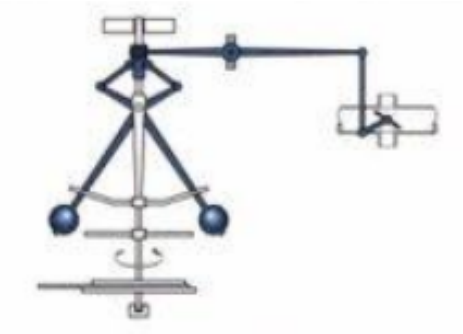
Controle de Sistemas Dinâmicos

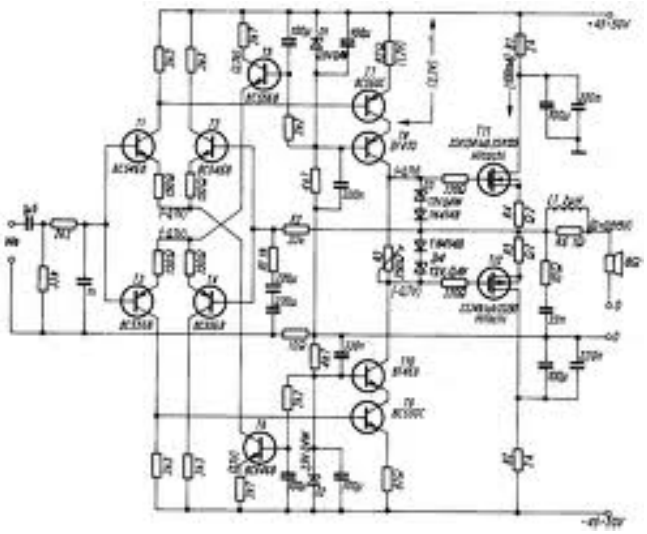
CSD10-Resposta em Frequência



Prof. Adolfo Bauchspiess

ENE/UnB

I – Modelos Dinâmicos



Teórico – Princípios Fundamentais

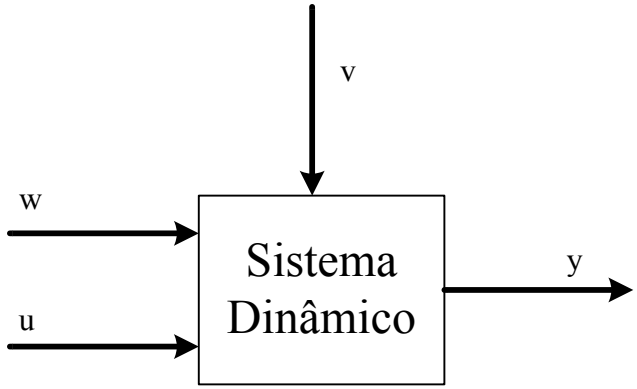
- Caixa Branca (“transparente”)

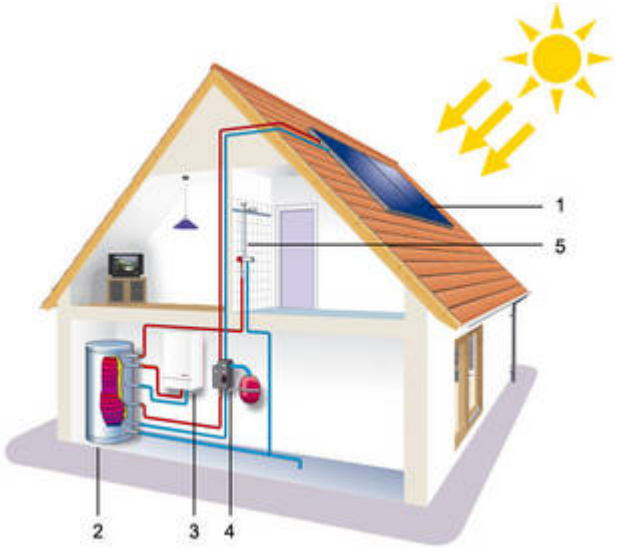
Experimental

- Caixa Preta (“não se vê o conteúdo”)
- Caixa Cinza

- Identificação de Sistemas
- Modelo não-paramétrico: e.g. Bode

Sinais e Sistemas





Sinais:

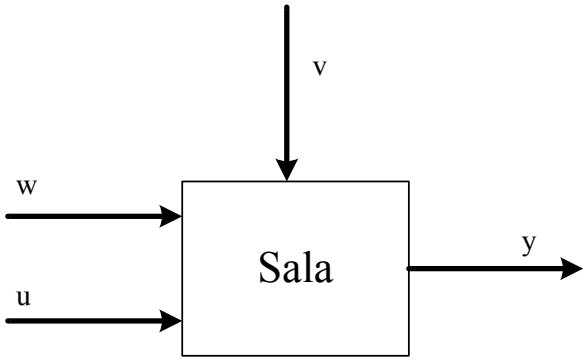
u - entrada (variável manipulada)

y – saída (variável controlada)

