EESC • USP

Escola de Engenharia de São Carlos
Universidade de São Paulo

PID – Sistemas não-oscilatórios

Aula 23

SEM 0169 – Sistemas de Controle

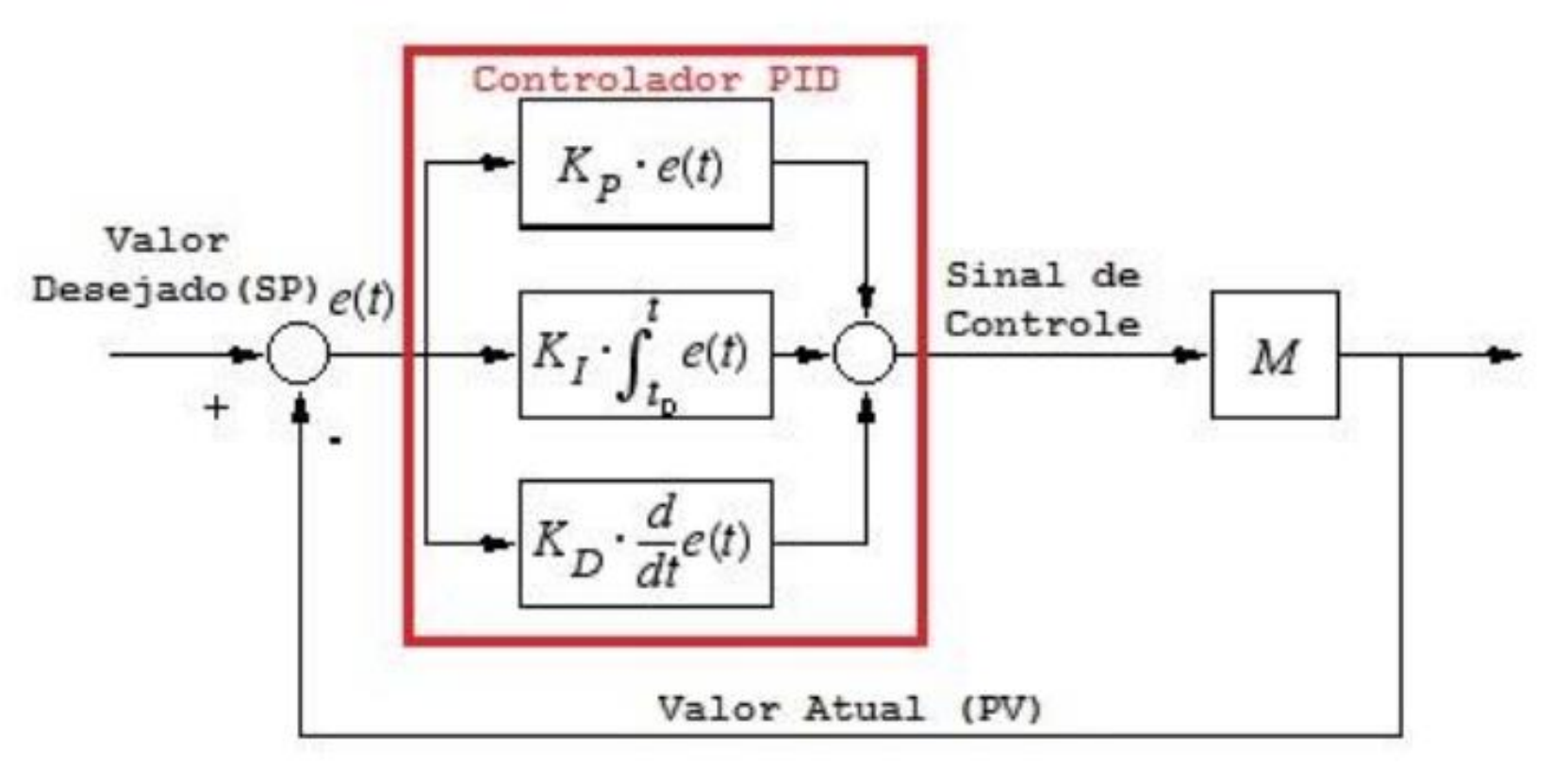
Profa. Maíra Martins da Silva
mairams@sc.usp.br
(16) 9 9291 8310

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Objetivo

Apresentar uma abordagem sistemática para projetar PID para sistemas que não oscilam.

PID


Controlador PID
$K_p \cdot e(t)$
$K_I \cdot \int_{t_0}^{t} e(t)$
$K_D \cdot \frac{d}{dt} e(t)$
Valor Desejado (SP)
$e(t)$
+
-
Sinal de Controle
M
Valor Atual (PV)

