

# EA616 — Análise Linear de Sistemas

Pedro L. D. Peres

Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação  
Universidade Estadual de Campinas

2º Semestre 2011: Aula 8 — Resposta em Frequência

## Decomposição em blocos elementares

- Zero de fase não mínima (com parte real positiva)
- Pólos complexos
- Zeros complexos

## Compensadores

- Compensador avanço (*lead*)
- Compensador atraso (*lag*)

Relação sinal-ruído

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{\text{dB}} = 20 \log |a/b|$$

sendo  $a$  a amplitude do sinal e  $b$  a amplitude do ruído.

## Bloco com pólos complexos

$$H(s) = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{(s - \lambda_1)(s - \lambda_2)} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi \omega_n s + \omega_n^2}, \quad 0 \leq \xi < 1$$

$$\lambda_2^* = \lambda_1 = -\xi \omega_n + j \omega_n \sqrt{1 - \xi^2}$$

## Módulo

Baixas:  $M_{dB}(\omega) \approx 0$  , Altas:  $M_{dB}(\omega) \approx -40 \log \omega + 40 \log \omega_n$

Encontro das assíntotas em  $\omega_c = \omega_n$  (frequência de corte)

## Fase

$$\phi(\omega) \approx 0 \quad ; \quad \phi(\omega) \approx -180 \text{ graus}$$

Valor de  $\xi$  define a transição:  $\xi \rightarrow 1$ , reta de  $0.1\omega_n$  e  $10\omega_n$ ;  $\xi \rightarrow 0$ , abrupta em  $\omega_n$

Similar (de 0 a 40 dB por década, de 0 a  $180^\circ$ ) para zeros complexos conjugados

$$\frac{s^2 + 2\xi \omega_n s + \omega_n^2}{\omega_n^2}, \quad 0 \leq \xi < 1$$

## E08 (data, RA, nome, EA616, Turma, Prof.)

Esboce os diagramas assintóticos (módulo e fase) de Bode para o sistema linear invariante no tempo com  $H(s)$  racional, com pólos em  $p_1 = -6 + j8$ ,  $p_2 = -6 - j8$ , zero em  $z_1 = 1$  e ganho DC igual a  $-10$  dB