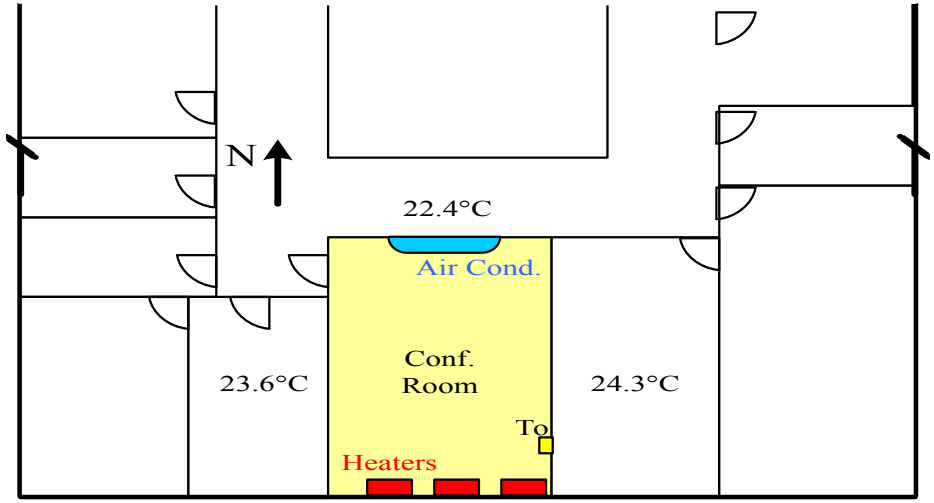
w – perturbação mensurável

v – perturbação não mensurável

Exemplo – Conforto Térmico



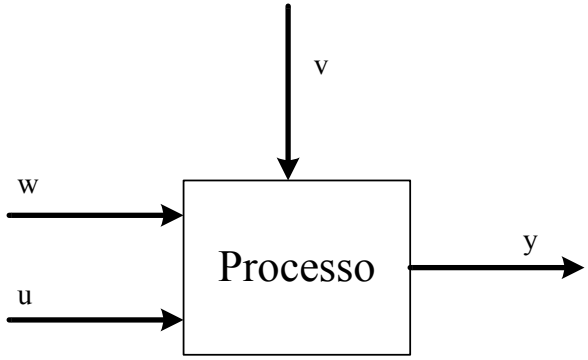
Sistema:



Sinais:

- u – ar condicionado, calefação
- y – temperatura
- w – temperatura externa
- v – radiação solar

Exemplo – Processo de nível



Sistema:

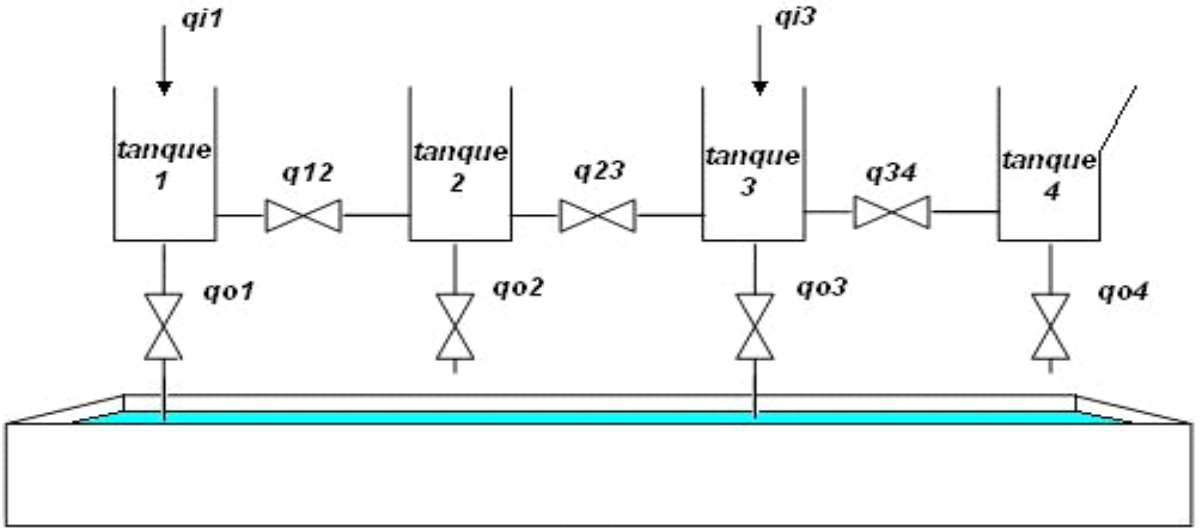
Sinais:

u – *qi1*, vazão [cm^3/s]

y – nível [cm]

w – *qi3*

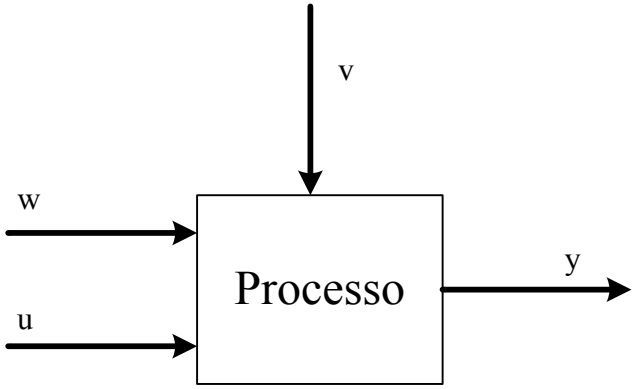
v – ?



Exemplo – Helicóptero

Sistema:

Sinais:
u – motores
y – posição e orientação
w – ?
v – vento



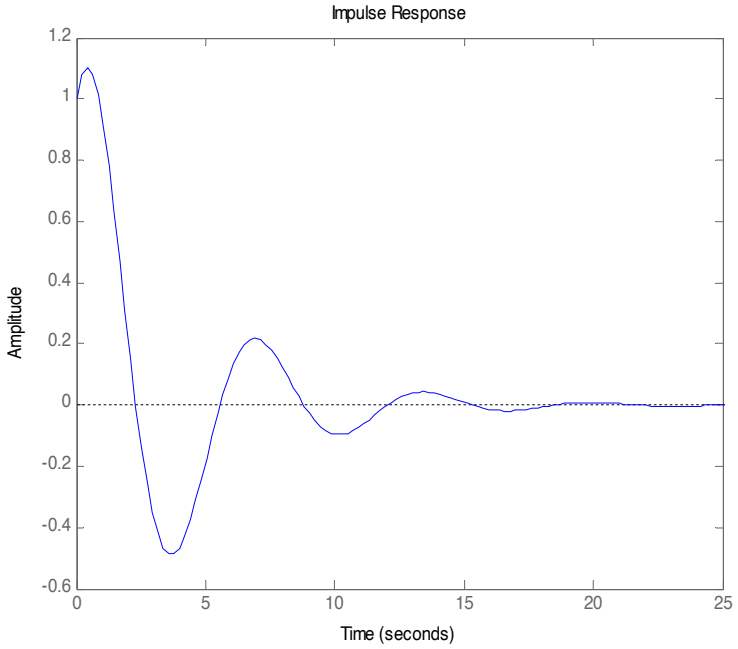
Principais Etapas numa Identificação

- ✓ Coleta de dados
- ✓ Escolha da representação matemática
- ✓ Determinação da estrutura
- ✓ Estimação dos parâmetros
- ✓ Validação

