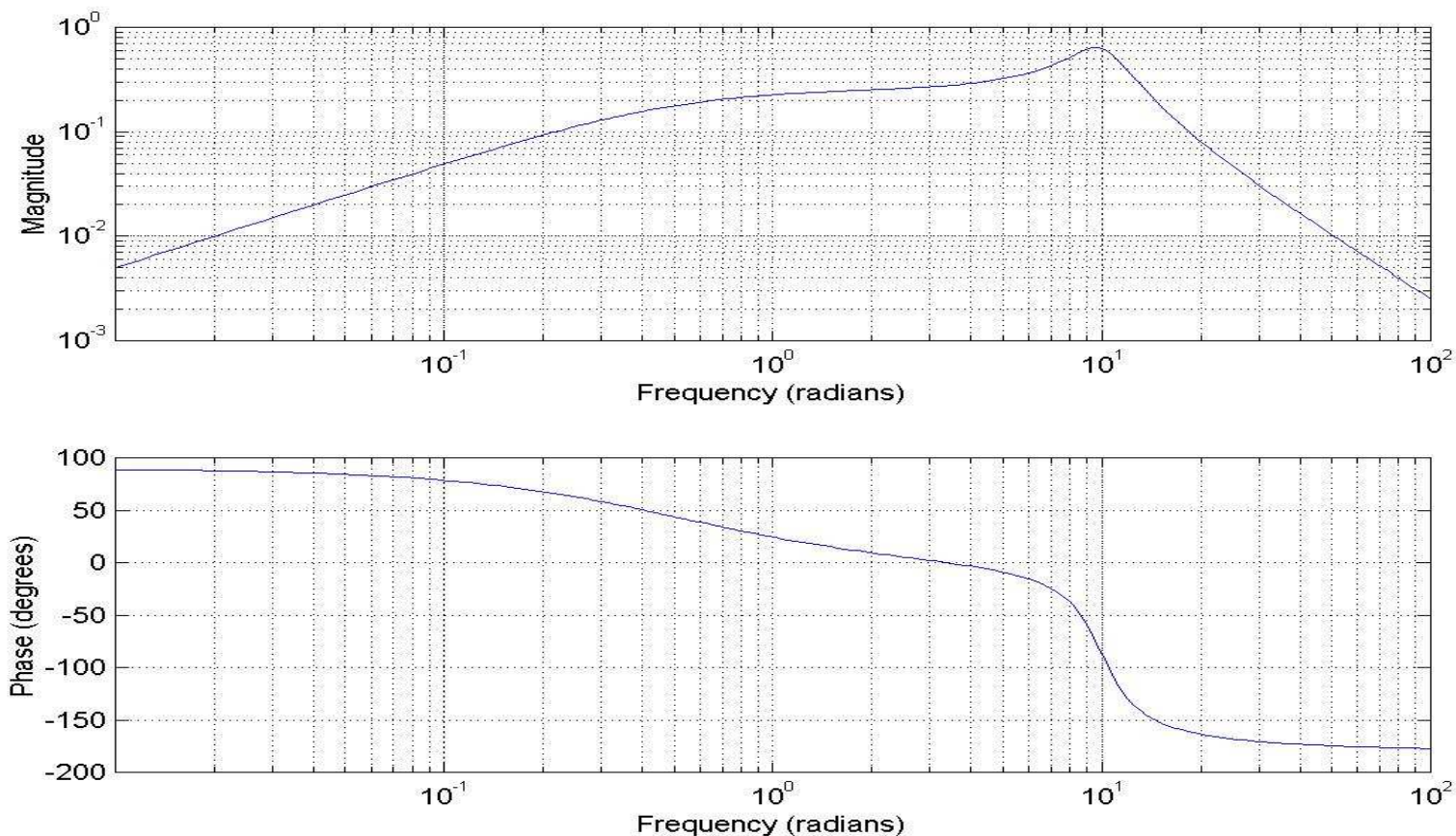
$$G(j\omega) = \frac{0.5j\omega}{(j\omega/0.5 + 1) [(j\omega/10)^2 + j\omega/25 + 1]}$$

Desenhe assíntotas



Análise de frequência com entradas senoidais pólos e zeros quadráticos (5): plotando em MATLAB

```
» num=[25,0]; %define numerador  
» den=conv([1,0.5],[1,4,100]) %use CONV para multiplicação polinomial  
» freqs(num,den)
```

