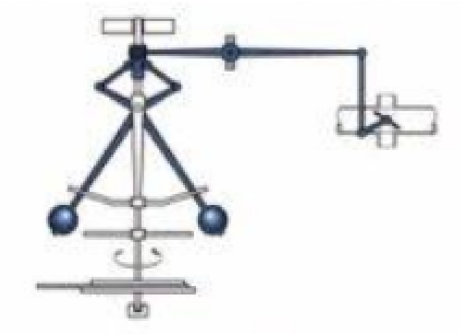
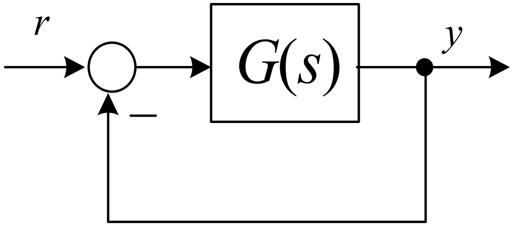
Controle de Sistemas Dinâmicos

CSD11-Projeto em ω



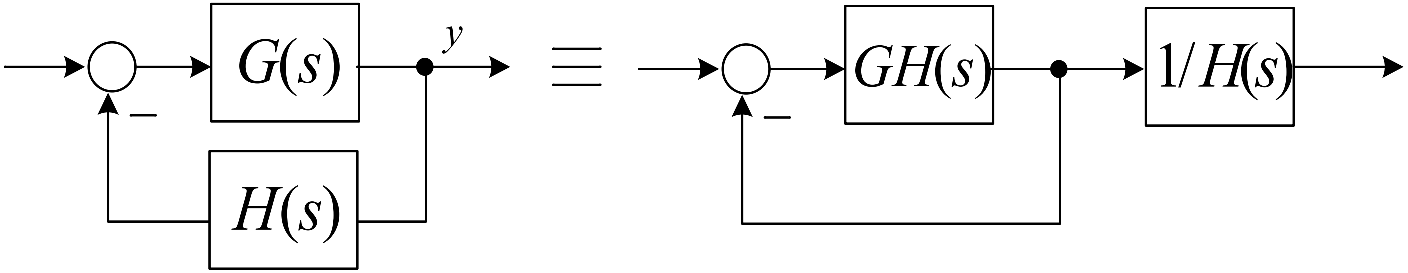
Avanço, Atraso, Avanço-Atraso, PID

Resposta em frequência de malha fechada – a partir de G(jω) em MA

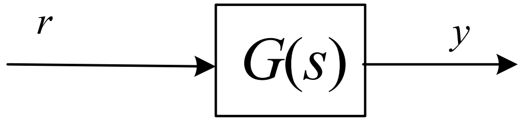


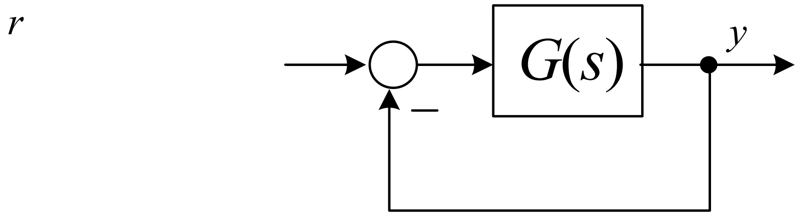
Realimentação Unitária

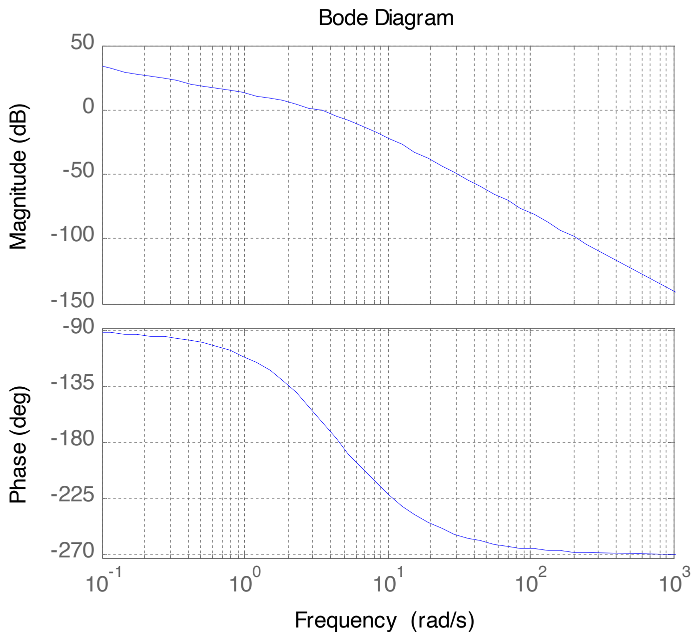
Obs:

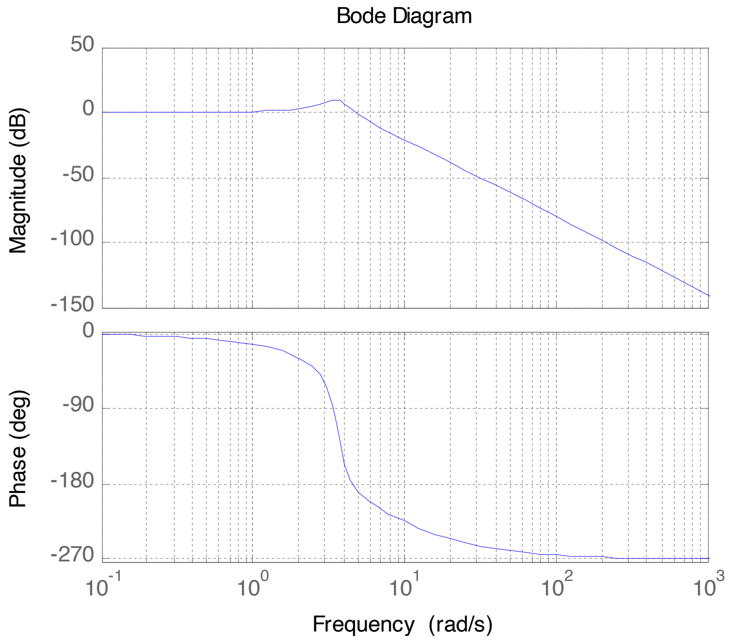


Resposta em frequência de malha fechada – a partir de G(jω) em MA

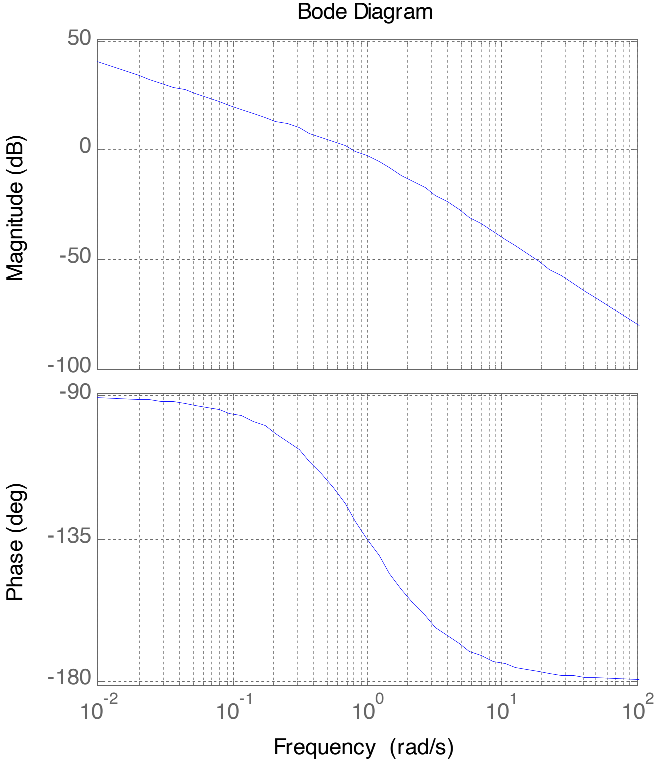


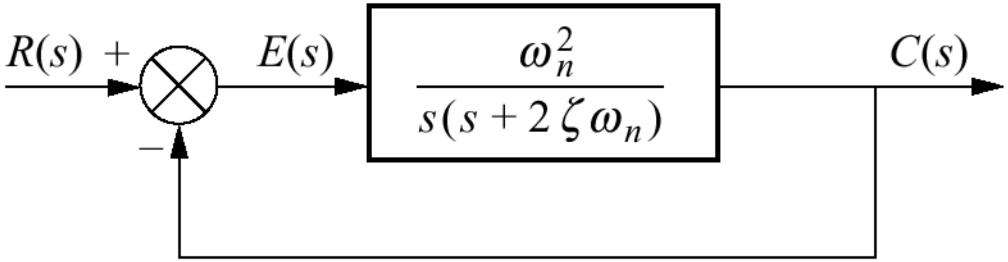


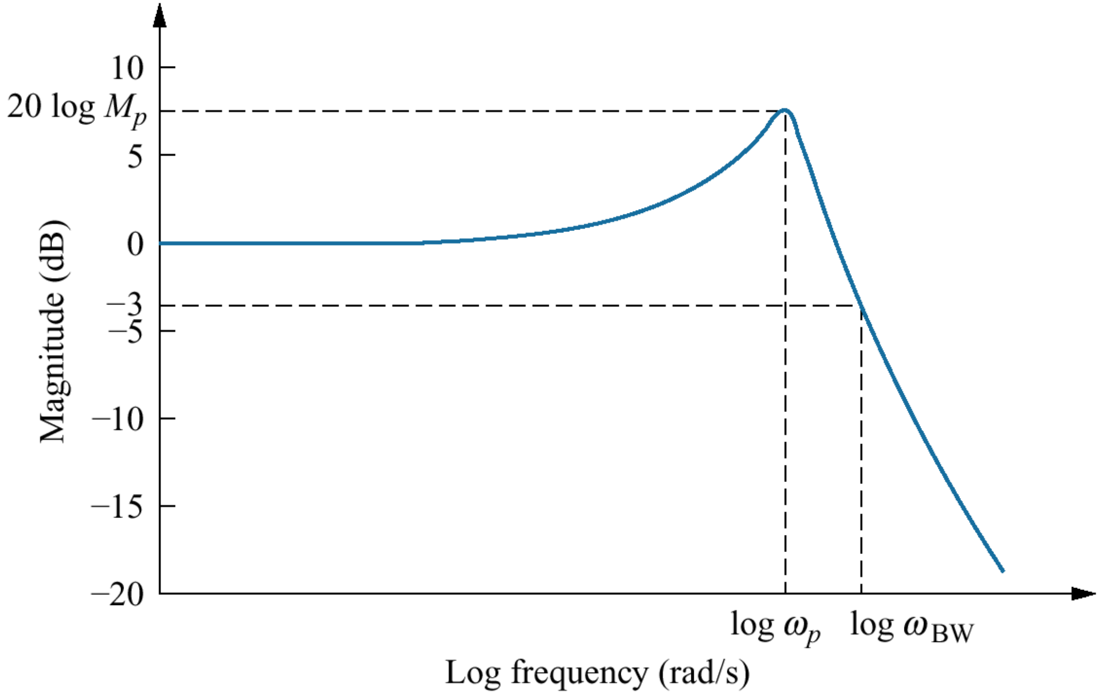




Resposta em frequência de malha fechada – a partir de G(jω) em MA