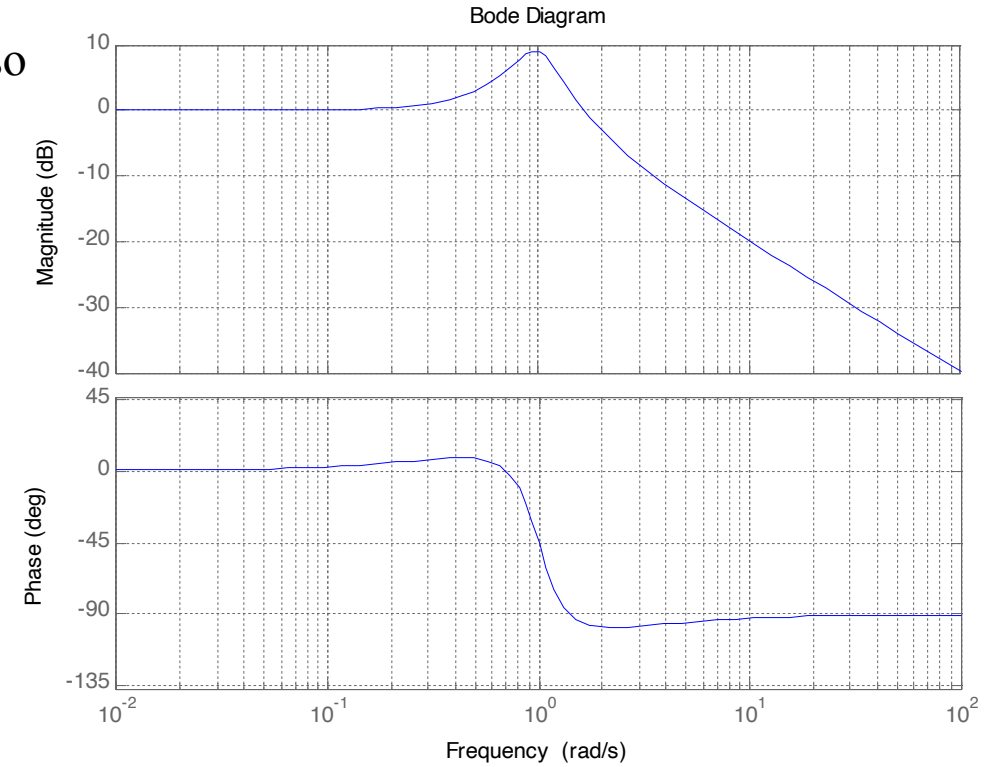
Modelo Paramétrico x Modelo Não P.