P - Proporcional

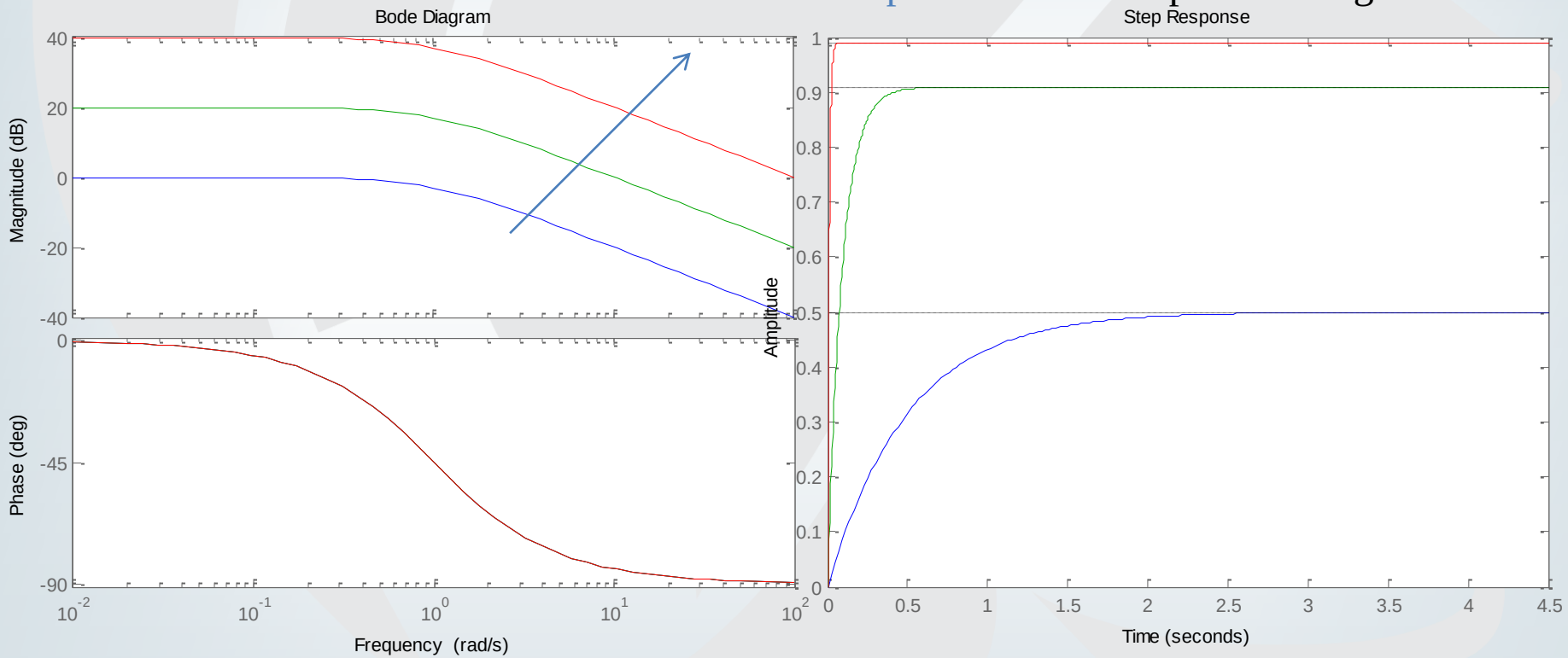
Controle_aula23_ex1.ipynb

Kp: ação proporcional ao erro

FRF da malha aberta

Aumentando o Kp

Resposta ao degrau



Acelera a resposta!