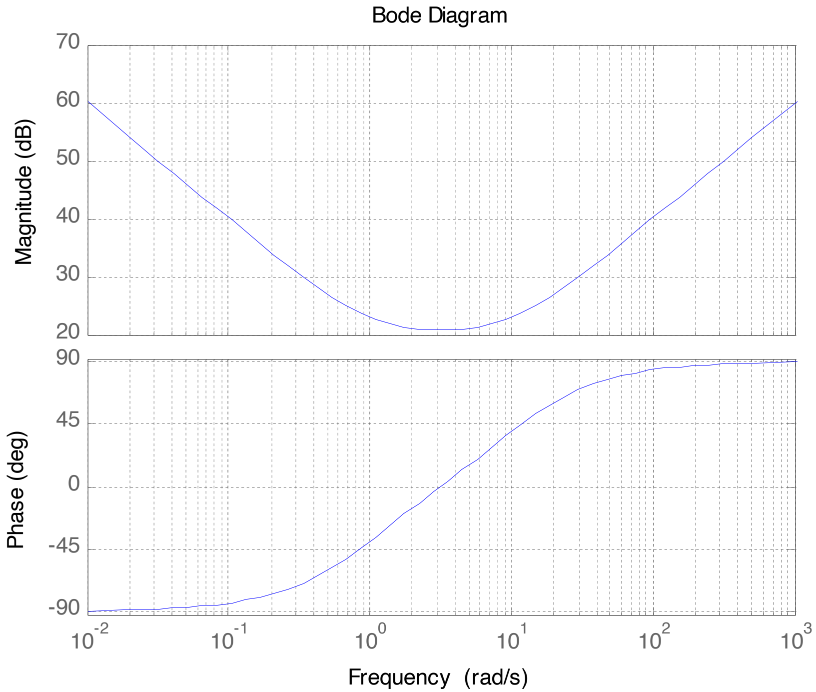


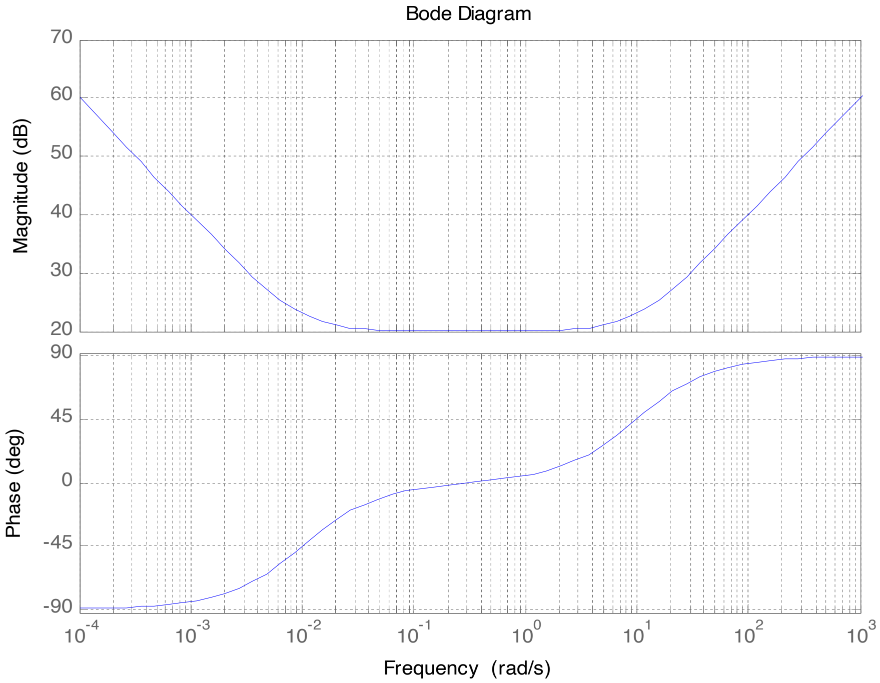
PID no domínio da frequência

$$D(s) = \frac{K(s+z_1)(s+z_2)}{s}$$

Ex.1: $$D(s) = \frac{(s+1)(s+10)}{s}$$

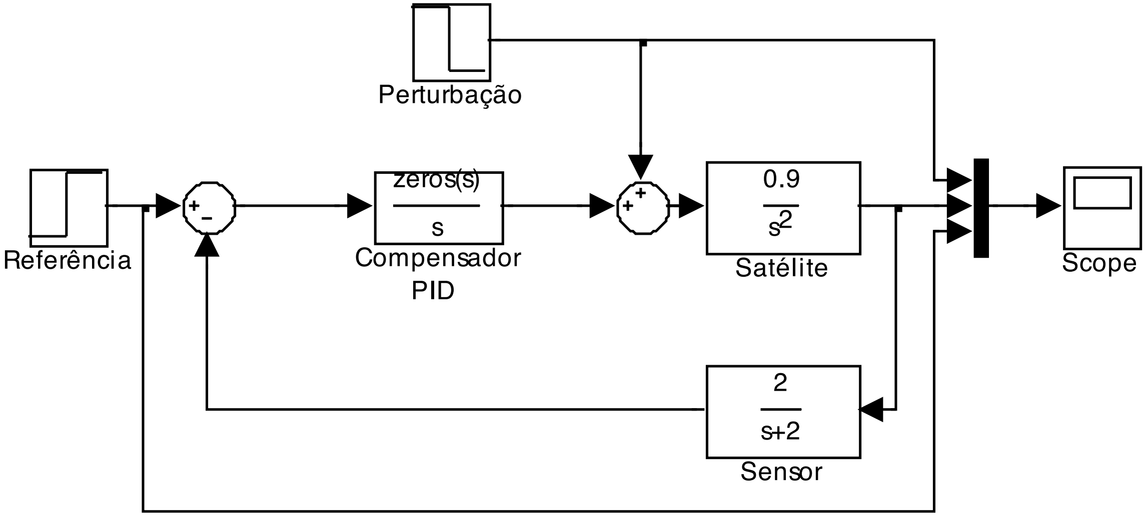
Ex. 2 $$D(s) = \frac{(s+0{,}01)(s+10)}{s}$$