$$H(s) = \frac{s+1}{s^2 + 0{,}5s + 1}$$ Modelo Paramétrico

Modelo Não Paramétrico: Resp. Impulso

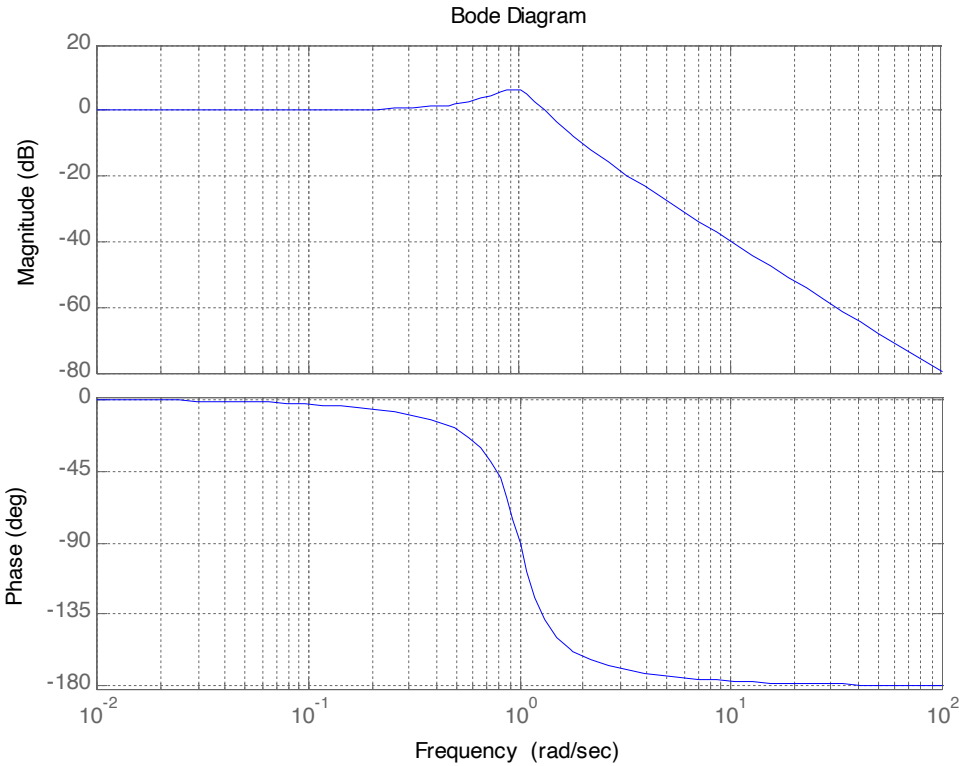


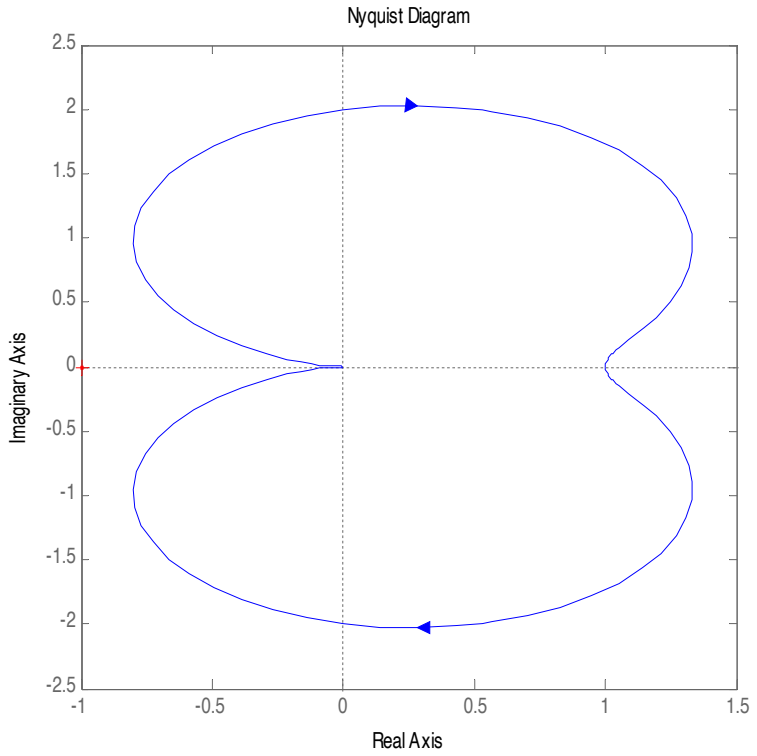
Modelo Não Paramétrico: Diagrama de Bode



Resposta em Frequência

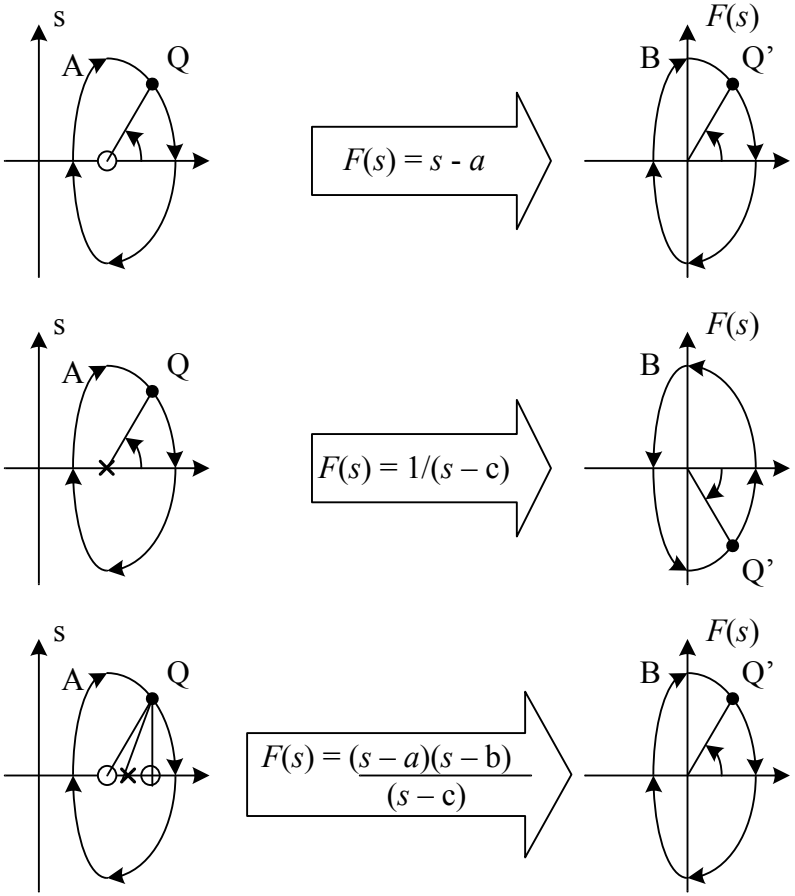
$$G(s) = \frac{1}{s^2 + 0{,}5s + 1}$$





Mapeamento de A via F(s) em B

Contorno A
→ sentido horário



B: Envolve a origem
→ sentido horário

B: Envolve a origem
→ sentido anti-horário

B: Envolve a origem
→ sentido horário

Em MF: P – polos MA, SPD

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{KG(s)}{1+KG(s)}$$

Z – polos MF, SPD

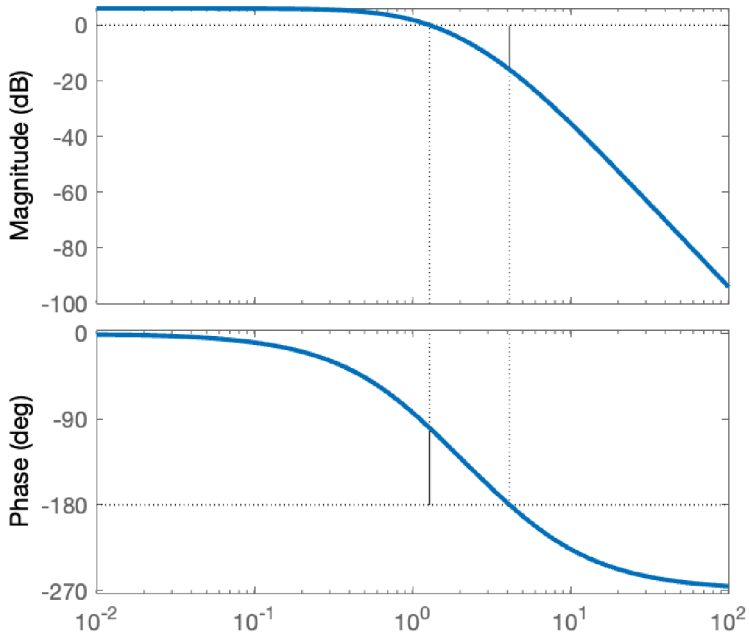
Critério de Nyquist

KG(S) = -1
N – envolvimentos do ponto crít.-1
Z = P – N (N anti-horário, Nise)