D - Derivativo

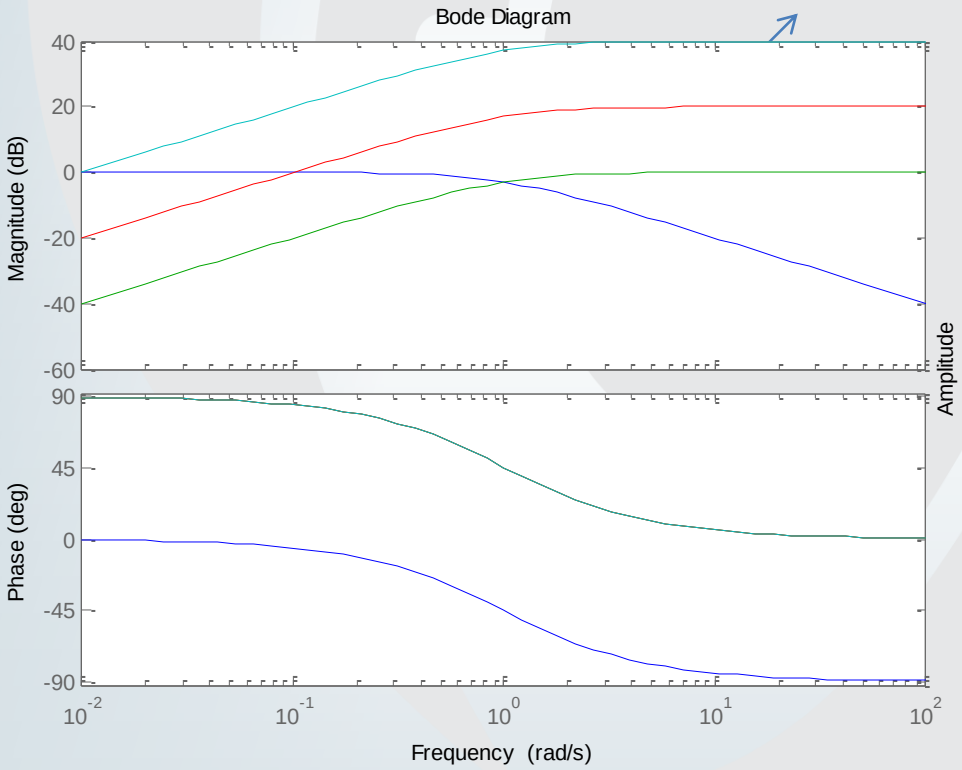
Controle_aula23_ex1.ipynb

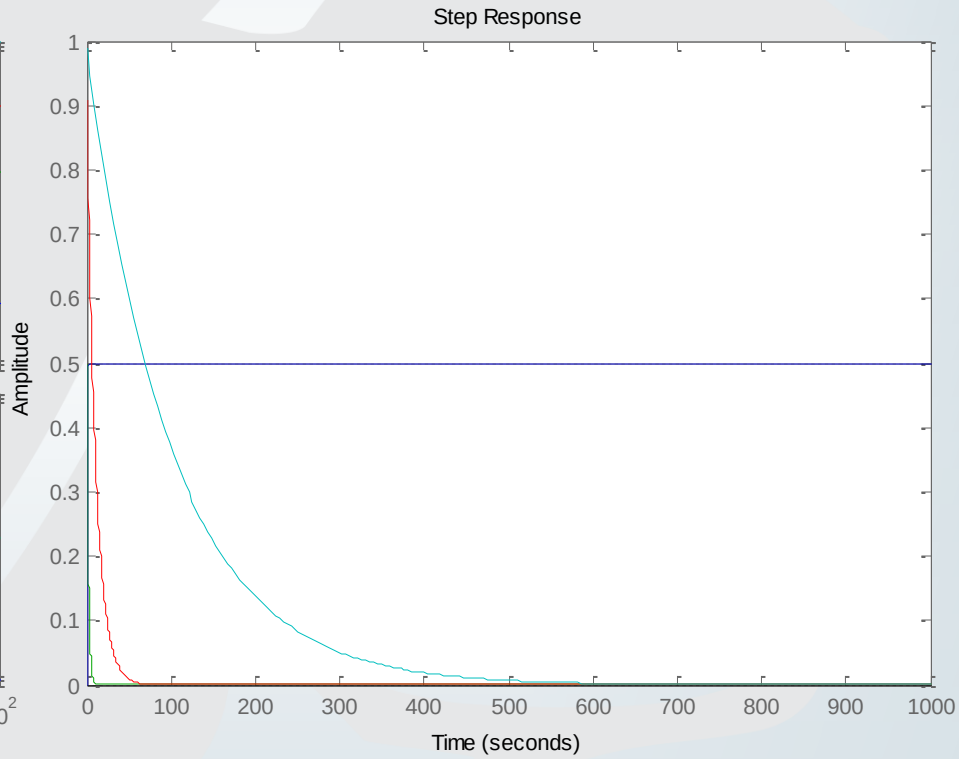
Kd: ação proporcional à derivada do erro

FRF da malha aberta

Aumentando o Kd

Resposta ao degrau





Desacelera a resposta, reduz oscilações!