Ex: PID satélite

$$G(s) = \frac{0{,}9}{s^2}\frac{2}{s+2}$$

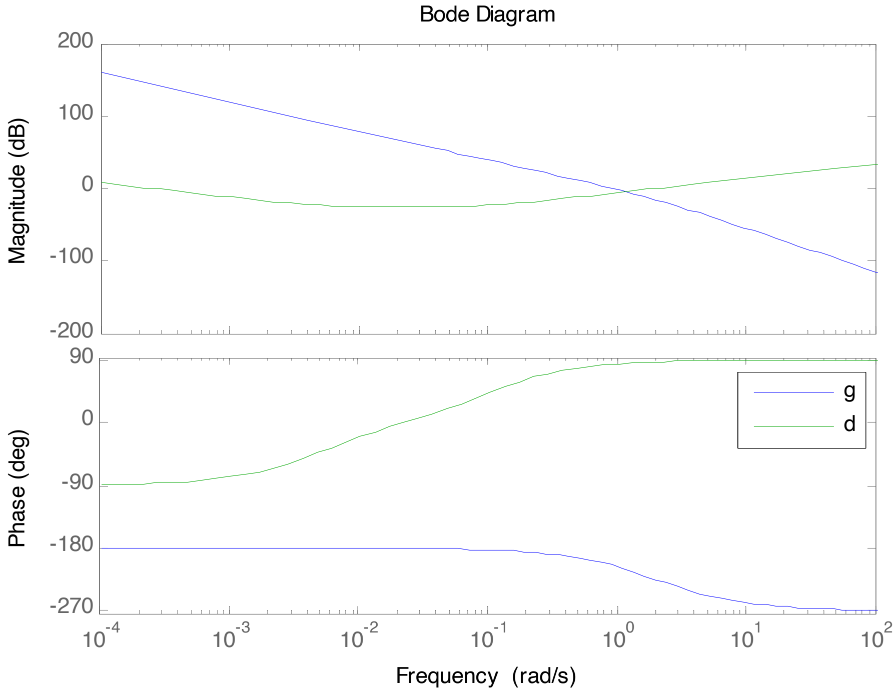


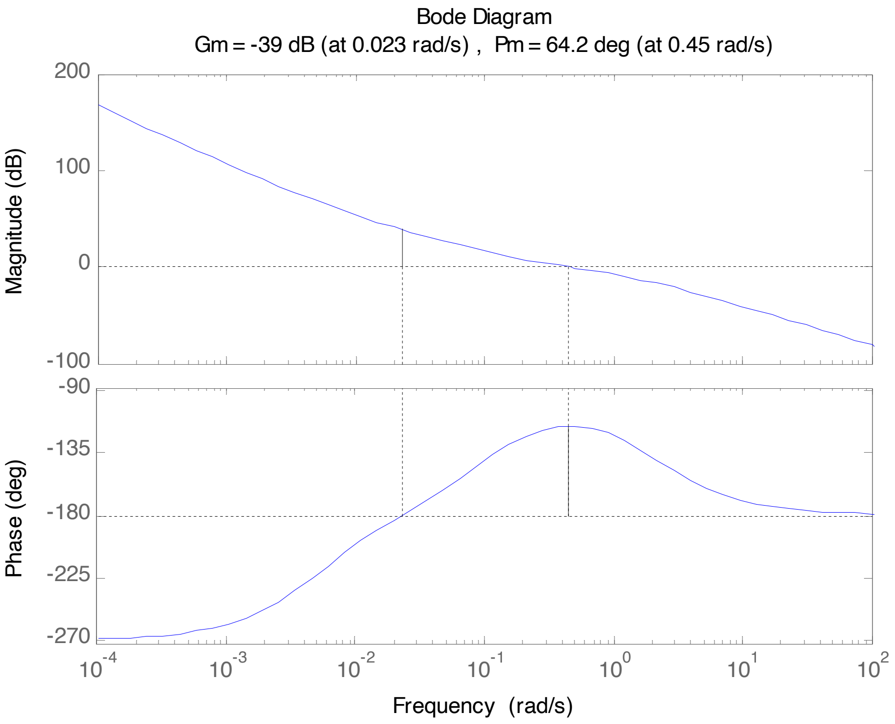
Especificações:

- $e_{ss} = 0$ para perturbações constantes
- MF = 65°
- Banda passante o mais larga possível