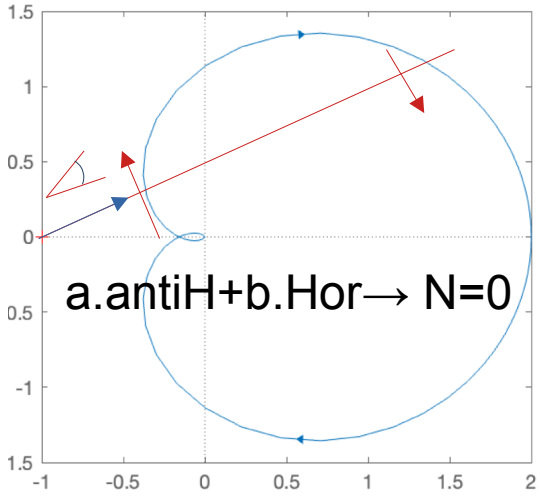
Z = N + P (N horário)

$$Exemplo\ N_1: G(s) = \frac{20}{(s+1)(s+2)(s+5)}$$

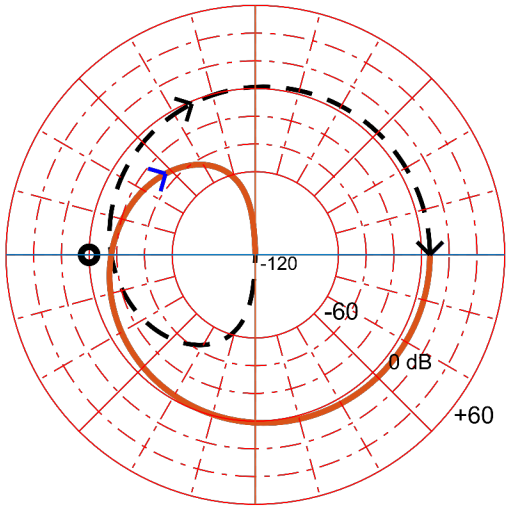
P=0; N=0 → Z = N+P = 0 → estável MF



nyquist.m
(diagr. Polar MA)



nyqlog.m



Em MF: P – polos MA, SPD

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{KG(s)}{1+KG(s)}$$

Z – polos MF, SPD

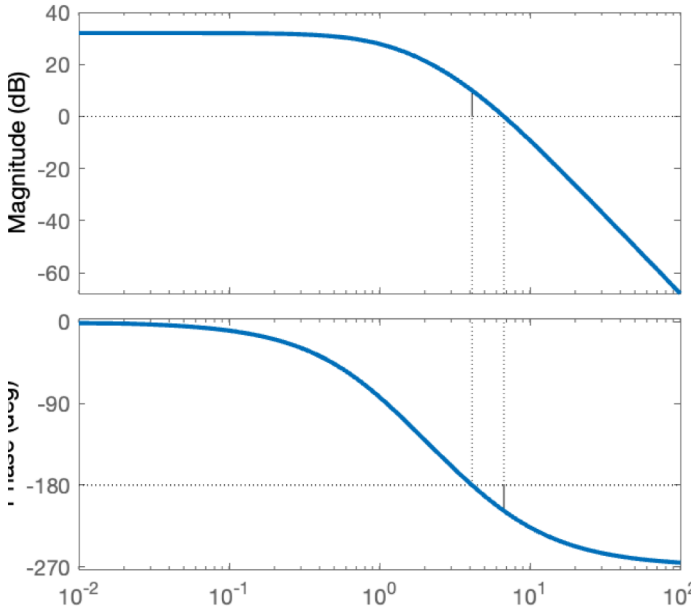
Critério de Nyquist

KG(S) = -1
N – envolvimentos do ponto crít.-1
Z = P – N (N anti-horário, Nise)

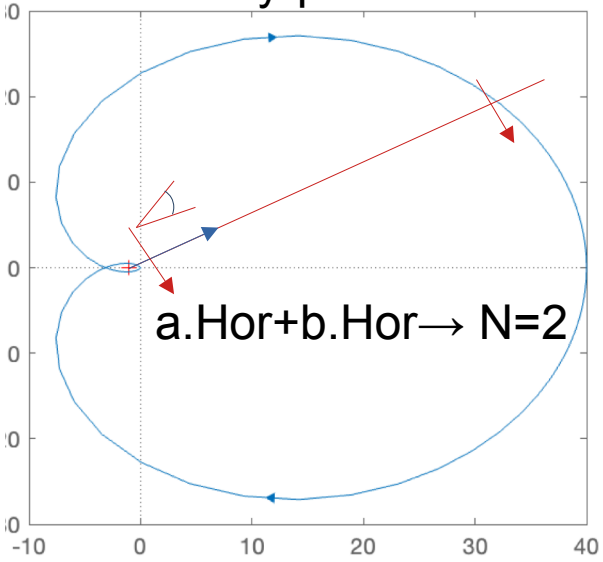
Z = N + P (N horário)

