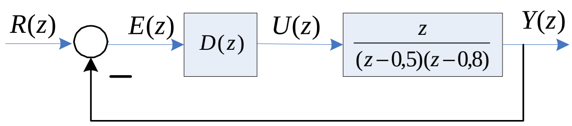
Nome:____Matrícula:______________

Gabarito – Prova de Recuperação

1ª Questão: (3,0) Projete um controlador $D(z) = K\dfrac{z+ze}{z+po}$, que satisfaça as seguintes condições:



- Não haja erro para referências constantes,
- Fator de amortecimento dos pólos dominantes, $\zeta = 0{,}7$,
- Freqüência natural dos pólos dominantes $\omega_n = 0{,}1\pi / T$.

O pólo po = -1, para garantir erro nulo para referências constantes.

Posição desejada dos pólos dominantes no plano z: $\exp(-\zeta\omega_n + j\sqrt{1-\zeta^2}\,\omega_n) = 0{,}7825 + j0{,}1786$

<u>Condição de Fase:</u>

Fase sem considerar o zero em z_d $\left\langle \dfrac{z}{(z-1)(z-0{,}5)(z-0{,}8)} \right|_{z_d = 0{,}7825 + j0{,}1786} = 104{,}33^\circ$

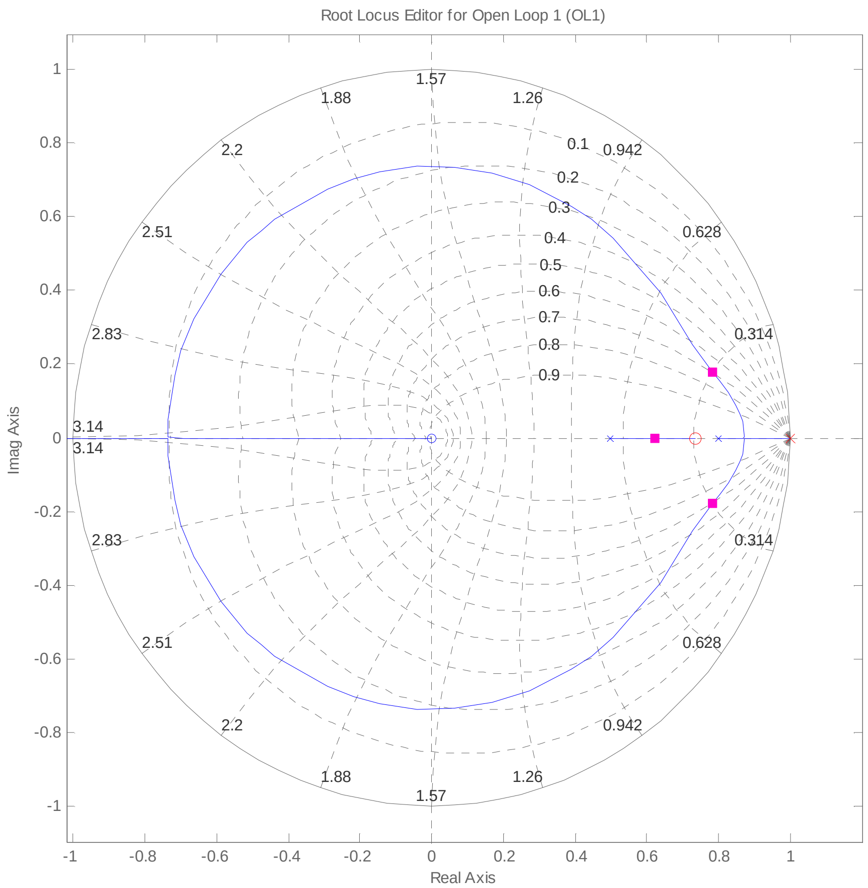
Avanço de fase de ze deve ser de 75,667º

$$\tan(75{,}667^\circ) = \frac{0{,}1786}{\Delta x} \longrightarrow \boxed{ze = 0{,}737}$$