PID no domínio da frequência

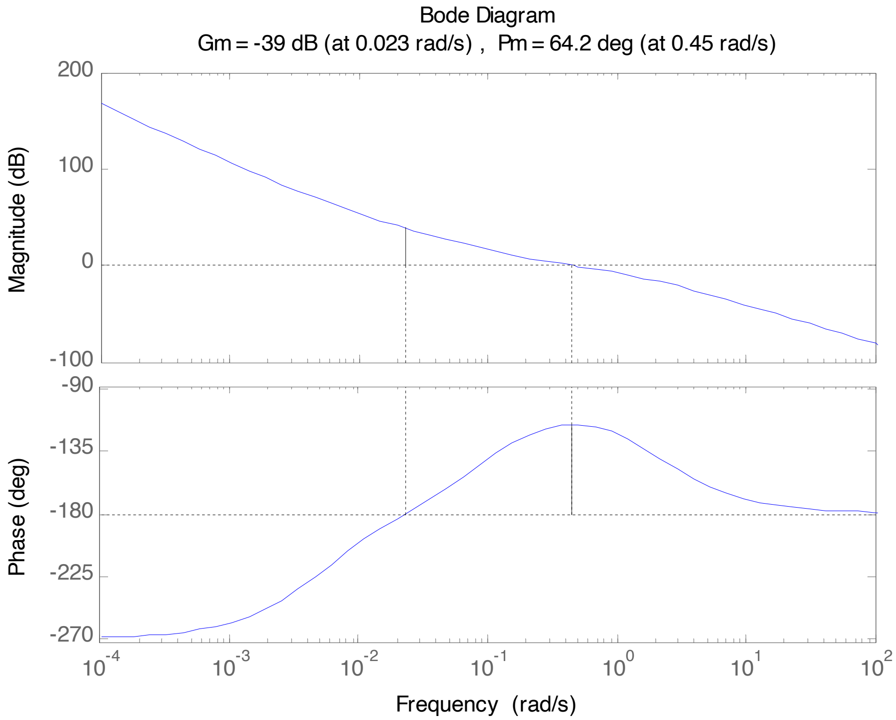
$$D(s) = \frac{K(s+z_1)(s+z_2)}{s}$$

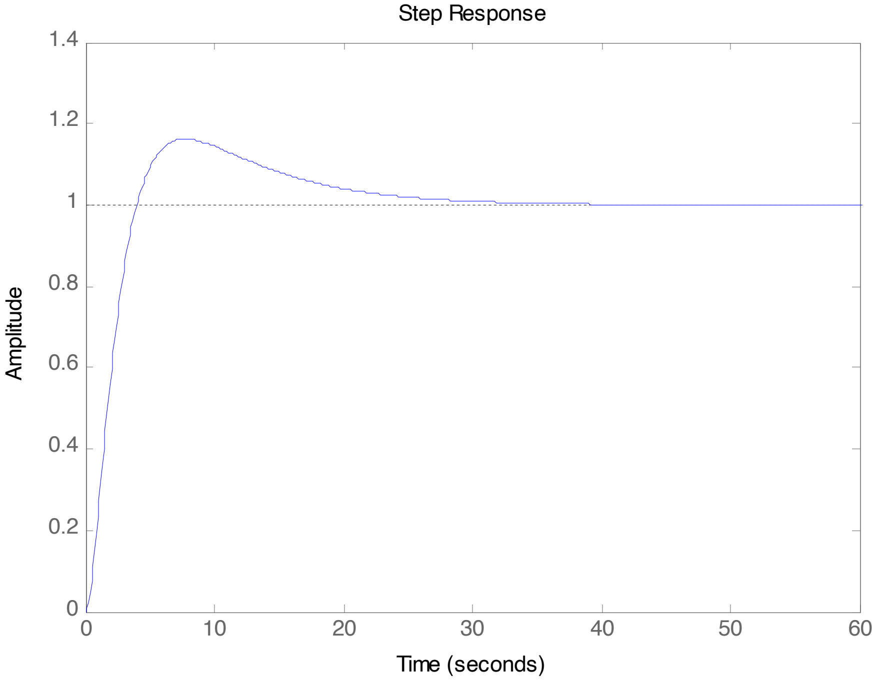