I - Integral

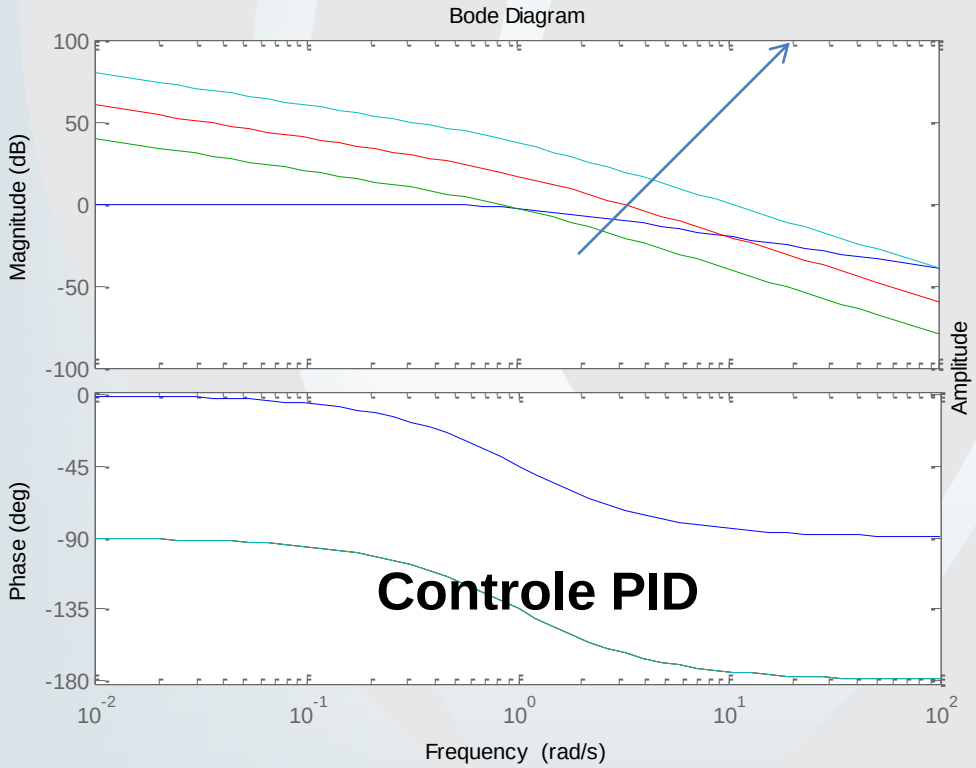
Controle_aula23_ex1.ipynb

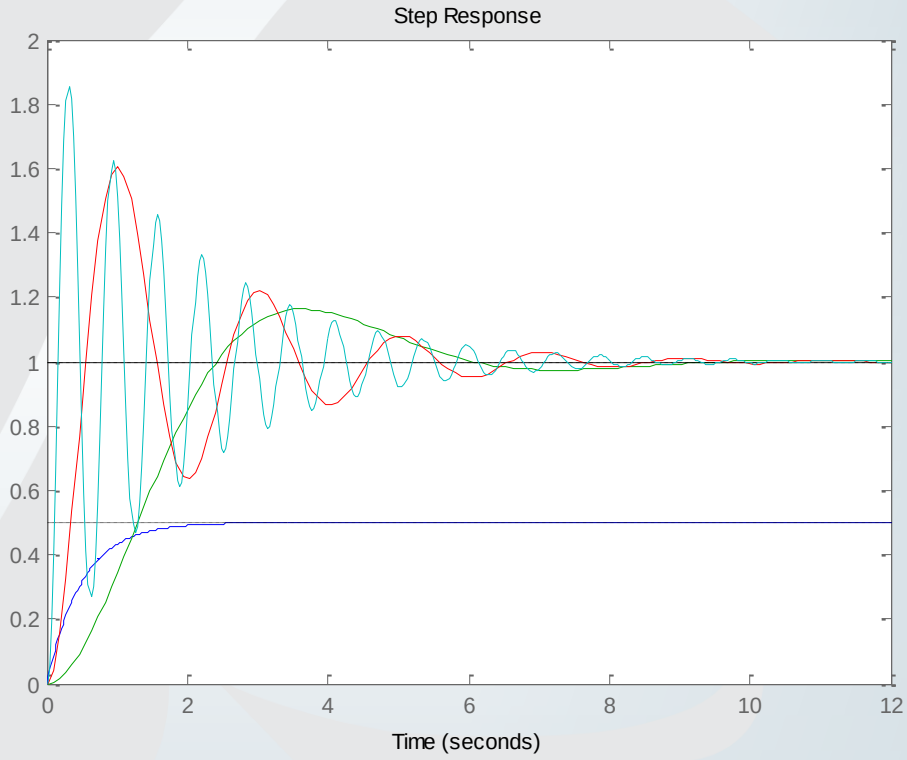
Ki: ação proporcional à integral do erro

FRF da malha aberta

Aumentando o Ki

Resposta ao degrau



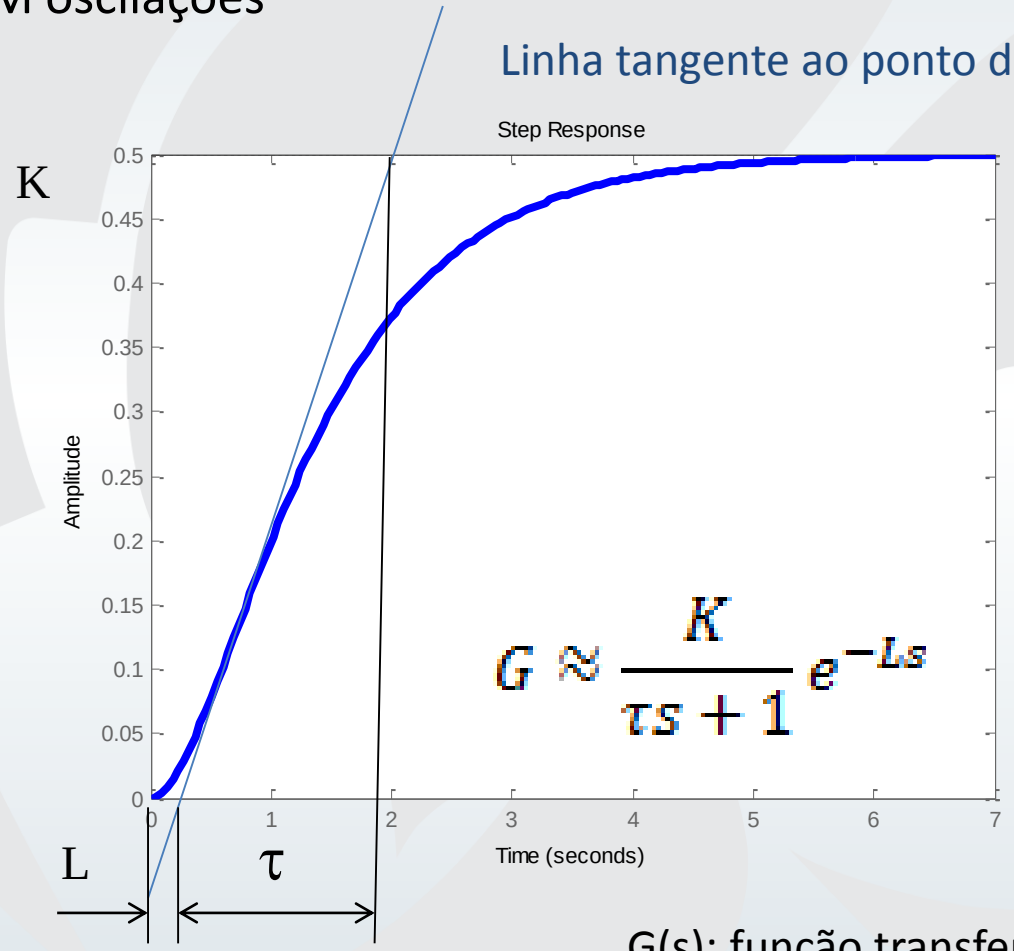


Acelera a resposta e elimina o erro de regime permanente!