$$Exemplo\ N_2: G(s) = \frac{400}{(s+1)(s+2)(s+5)}$$

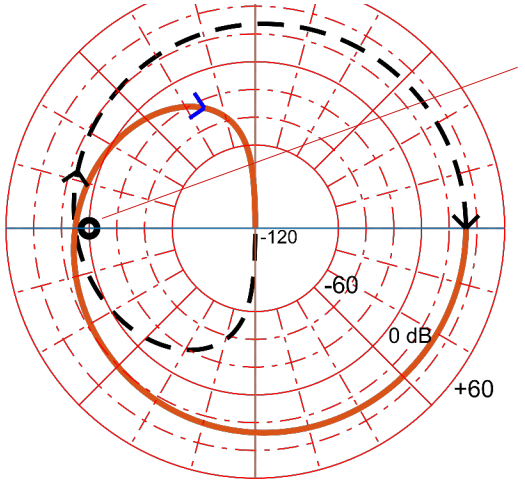
P=0; N=2 → Z = N+P = 2 → instável MF
2 polos MF no SPD



nyquist.m

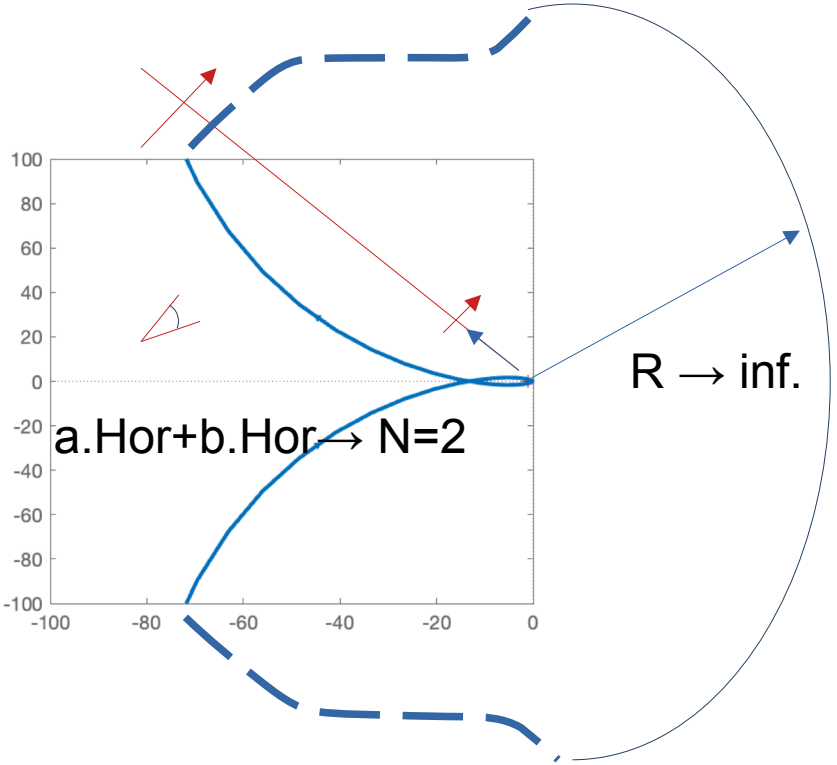


nyqlog.m

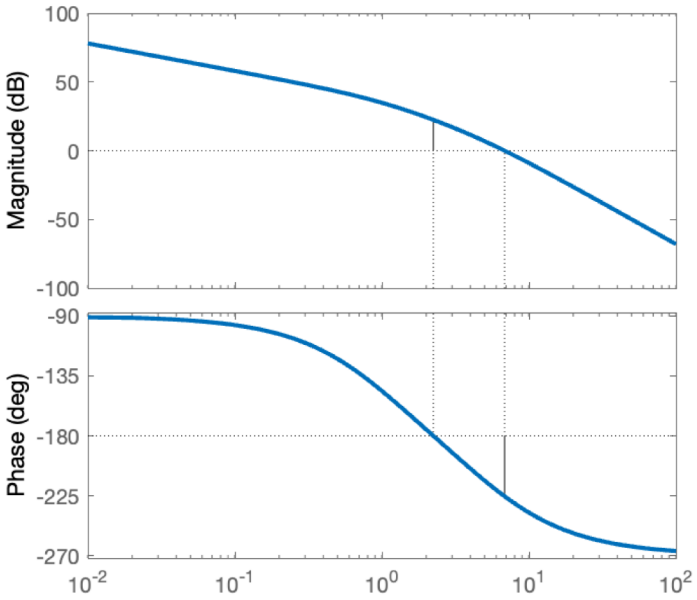


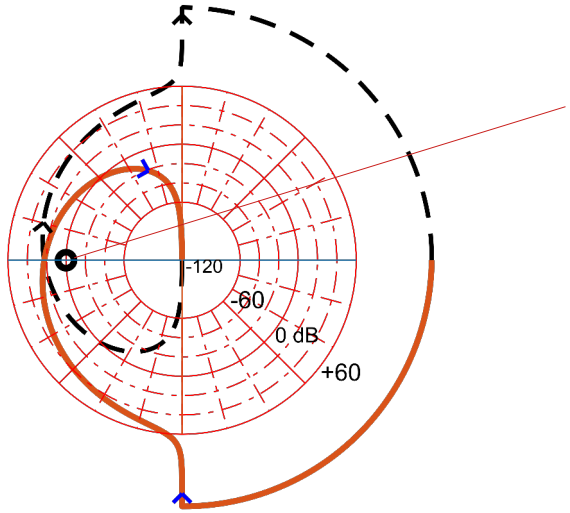
Z = N + P (N horário)

$$Exemplo\ N_3: G(s) = \frac{400}{s(s+1)(s+5)}$$



P=0; N=2 → Z = N+P = 2 → instável MF
2 polos MF no SPD





Em MF: P

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{KG(s)}{1+KG(s)}$$

Z

$$Exemplo\ N_1: G(s) = \frac{20}{(s+1)(s+2)(s+5)}$$

Faixa de ganhos estáveis via Nyquist

G(S) = -1/K (ponto crítico)