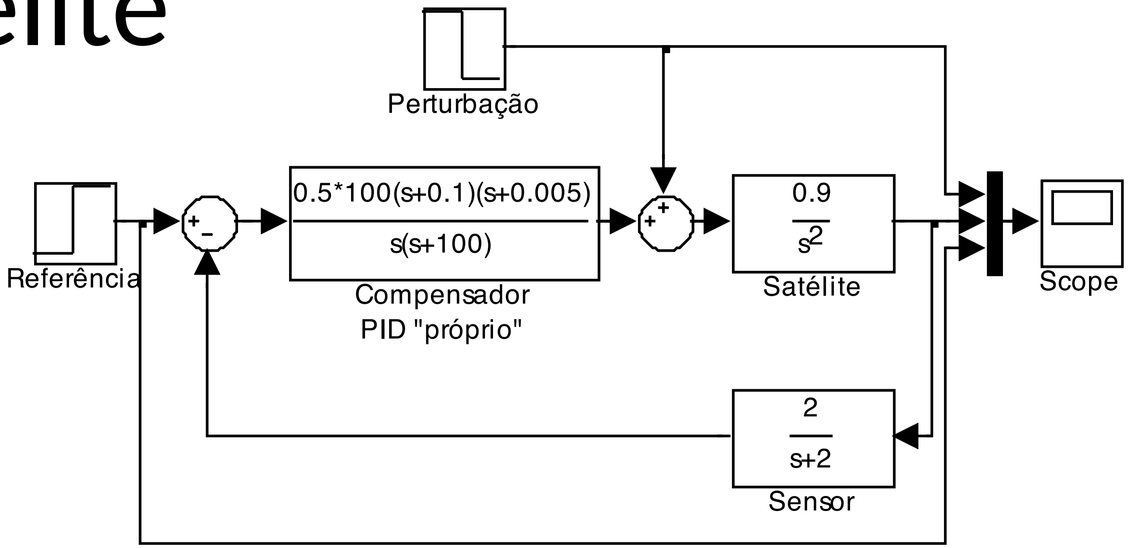
PID no domínio da frequência

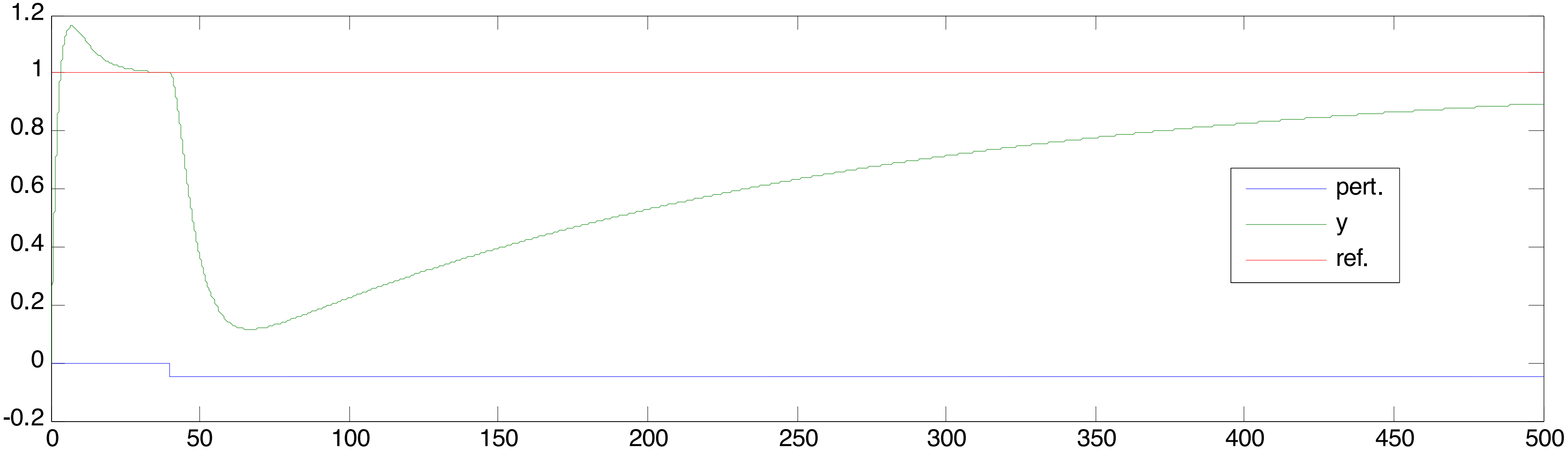
$$D(s) = \frac{0{,}5(s+0{,}1)(s+0{,}005)}{s}$$