<u>Condição de Módulo:</u>

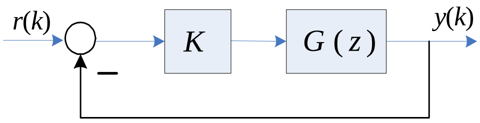
$$\left| \frac{Kz(z-0{,}737)}{(z-1)(z-0{,}5)(z-0{,}8)} \right|_{z_d = 0{,}7825 + j0{,}1786} = 1 \longrightarrow \boxed{K = 0{,}1141}$$

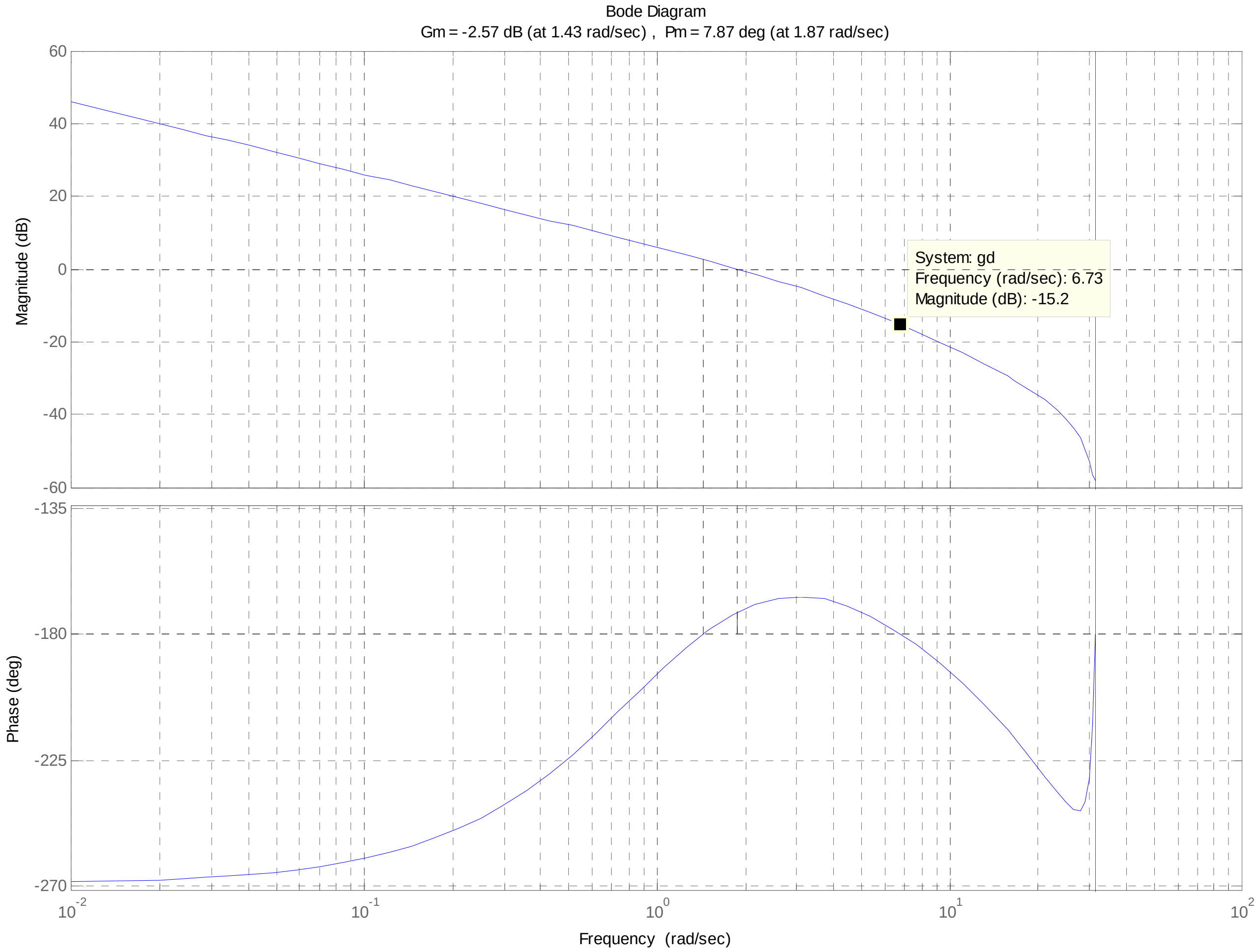
$$\boxed{D(z) = 0{,}1141\frac{z-0{,}737}{z-1}}$$