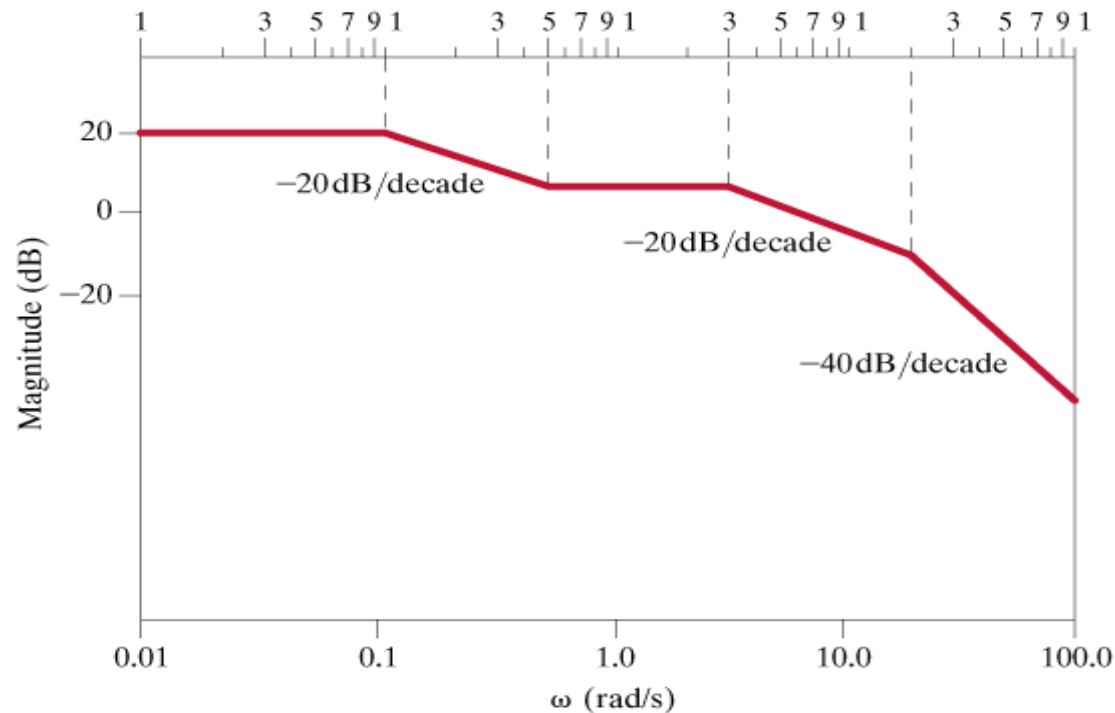


Cálculo da função de transferência via diagrama de Bode (1)