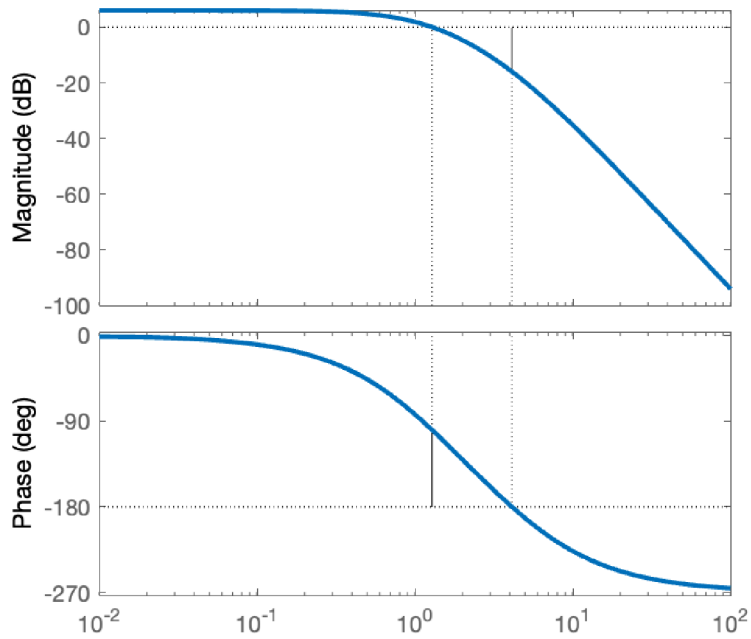
Z = N + P (N horário)

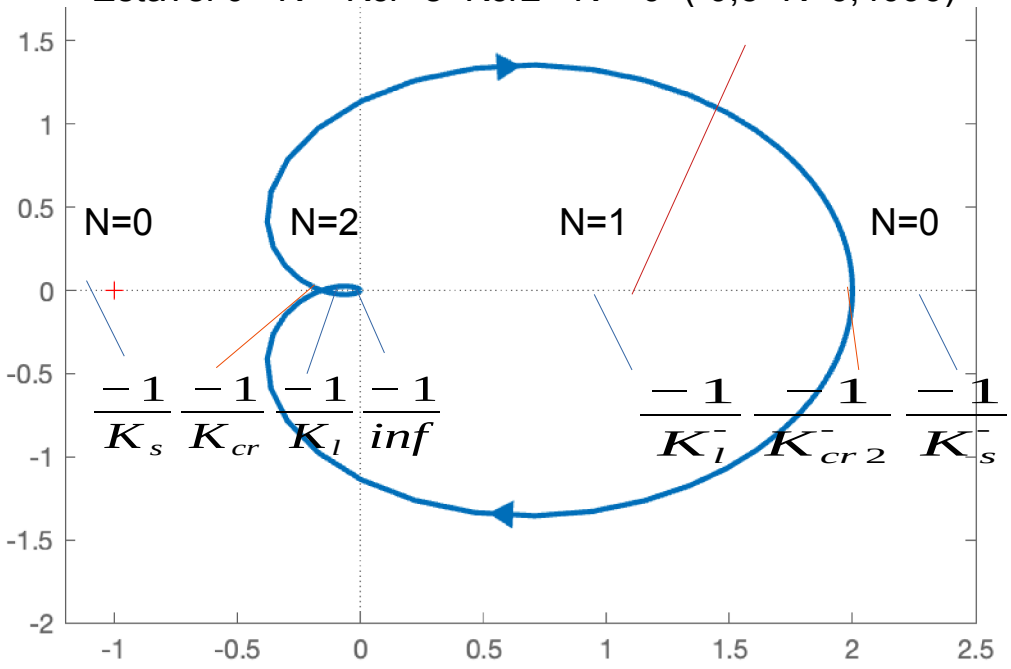
Considerar Nyquist em todo o eixo real e $-\infty < K < \infty$

Em -180° | | = -16db (10^(-16/20)=0,1585
-1/Kcr = -0,1585 => Kcr = 6,3096

Em 0° | | = 2
-1/Kcr2 = 2 => Kcr2 = -0,5

Estável 0< K < Kcr e Kcr2< K < 0 (-0,5<K<6,4096)





