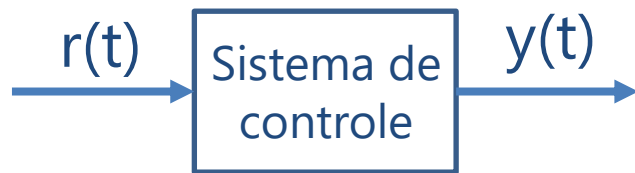

SEL0417 - Fundamentos de Controle

Análise da Resposta em Frequência

Análise da Resposta em Frequência

- São adequadas para aplicações em telecomunicações e projetos de filtro, por exemplo.
- Nas aplicações de controle, essa análise é importante, pois relaciona especificações no domínio da frequência e do tempo.



$$r(t) = R \cdot \text{sen}(\omega_0 t)$$
$$y(t) = Y \cdot \text{sen}(\omega_0 t + \varphi)$$



Soluções de estado estacionário
(são funções)

Análise da Resposta em Frequência

- No domínio de Laplace (da frequência):

$$Y(s) = M(s)R(s)$$

- Para sinais senoidais de amplitude constante:

$$Y(j\omega) = M(j\omega)R(j\omega)$$

- Pode-se usar, então, a notação fasorial:

$$Y(j\omega) = |Y(j\omega)|\angle[Y(j\omega)]$$

assim:

$$|Y(j\omega)| = |M(j\omega)| \cdot |R(j\omega)|$$

$$\angle[Y(j\omega)] = \angle[M(j\omega)] + \angle[R(j\omega)]$$

Análise da Resposta em Frequência

- No caso apresentado, os sinais $r(t)$ e $y(t)$ no domínio da frequência são:

$$R(s) = R\angle 0 \text{ e } Y(s) = Y\angle \varphi$$

Tem-se:

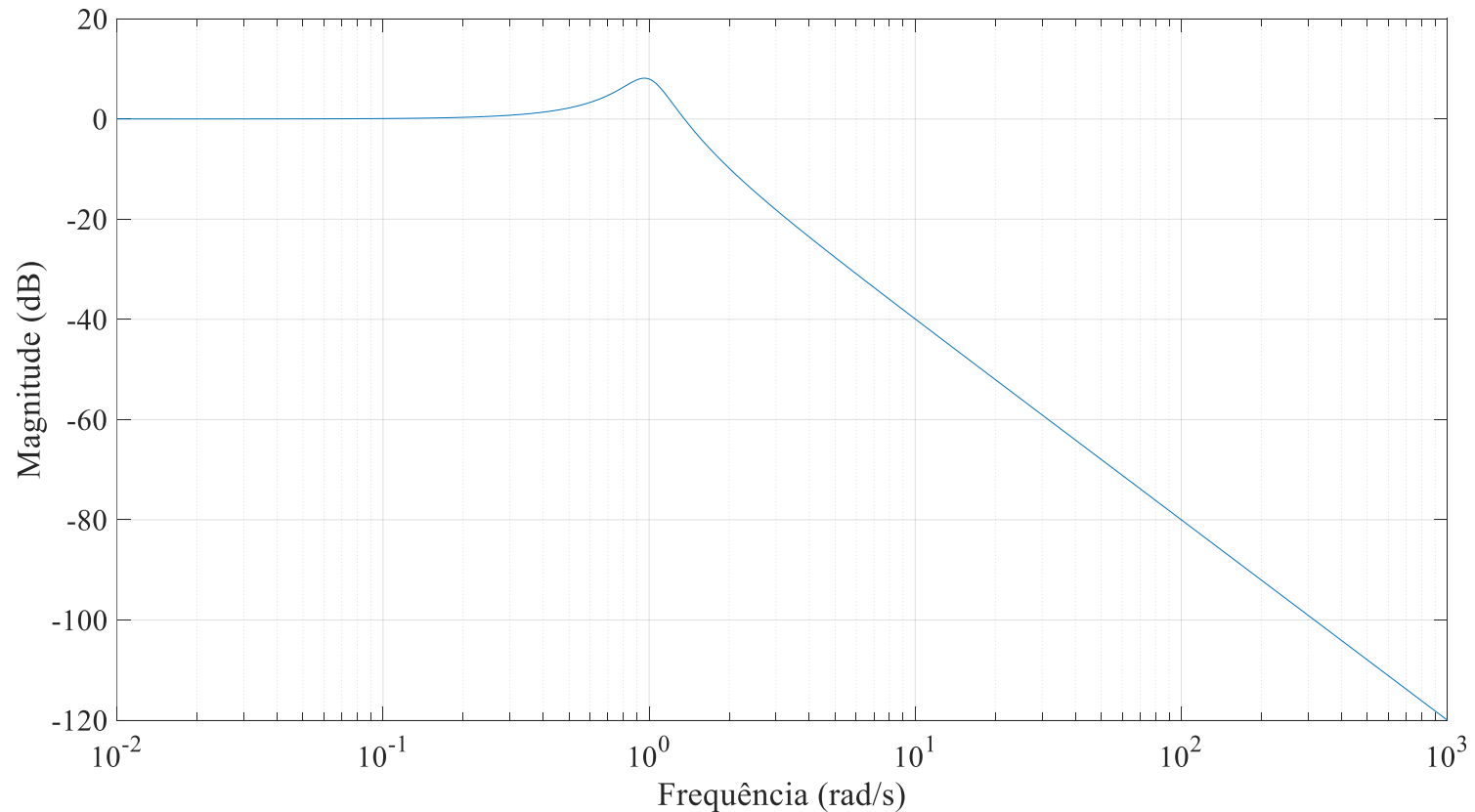
$$Y = R|M(j\omega_0)|$$

e

$$\varphi = \angle[M(j\omega_0)] + 0 \Rightarrow \angle[M(j\omega_0)] = \varphi$$