PID satélite





Projeto PID em ω

$$D(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s = K_c\left(1 + T_d s + \frac{1}{T_i s}\right) = K_c \frac{T_i T_d s^2 + T_i s + 1}{T_i s}$$

Caso1:

$$= \underbrace{\left(K \frac{1+sT_1}{s}\right)}_{\text{PI}} \underset{\text{x}}{\;} \underbrace{(1 + sT_2)}_{\text{PD}}$$

Especificações e_{ss} não definem Kc/Ti.

Espeficicação severas de e_{ss}.

Caso2:

$$= \underbrace{\frac{K}{s}}_{\text{I}} \underset{\text{x}}{\;} \underbrace{(1 + sT_1)}_{\text{PD}} \underset{\text{x}}{\;} \underbrace{(1 + sT_2)}_{\text{PD}}$$

Especificações e_{ss} definem Kc/Ti.

Espeficicação severas de e_{ss}.

Veja apresentação detalhada em:

“Chapter 5 **Frequency-domain design,** Control Automático 3º Curso. Ing. Industrial Escuela Técnica Superior de Ingenieros Universidad de Sevilla”, transparência 137 e seguintes:

http://control-class.com/ch_5/slides/frequency_domain_design.pdf

PID Caso 1, PI+PD: $K\frac{1+sT_1}{s}(1+sT_2)$

Especificações e_{ss} não definem Kc/Ti.

- Espeficicação severas de e_{ss}.
- Escolha w'_c e calcule Mf= Mfd – Mf(w'_c)
- Projete o PD tal que Mfd atenda: $w'_c.T_2$=atan(Mf)
- Calcule K para restabelecer w'_c: K+20.log(w'_c.T_2)=-|G(jw'_c)|
- Escolha T_1 tal que 1/ T_1 [w'_c/30, w'_c/10]
- Calcule os parâmetros do PID:

$$K_c = K\frac{T_1+T_2}{T_1}; \quad T_i = T_1 + T_2; \quad T_d = \frac{T_1 T_2}{T_1+T_2}.$$

PID Caso 2, I+PD+PD: $\frac{K}{s}(1 + sT_1)(1 + sT_2)$

Kc/Ti é definido pelas especificações de regime permanente.

- Escolha o *K* minimo para satisfazer e_{ss}.
- Plote o diagrama de Bode de G’(s)=K/s.G(s).
- Projete os 2 PDs para atender à especificação transitória (PO e/ou w_c’) (Sugestão: Adote $T_1=T_2$)
- Calcule os parâmetros do PID:

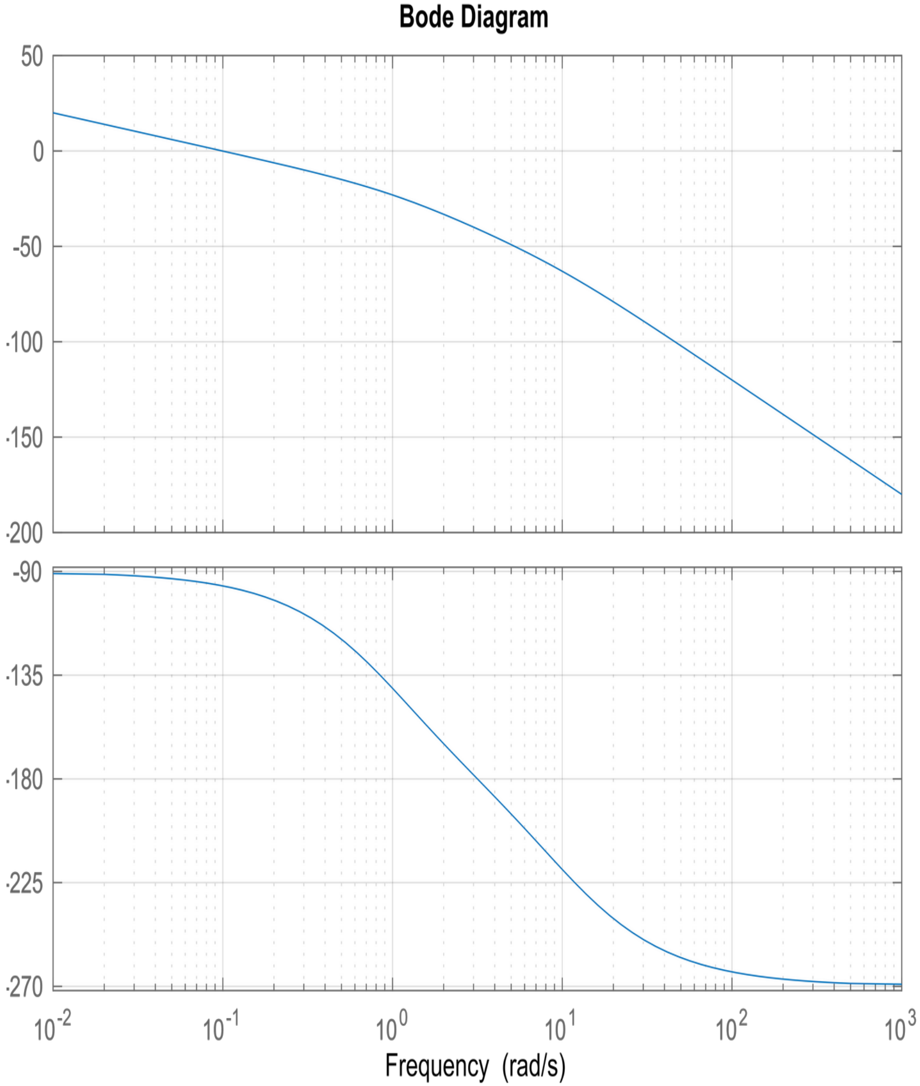
$$K_c = K\frac{T_1+T_2}{T_1}; \quad T_i = T_1 + T_2; \quad T_d = \frac{T_1T_2}{T_1+T_2}.$$