Em MF: P

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{KG(s)}{1+KG(s)}$$

Z

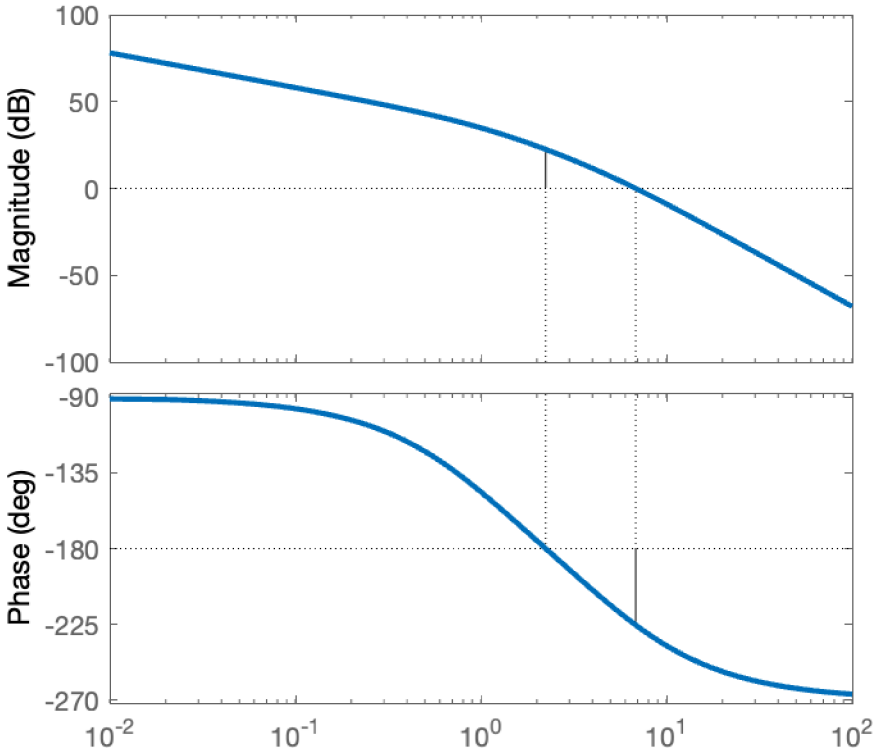
Faixa de ganhos estáveis via Nyquist

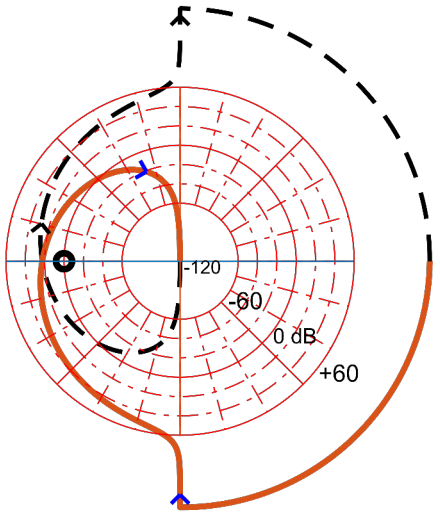
G(S) = -1/K (ponto crítico)

Z = N + P (N horário)

Considerar Nyquist em todo o eixo real e $-\infty < K < \infty$

$$Exemplo\ N_1: G(s) = \frac{40}{s(s+1)(s+5)}$$





Em MF: P

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{KG(s)}{1+KG(s)}$$

Z

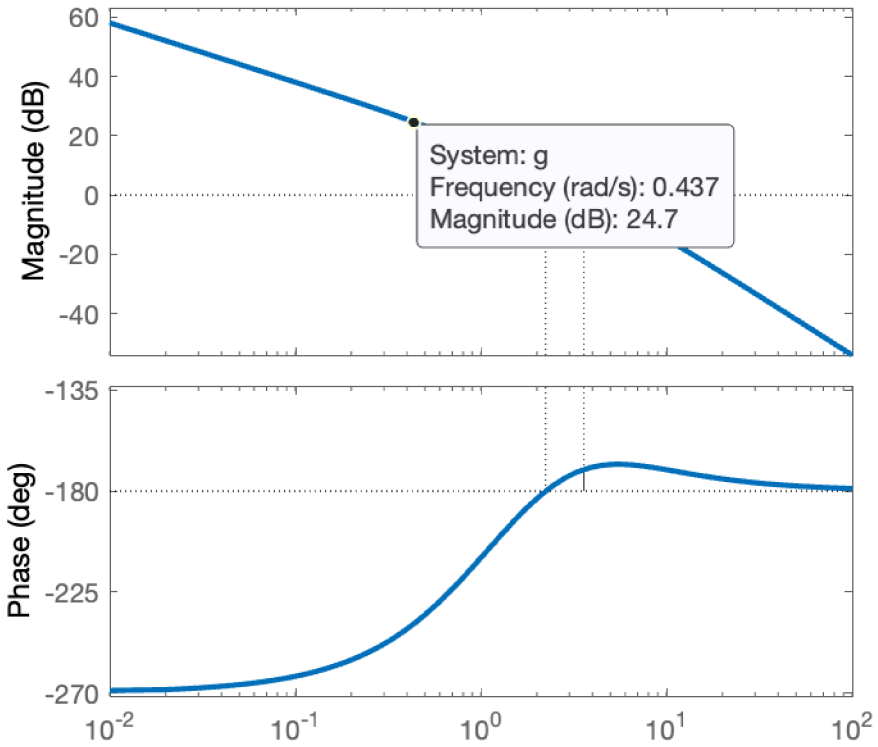
Faixa de ganhos estáveis via Nyquist

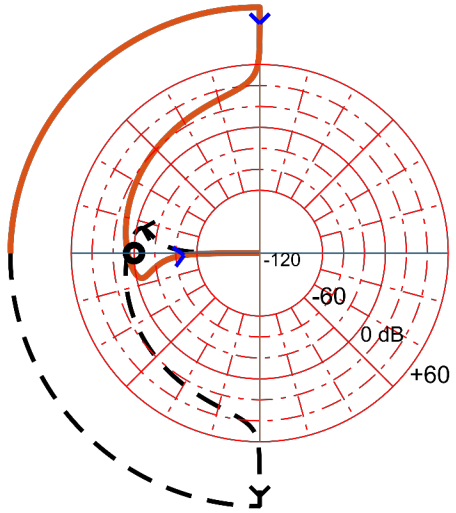
G(S) = -1/K (ponto crítico)

Z = N + P (N horário)

Considerar Nyquist em todo o eixo real e $-\infty < K < \infty$

$$Exemplo\ N_1: G(s) = \frac{20(s+2)}{s(s-1)(s+5)}$$





Em MF: P

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{KG(s)}{1+KG(s)}$$

Z

Faixa de ganhos estáveis via Nyquist

G(S) = -1/K (ponto crítico)

Z = N + P (N horário)

Considerar Nyquist em todo o eixo real e $-\infty < K < \infty$

$$Exemplo\ N_1: G(s) = \frac{20(s+2)(s+5)}{s^2(s-1)(s+20)}$$