PID – Ziegler Nichols

Sistemas SEM oscilações

Linha tangente ao ponto de inflexão

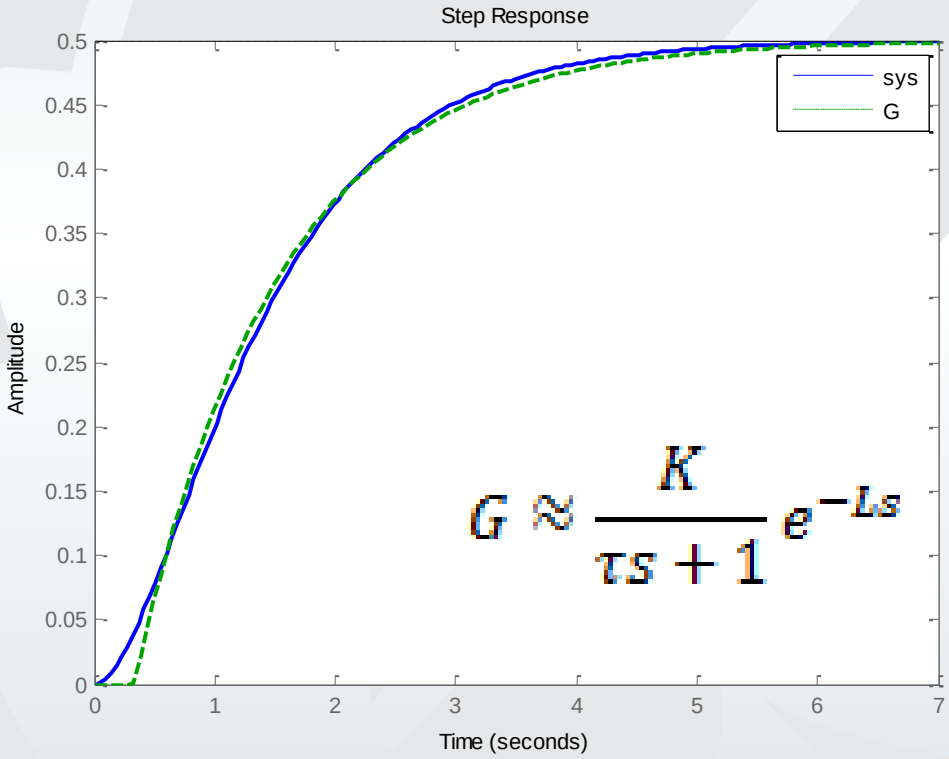


$$G \approx \frac{K}{\tau s + 1} e^{-Ls}$$

G(s): função transferência com delay que aproxima a original

PID – Ziegler Nichols

Sistemas SEM oscilações



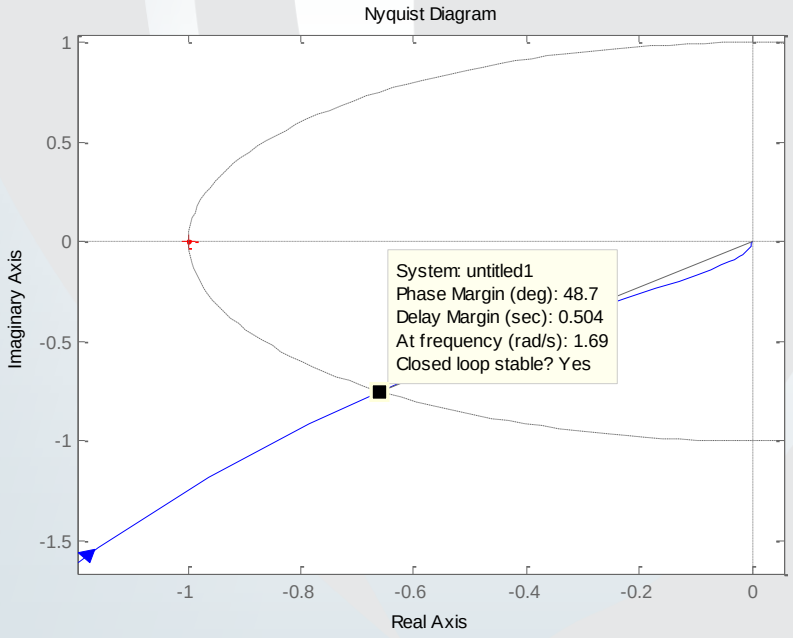
G(s): função transferência com delay que aproxima a original