2ª Questão: (3Pts) Considere o diagrama de Bode de um sistema discreto de 3ª ordem, G(z), que tem um pólo fora do círculo unitário.

a) (2,0) Utilizando o critério de Nyquist, qual a faixa de valores de *K* que produzem uma resposta estável em malha fechada?
b) (1,0) Escolhendo-se o valor de *K* para a maior margem de fase possível, qual o erro em regime permanente a uma rampa unitária de referência, *r*(*k*)?





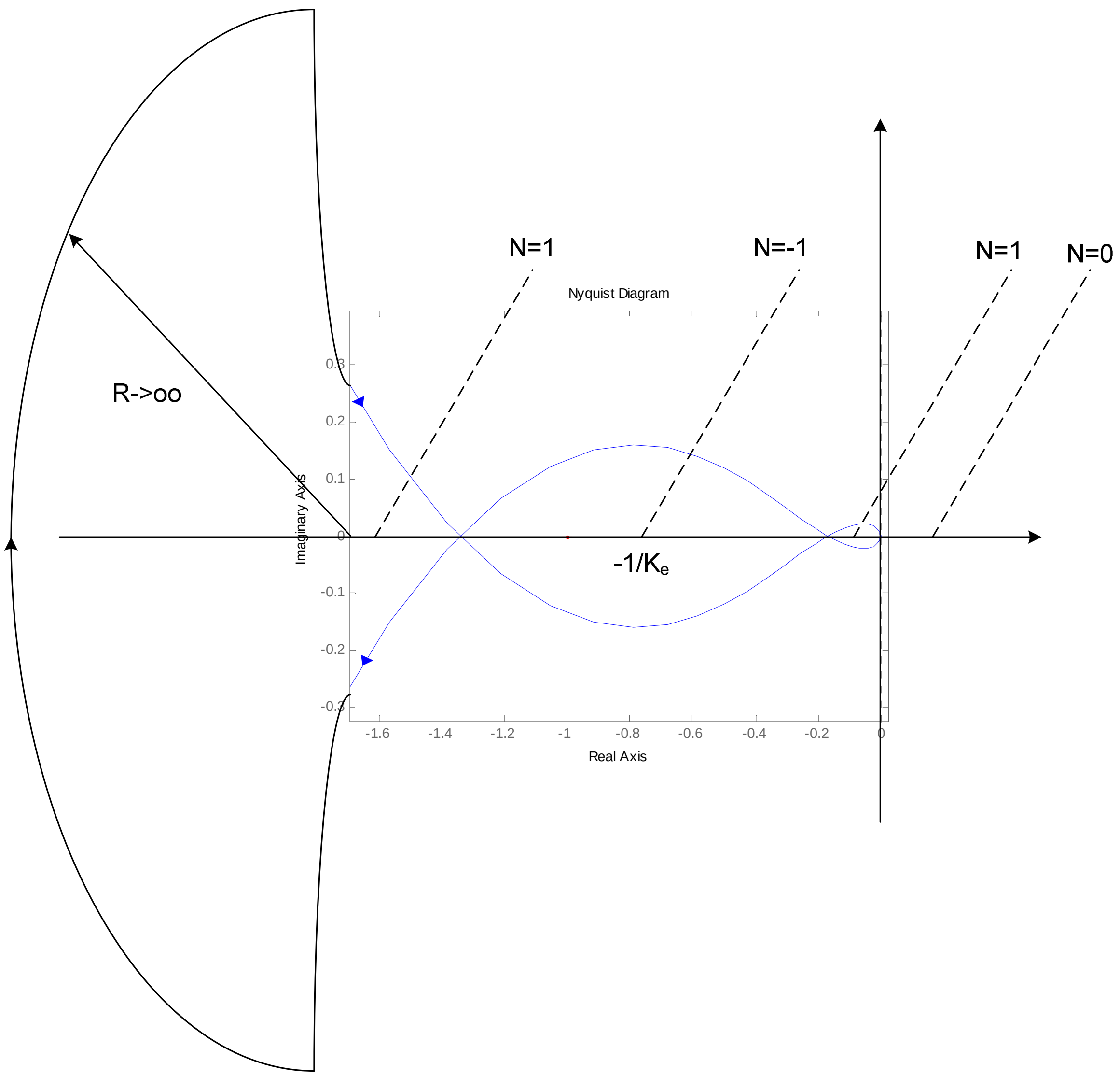
---