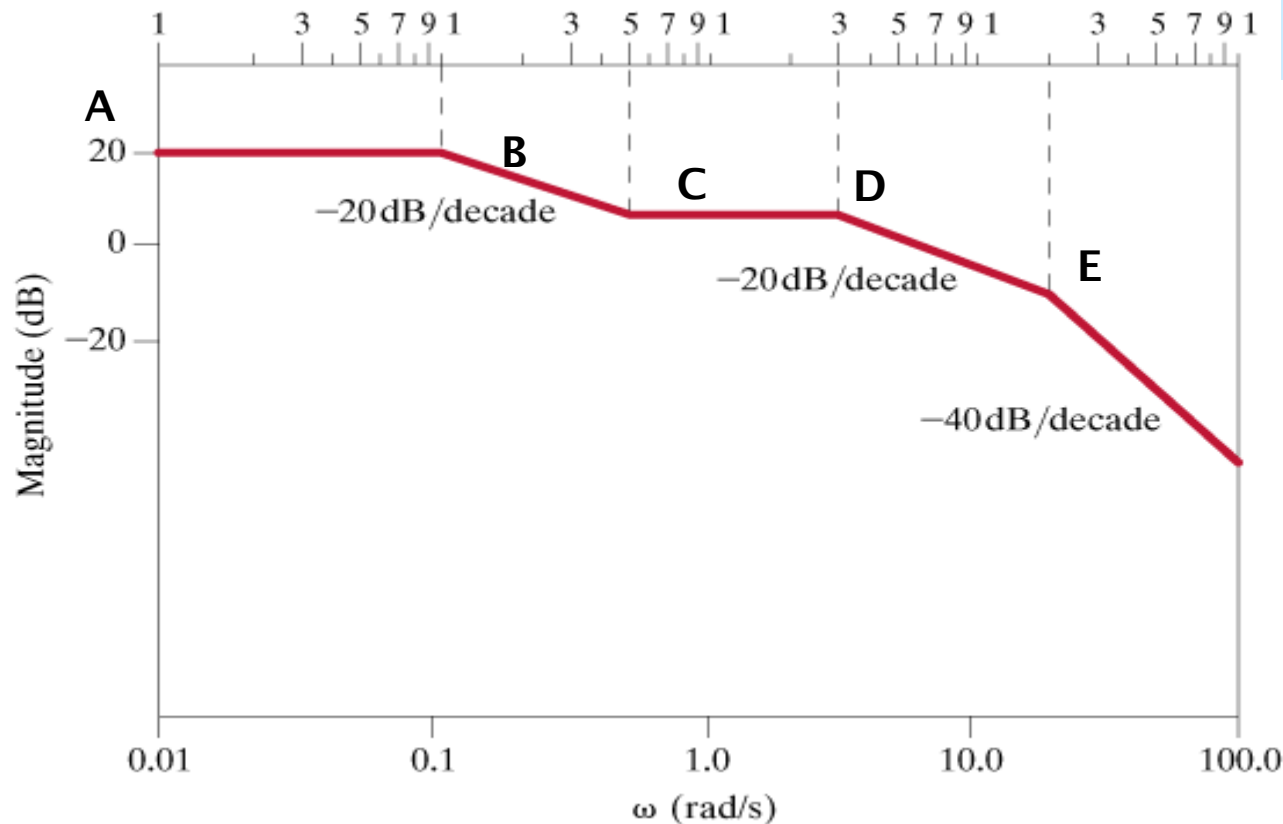
□ Problema inverso

- ⇒ Dado o diagrama de bode deseja-se a função de transferência
- ⇒ As assíntotas são usadas para encontrar a função de transferência

$$G(j\omega) = ?$$



Cálculo da função de transferência via diagrama de Bode (2)



**A. Diferente de 0dB.
Existe constante K_0**

$$K_0 |_{dB} = 20 \Rightarrow K_0 = 10$$

B. Pólo simples em 0.1

$$(j\omega/0.1 + 1)^{-1}$$

C. Zero simples em 0.5

$$(j\omega/0.5 + 1)$$

D. Pólo simples em 3

$$(j\omega/3 + 1)^{-1}$$

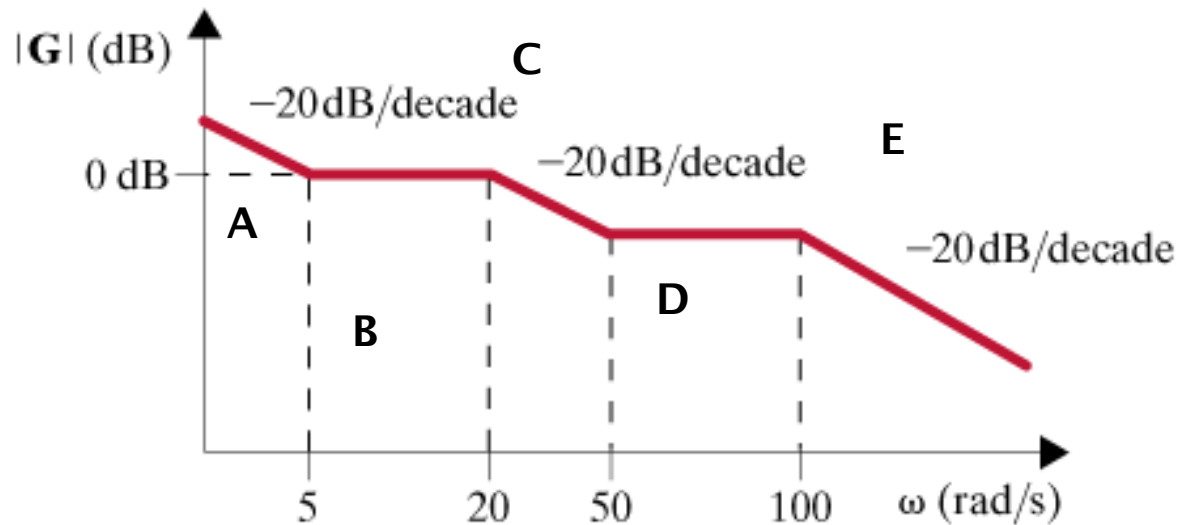
E. Pólo simples em 20

$$(j\omega/20 + 1)^{-1}$$

$$G(j\omega) = \frac{10(j\omega/0.5 + 1)}{(j\omega/0.1 + 1)(j\omega/3 + 1)(j\omega/20 + 1)}$$



Cálculo da função de transferência via diagrama de Bode (3)



A. Pólo na origem.
Cruza 0dB em 5

$$\frac{5}{j\omega}$$

B. Zero em 5

C. Pólo em 20

D. Zero em 50

E. Pólo em 100

$$G(j\omega) = \frac{5(j\omega/5 + 1)(j\omega/50 + 1)}{j\omega(j\omega/20 + 1)(j\omega/100 + 1)}$$