PID – Ziegler Nichols

Sistemas SEM oscilações

$$G \approx \frac{K}{\tau s + 1} e^{-Ls}$$

$$C_{PID} \approx \frac{0.6\tau(s + 1/L)^2}{s}$$



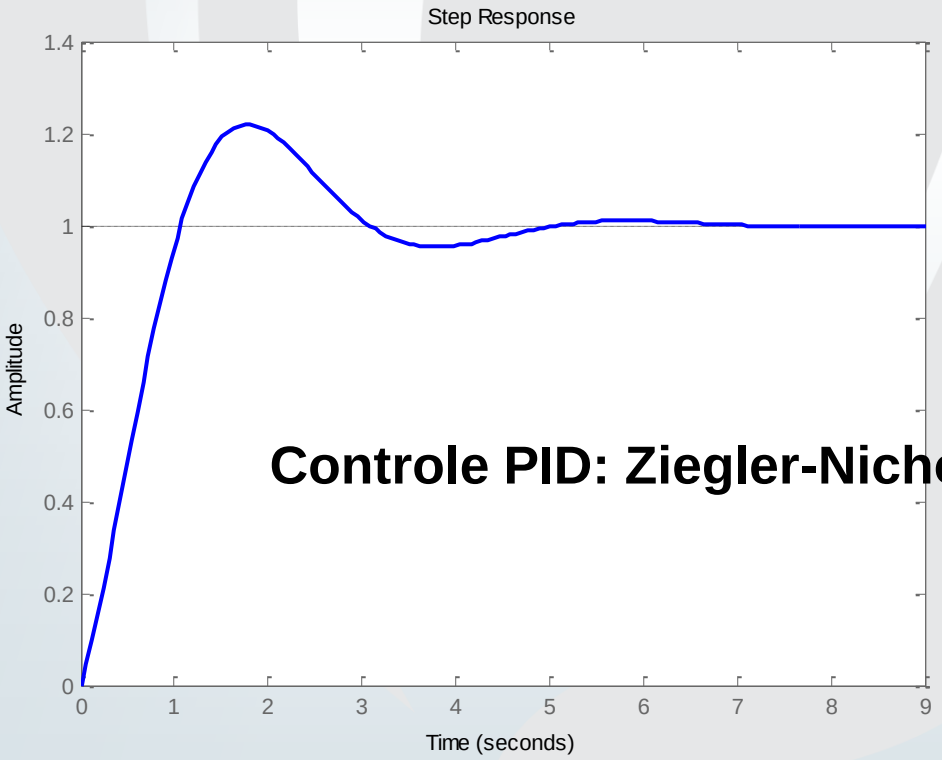
Margem de ganho: infinito
Margem de fase: 45º

PID – Ziegler Nichols

Sistemas SEM oscilações

$$G \approx \frac{K}{\tau s + 1} e^{-Ls}$$

$$C_{PID} \approx \frac{0.6\tau(s + 1/L)^2}{s}$$

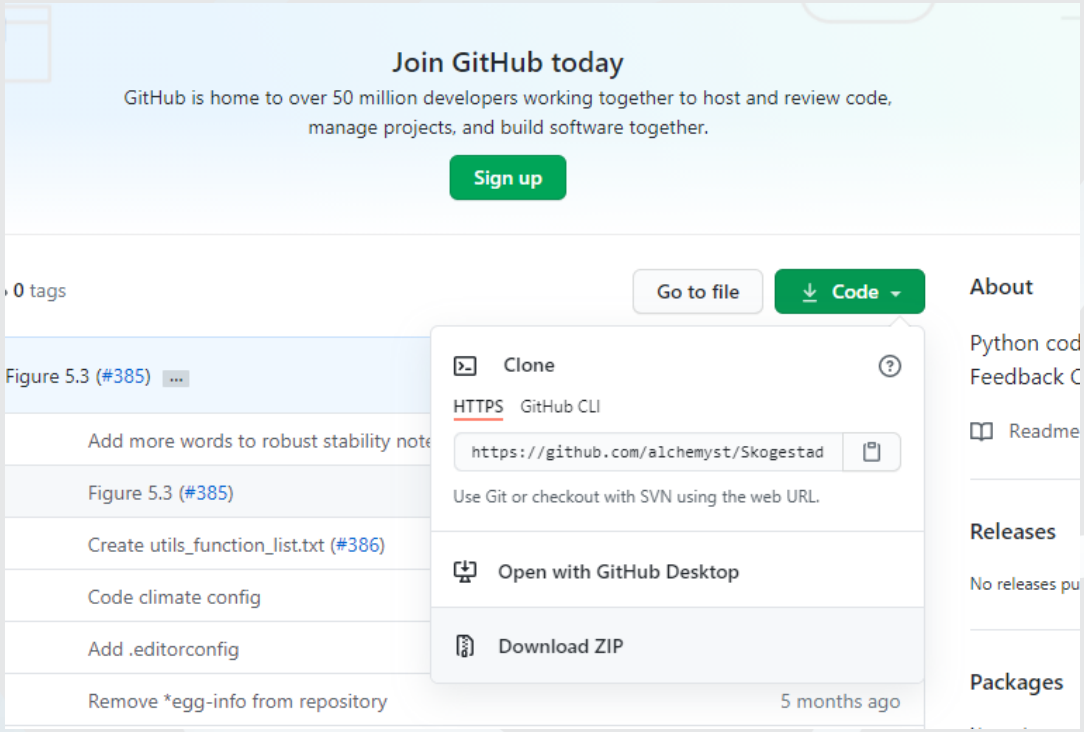


Sobressinal: 20%

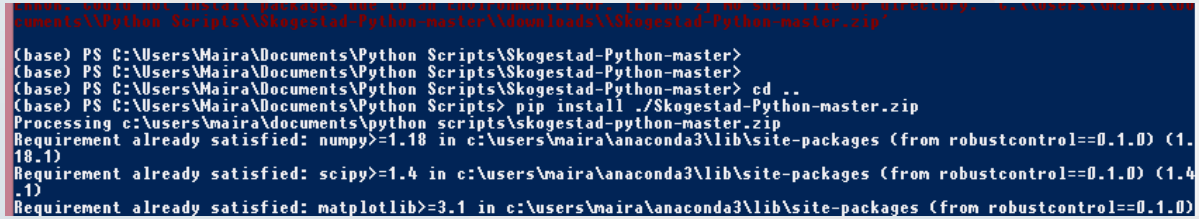
Controle PID: Ziegler-Nichols

Exemplo

https://github.com/alchemyst/Skogestad-Python



Vai até o diretório onde está o arquivo zip usando o Windows Power Shell
pip install ./Skogestad-Python-master.zip