g=zpk([-1],[1,0,-5],10);gd=c2d(g,0.1);figure(1);margin(gd);figure(2);nyquist(gd);figure(3);rlocus(gd)

a) Critério de Nyquist: Z = P + N; Um pólo instável →P=1;
Sistema estável para N=-1, um envolvimento no sentido anti-horário.

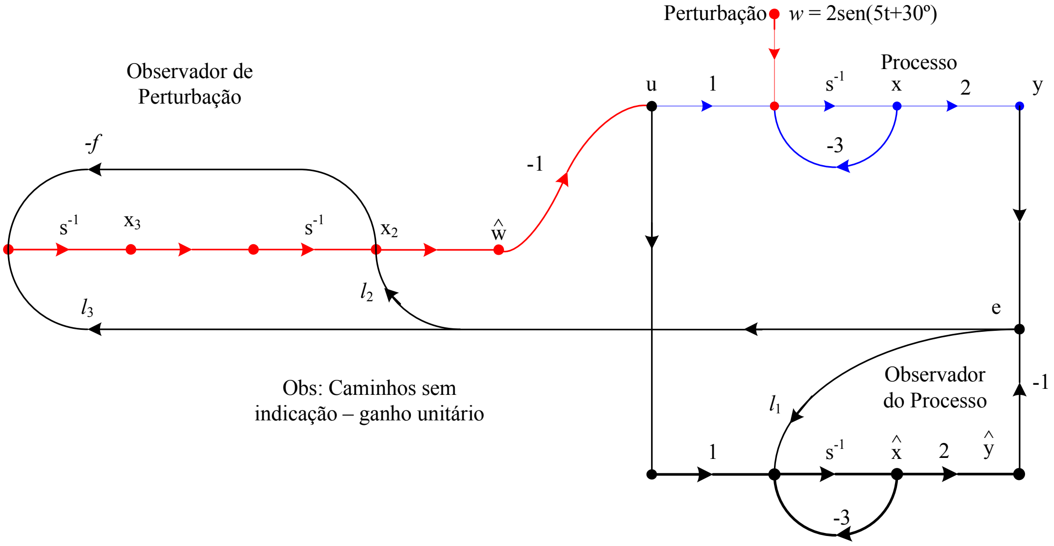
$-2{,}57 < K_{dB} < 15{,}2 \rightarrow \boxed{0{,}7439 < K < 5{,}7544}$

b) MF máxima em 3,1 rad/s → ganho = 5,27dB. Em 1 rad/s ganho = 5,38dB → K_v=10,65dB = 3,408 $\boxed{e_{ss} = 0{,}2934}$