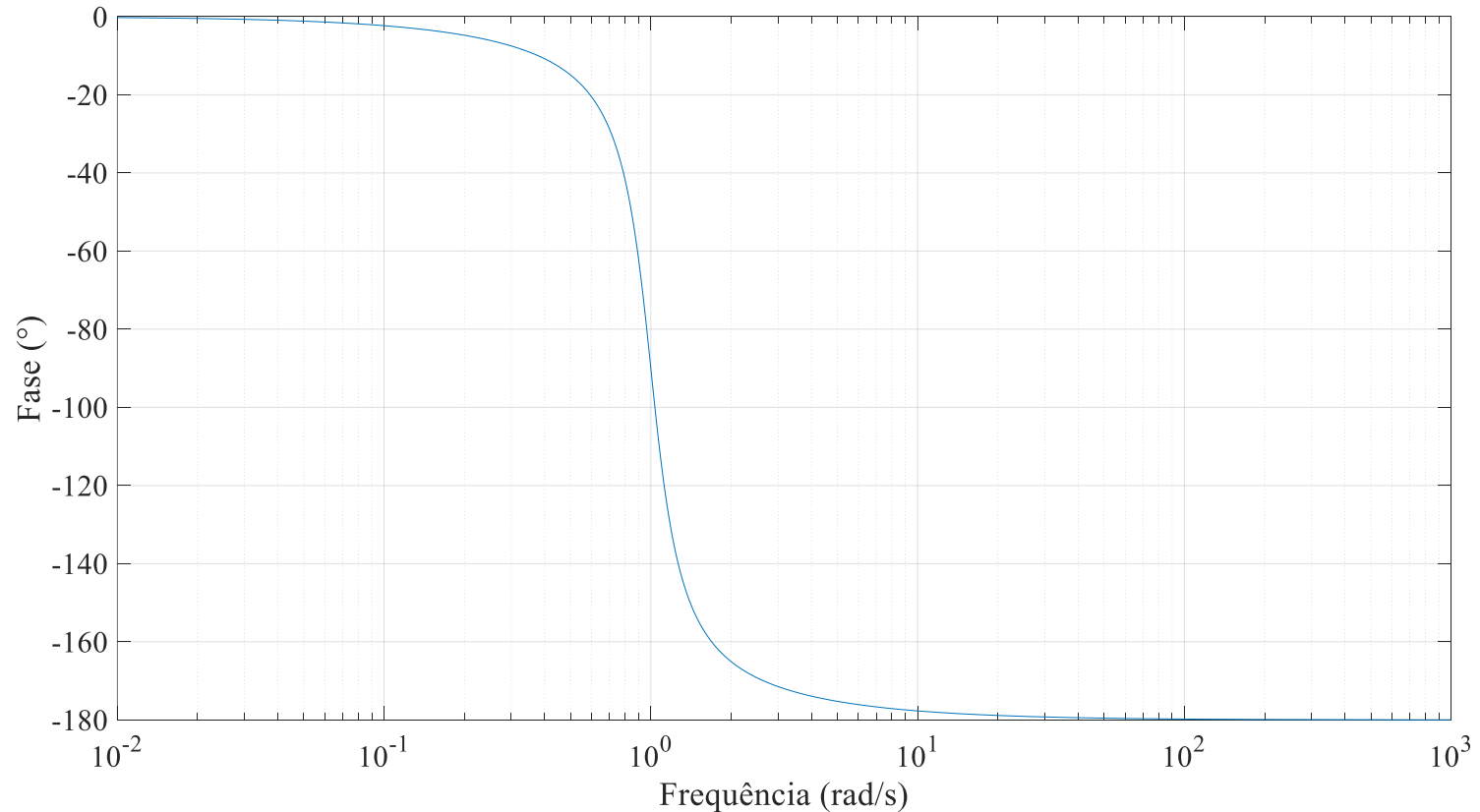
Análise da Resposta em Frequência

- $|M(j\omega_0)|$ e $\varphi_m(j\omega_0)$ são funções da frequência ω .
- Diagramas de Bode:



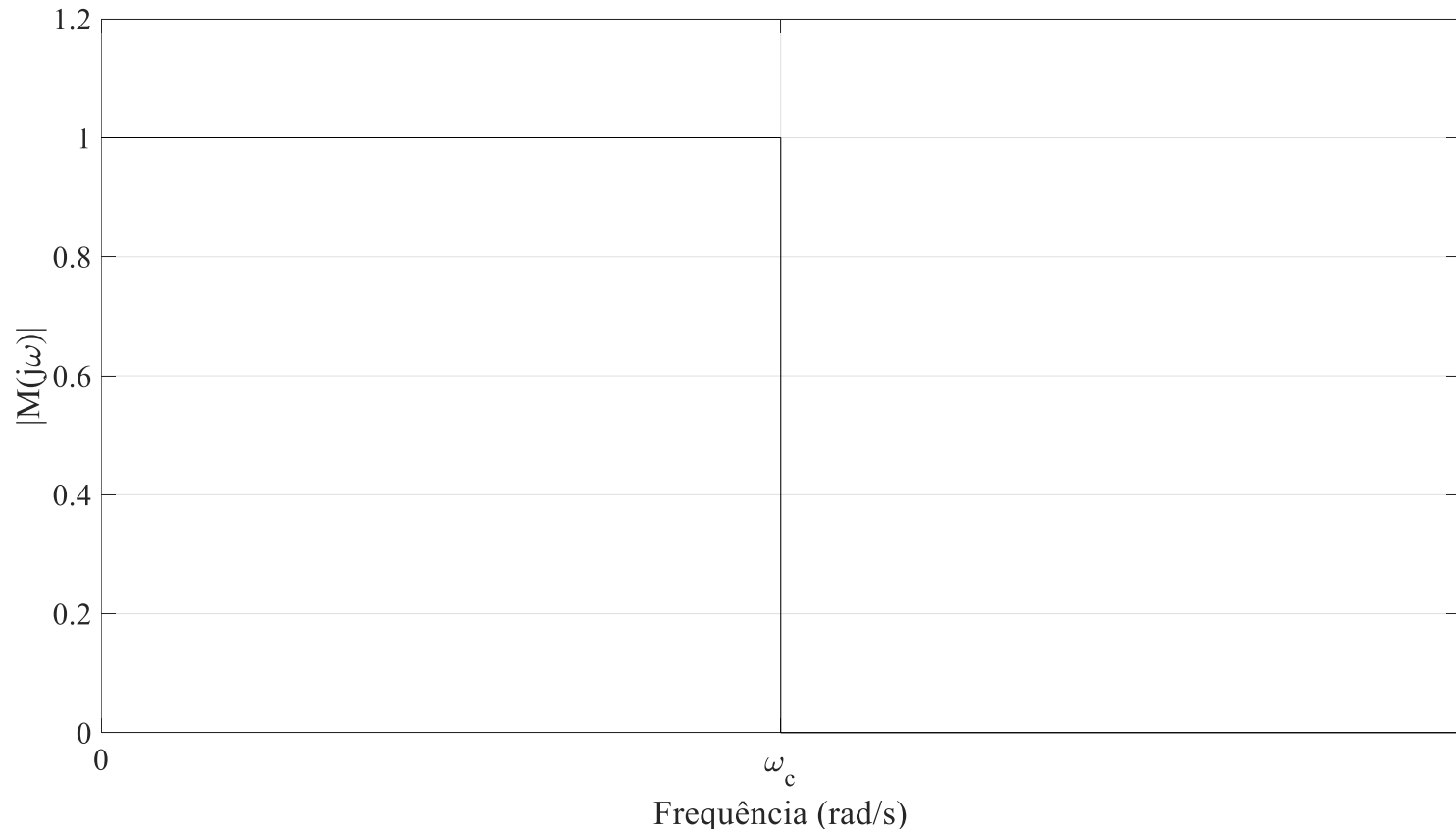
Análise da Resposta em Frequência

- $|M(j\omega_0)|$ e $\varphi_m(j\omega_0)$ são funções da frequência ω .
- Diagramas de Bode:



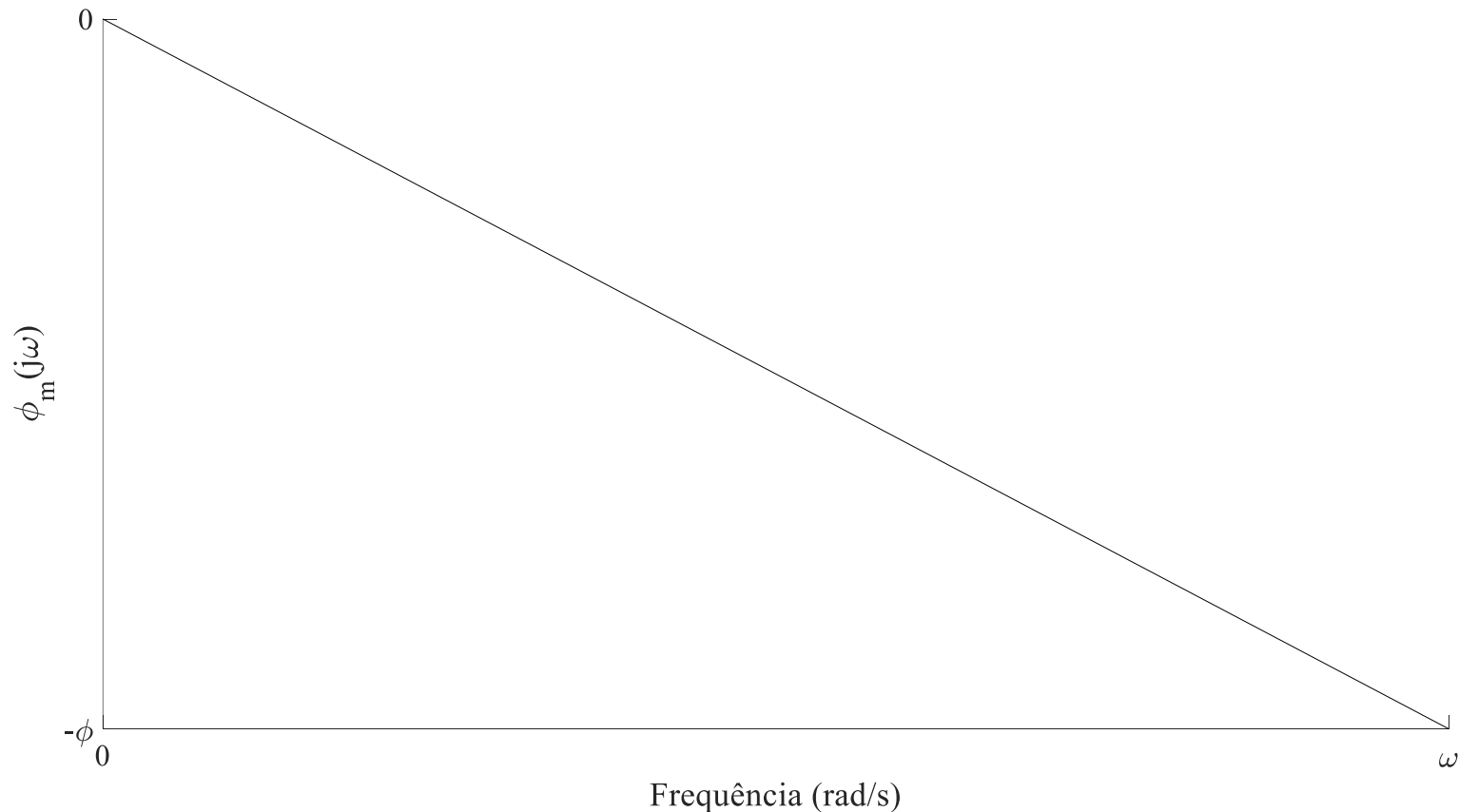
Especificações no Domínio da Frequência

- Características de um filtro ideal (Passa-baixas):
 - Comportamento de magnitude:



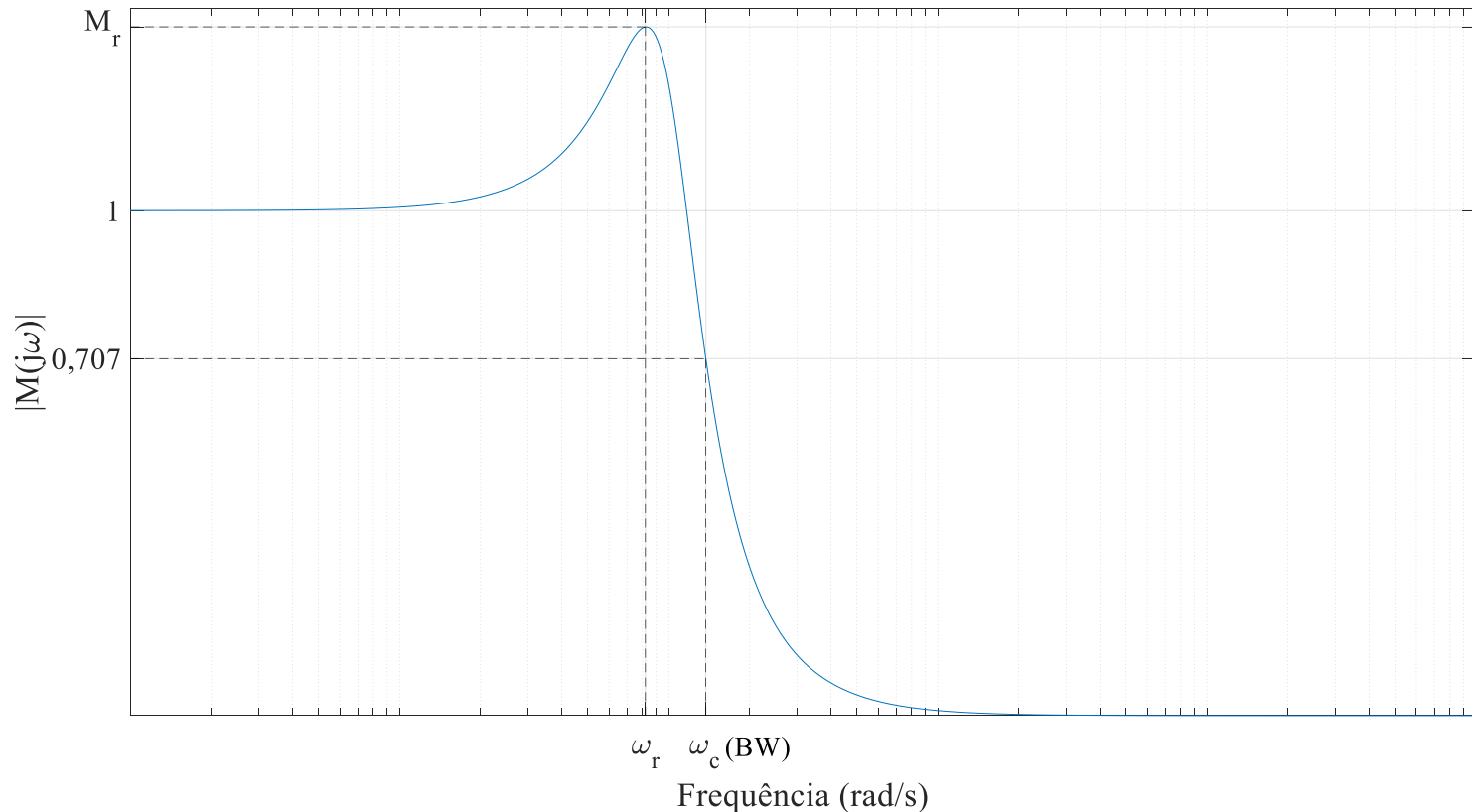
Especificações no Domínio da Frequência

- Características de um filtro ideal (Passa-baixas):
 - Comportamento da fase:



Especificações no Domínio da Frequência

- Características de um sistema real:
 - Comportamento da magnitude:

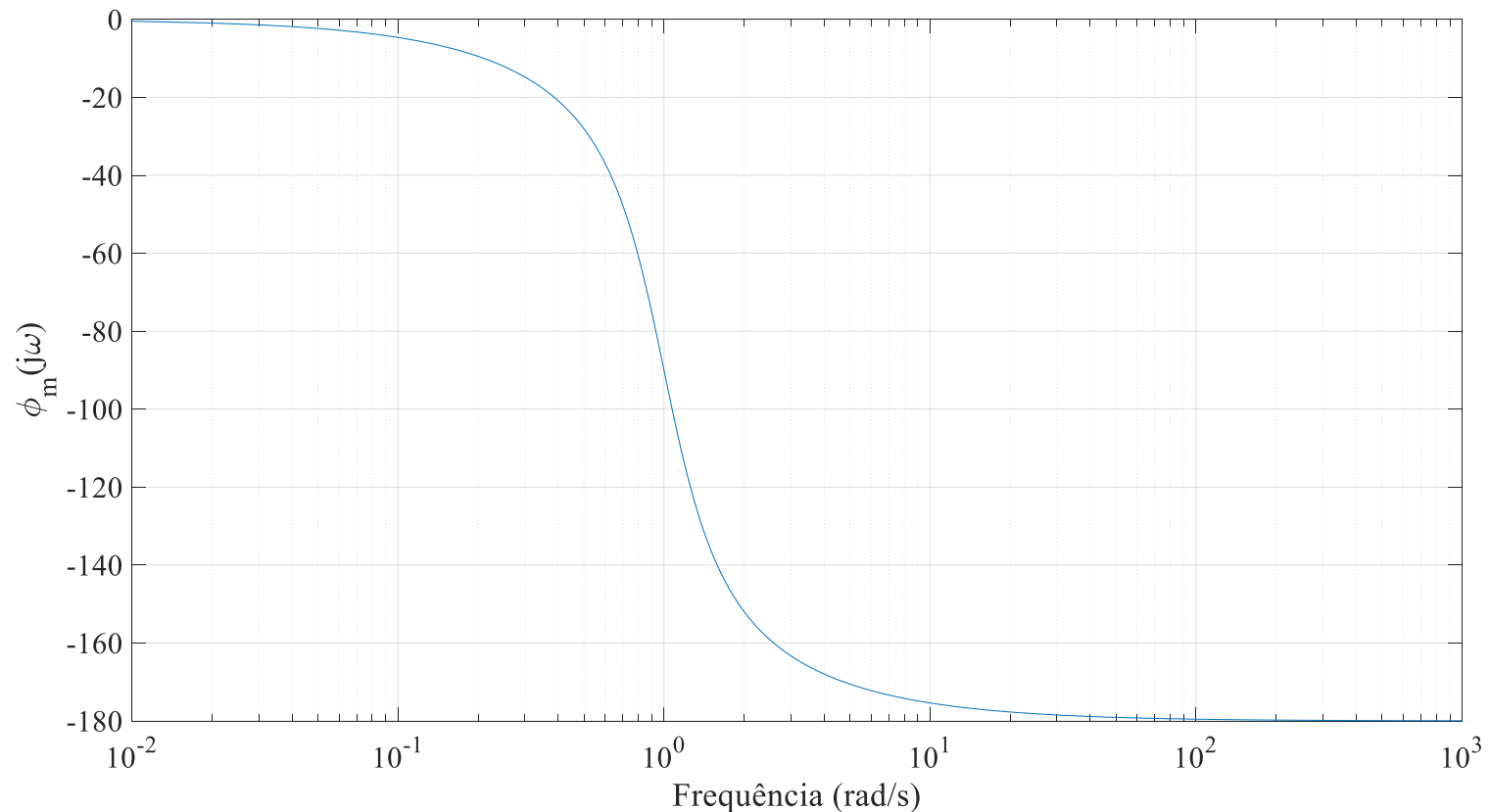


Especificações no Domínio da Frequência

- Pico de ressonância (M_r): Máximo valor de $|M(j\omega)|$.
- Frequência de ressonância (ω_r): Frequência na qual ocorre o pico M_r .
- Largura de banda (ou de faixa) (BW ou ω_c - frequência de corte): Frequência na qual o ganho cai para 70,7% do valor de regime permanente.
- Taxa de atenuação: inclinação (derivada) do diagrama de Bode de magnitude em uma dada frequência.

Especificações no Domínio da Frequência

- Características de um sistema real:
 - Comportamento da fase:



Especificações no Domínio da Frequência

- Interpretações:

- M_r indica a estabilidade relativa de um sistema estável em malha fechada:

- Alto $M_r \Rightarrow$ alto *overshoot* $M_0 \Rightarrow$ baixo amortecimento
- Baixo $M_r \Rightarrow$ baixo *overshoot* $M_0 \Rightarrow$ alto amortecimento

- BW fornece indicações sobre a resposta transitória do sistema:

- Alta BW \Rightarrow pequeno tempo de subida t_r
- Baixa BW \Rightarrow Grande tempo de subida t_r

Obs: a BW também indica a capacidade de rejeição de ruído e a insensibilidade a variação de parâmetros (robustez) do sistema.

Especificações no Domínio da Frequência

- Interpretações:

- A taxa de atenuação fornece um indicativo da capacidade do sistema para distinguir sinais e ruídos.
 - Maior taxa de atenuação \Rightarrow melhor distinção sinal/ruído.
 - Menor taxa de atenuação \Rightarrow pior distinção sinal/ruído.