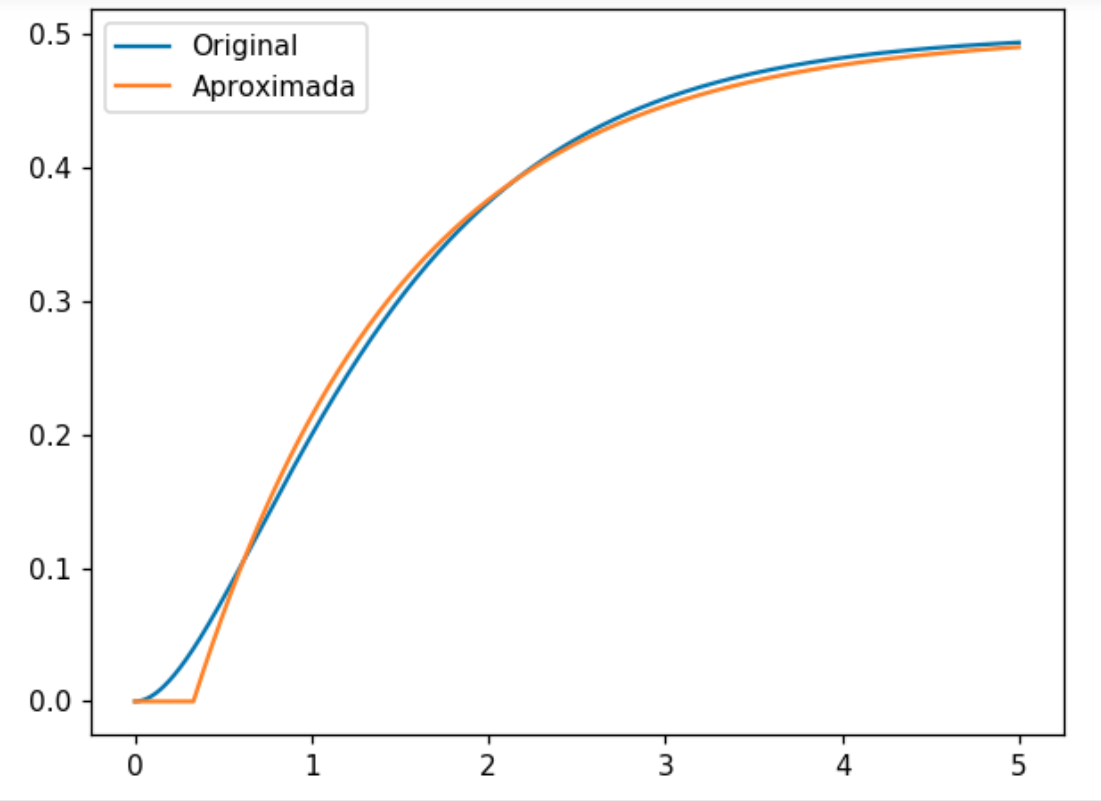


Exemplo

Controle_aula23_ex1.ipynb

```
sys = tf([1],[1,3,2]); # polos em -1 e -2 (sem oscilação)

K = 0.5;
L = 0.33;
tau = 1.2;
G = tf(K,[tau,1],deadtime = L)
```

