1. ROUTH-HURWITZ

TABELA Tabela de Routh completa

s^4	a_4	a_2	a_0
s^3	a_3	a_1	0
s^2	$\dfrac{-\begin{vmatrix} a_4 & a_2 \\ a_3 & a_1 \end{vmatrix}}{a_3} = b_1$	$\dfrac{-\begin{vmatrix} a_4 & a_0 \\ a_3 & 0 \end{vmatrix}}{a_3} = b_2$	$\dfrac{-\begin{vmatrix} a_4 & 0 \\ a_3 & 0 \end{vmatrix}}{a_3} = 0$
s^1	$\dfrac{-\begin{vmatrix} a_3 & a_1 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix}}{b_1} = c_1$	$\dfrac{-\begin{vmatrix} a_3 & 0 \\ b_1 & 0 \end{vmatrix}}{b_1} = 0$	$\dfrac{-\begin{vmatrix} a_3 & 0 \\ b_1 & 0 \end{vmatrix}}{b_1} = 0$
s^0	$\dfrac{-\begin{vmatrix} b_1 & b_2 \\ c_1 & 0 \end{vmatrix}}{c_1} = d_1$	$\dfrac{-\begin{vmatrix} b_1 & 0 \\ c_1 & 0 \end{vmatrix}}{c_1} = 0$	$\dfrac{-\begin{vmatrix} b_1 & 0 \\ c_1 & 0 \end{vmatrix}}{c_1} = 0$

1. Zero único na 1ª coluna enquanto os demais são $\neq 0$.
   Usar polinômio reverso ou ϵ.
2. Existe uma coluna inteira de zeros.
   Derivar o polinômio acima da linha.

2. LGR

Os lugares vão para infinito ao longo de assíntotas centradas em σ_A e com ângulos ϕ_A.

$$\sigma_A = \frac{\sum \text{polos} - \sum \text{zeros}}{\#\text{n°polos} - \#\text{n°zeros}}$$

$$\theta_A = \frac{(2k+1)\pi}{\#\text{n°polos} - \#\text{n°zeros}}$$

sendo $k = 0, \pm 1, \pm 2 \pm 3, \cdots$.

Os pontos de saída no eixo real é dado pela solução de

$$K = p(s) \implies \frac{dK}{ds} = \frac{dp}{ds} = 0$$

sendo K o ganho e p o denominador. Ou resolvendo

$$\sum \frac{1}{\sigma + z_i} = \sum \frac{1}{\sigma + p_i}$$

nos quais σ é o ponto de partida ou chegada, z_i e p_i são os valores negativos dos zeros e polos.

3. DIAGRAMA DE BODE

$$|G(j\omega)| = M(\omega) = \frac{M_o(\omega)}{M_i(\omega)} \quad \angle G(j\omega) = \phi(\omega) = \phi_o(\omega) - \phi_i(\omega)$$

3.1 Integrador e derivador

Sua expressão são da forma

$$(j\omega)^{\pm 1} \implies 20\log(j\omega)^{\pm 1} = 20\log\omega \text{ dB}\angle \pm 90°$$

3.2 Primeira ordem

Sua expressão são da forma

$$(1 + j\omega T)^{\pm 1} \implies M = 20\log\sqrt{1+\omega^2T^2} \text{ dB}$$

$$\omega \ll 1/T \implies M \approx 0 \text{ dB}$$

$$\omega \gg 1/T \implies M \approx \pm 20\log\omega T \text{ dB}$$

O ângulo é dado por

$$\phi = \pm\text{tg}^{-1}\,\omega T$$

3.3 Segunda ordem

Sua expressão são da forma

$$G(j\omega) = \left[1 + 2\zeta(\omega/\omega_n) + (j\omega/\omega_n)^2\right]^{\pm 1}$$

$$M = 20\log\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2}\right)^2 + \left(2\zeta\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2} \text{ dB}$$

$$\omega \ll \omega_n \implies M = 0 \text{ dB}$$

$$\omega \gg \omega_n \implies M = \pm 40\log\frac{\omega}{\omega_n} \text{ dB}$$

O ângulo é dado por

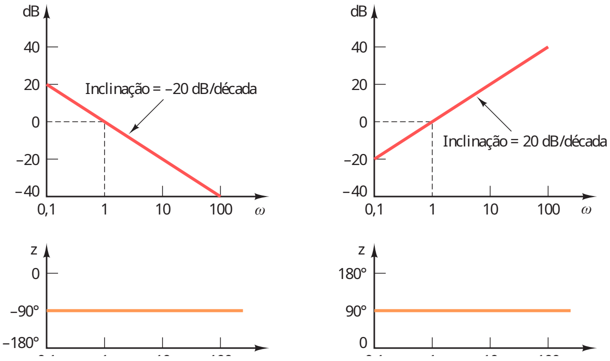
$$\phi = \pm\text{tg}^{-1}\frac{2\zeta\omega/\omega_n}{1 - \omega^2/\omega_n^2}$$

O erro máximo em $\omega = \omega_n$ é

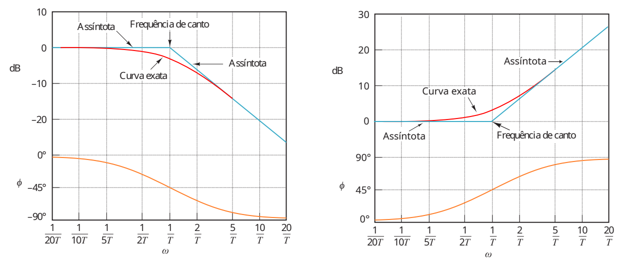
$$M_r = \frac{1}{2\zeta\sqrt{1-\zeta^2}}, \quad 0 \le \zeta \le 0{,}707$$

$$M_r = 1, \quad \zeta > 0{,}707$$

$$\omega_r = \omega_n\sqrt{1-2\zeta^2} \le \omega_d = \omega_n\sqrt{1-\zeta^2}$$

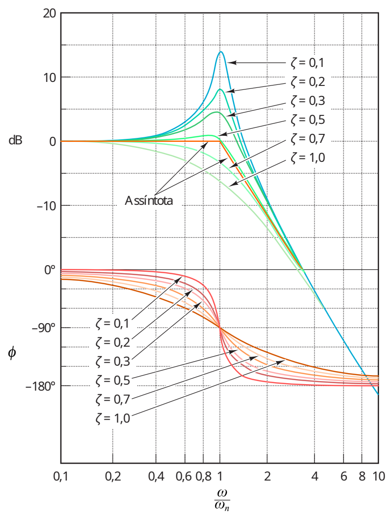


(a) Integrador e derivativo

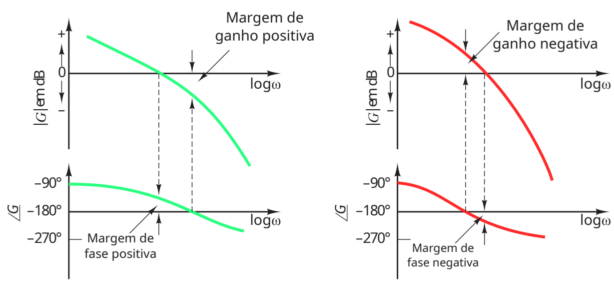


(a) Diagrama de Bode de $1/(1 + j\omega)$

(b) Diagrama de Bode de $(1 + j\omega)$



(c) Segunda Ordem



(d) Margem de ganho e fase