Ex. Projeto PID – 1o Método

$$G(s)=\frac{1}{s(s+1)(s+10)}$$

- Especificações:
  - Parábola $e_{ss} \leq 0,5$
  - Mp ≤ 40%

The steady state error specification suggests increasing the type of the system PI or PID with fixed gain From steady state error, K=20 From the SO spec., Mfd=35° From the Bode plot of 20G(s)/s Mf=-55° y wc=1.2 rad/s (Impossible design for a PI)



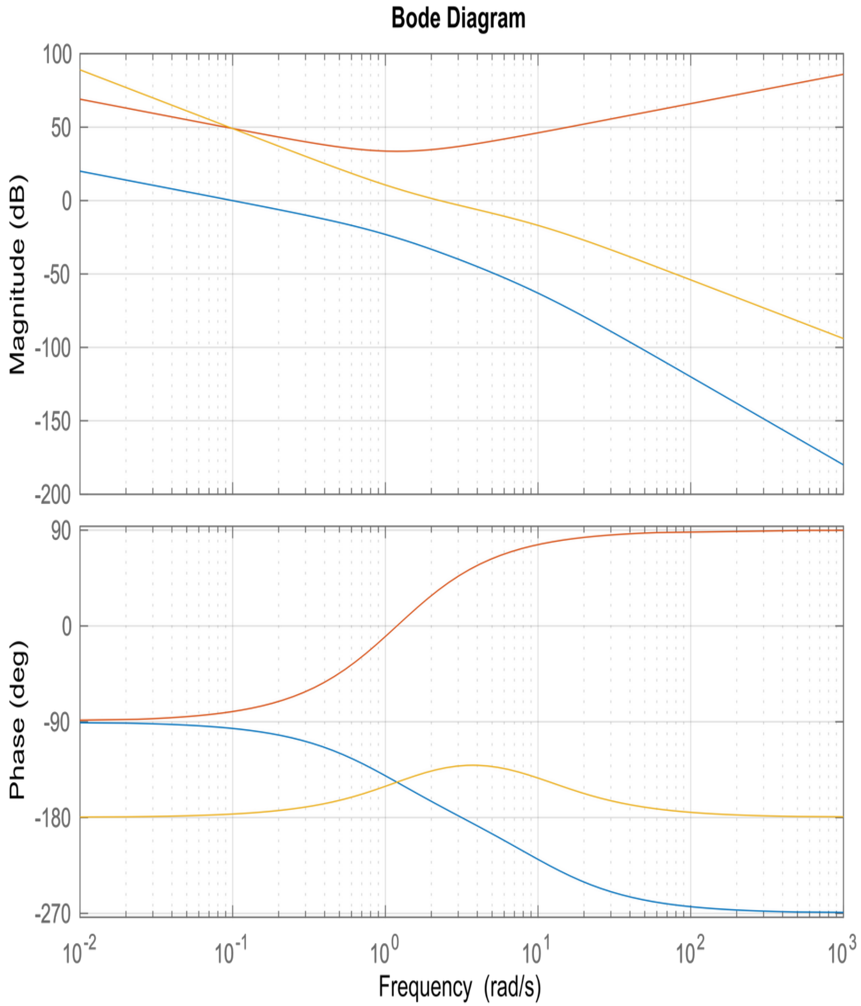
Ex. Projeto PID – 1o Método

$$D(s)=\frac{1}{s(s+1)(s+10)}$$

Projetar dois PDs tal que

$$D(s)=\frac{1}{s(s+1)(s+10)}$$

- Especificações:
  - Parábola $e_{ss} \leq 0{,}5$
  - $Mp \leq 40\%$



The steady state error specification suggests increasing the type of the system PI or PID with fixed gain From steady state error, K=20 From the SO spec., Mfd=35° From the Bode plot of 20G(s)/s Mf=-55° y wc=1.2 rad/s (Impossible design for a PI)