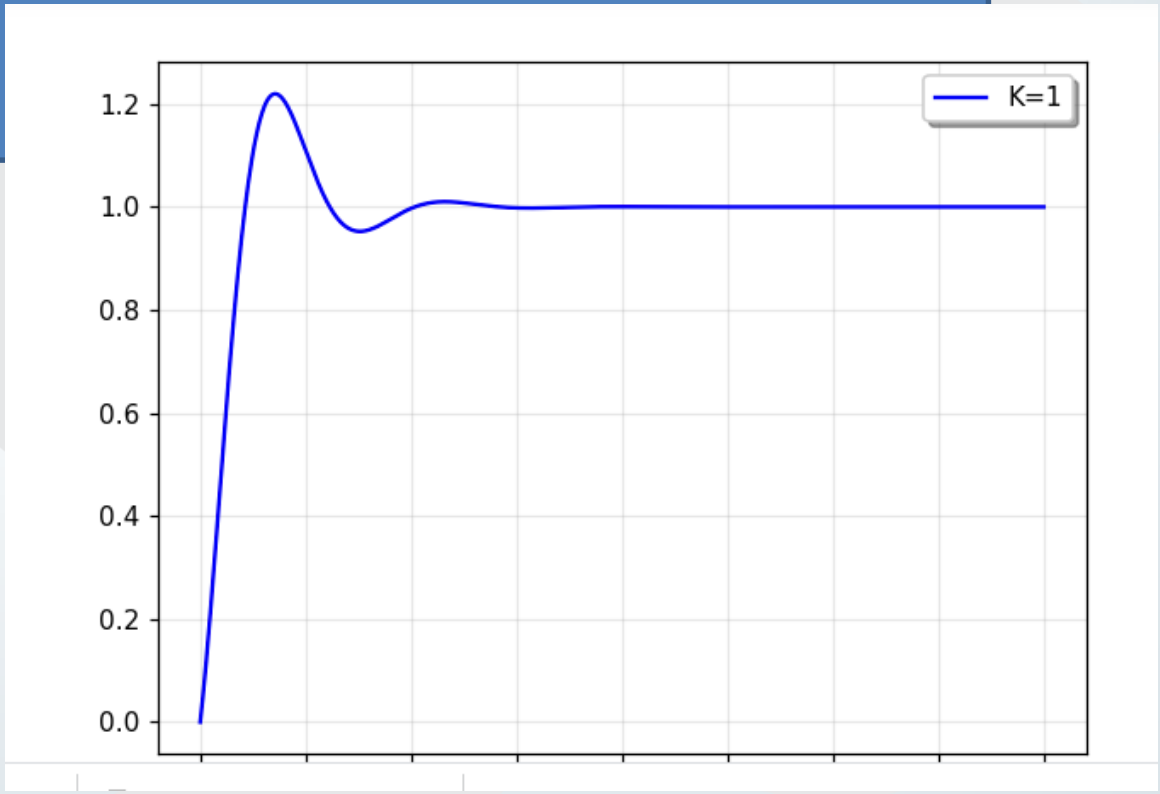


Exemplo

Controle_aula23_ex1.ipynb

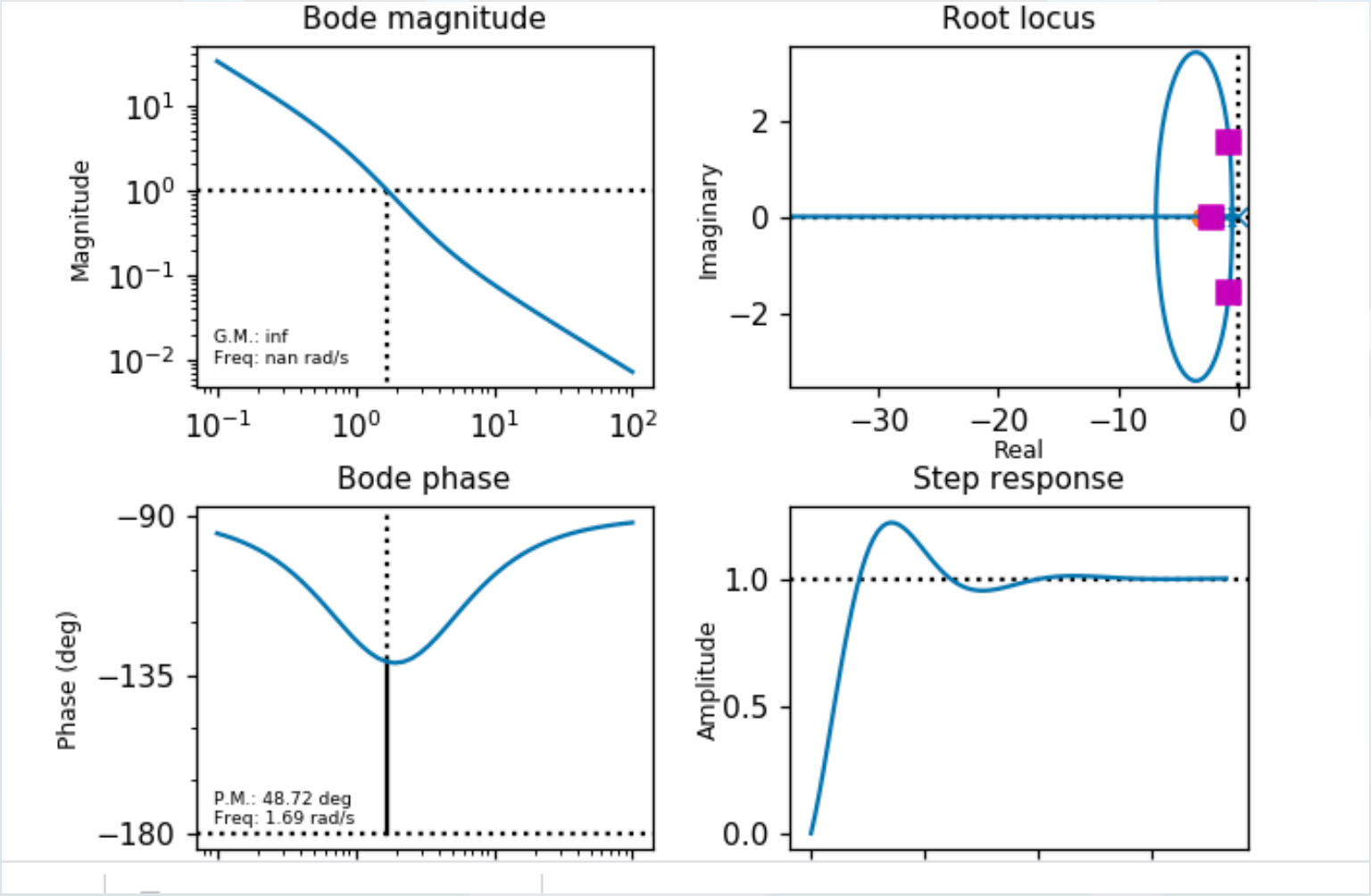
```
G = TransferFunction([1],[1,3,2]);
# PID por Ziegler Nichols
Cpid = TransferFunction(0.6*tau*np.convolve([1,1/0.33],[1,1/0.33]),[1,0]);
# Bode e Nyquist da Malha aberta
L = Cpid*G

MF = feedback(1*L, 1)
```



Exemplo

Controle_aula23_ex1.ipynb



Conclusões

- Aprendemos a usar uma técnica de projeto e avalia-la usando métodos de estabilidade e desempenho

www.eesc.usp.br