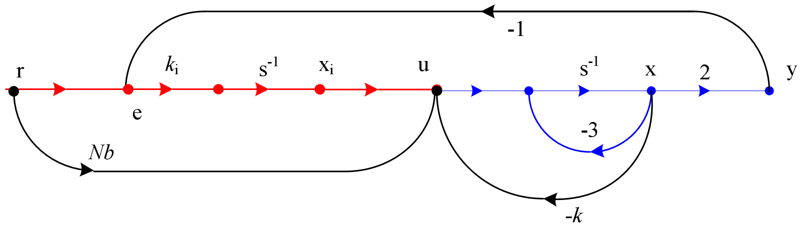
N=1
N=-1
N=1
N=0
Nyquist Diagram
R->oo
-1/K_e
Imaginary Axis
Real Axis
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
-0.3
-1.6
-1.4
-1.2
-1
-0.8
-0.6
-0.4
-0.2
0

3ª Questão: Considerando o Princípio da Separabilidade (projeto independente do controlador e do observador) projete para o processo contínuo $\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{2}{s+3}$, um observador de perturbação que cancele a perturbação w.



a) (2,0) Quais os valores de f, l_1, l_2 e l_3 para que a equação característica do observador (Sistema Aumentado) seja $\Delta(s) = (s+10)^3$?

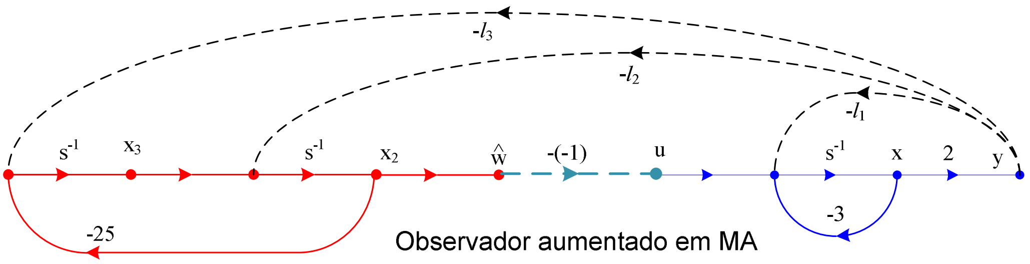
b) (2,0) Acrescente agora ao sistema uma entrada de referência, r, via canal PI, de tal maneira que perturbações constantes sejam rejeitadas e em malha fechada $\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{4(s+4)}{(s+4)(s+4)}$. Calcule: k, k_i e Nb.



---

a) $f = \omega_0^2 = 25.$

b)



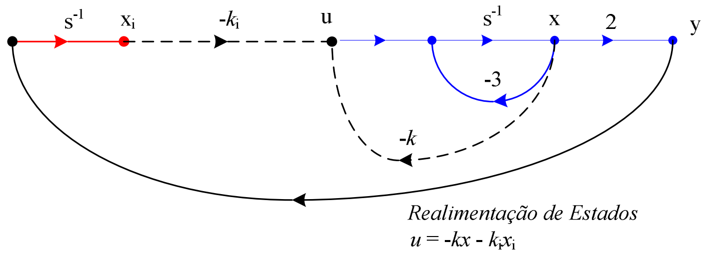
$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -3 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -25 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}$$

$$y = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}$$

$$|sI - A_a + LC_a| = s^3 + s^2(3+2l_1) + s(25+2l_2) + 50l_1 + 2l_3 + 75$$

$$\Delta(s) = s^3 + 30s^2 + 300s + 1000 \qquad \boxed{l_1 = 13{,}5 \quad l_2 = 137{,}5 \quad l_3 = 125}$$

c)



Em malha aberta:

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{x}_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -3 & 0 \\ 2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ x_i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u$$

$$y = \begin{bmatrix} 2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ x_i \end{bmatrix}$$

$$|sI - A + BK| = \begin{vmatrix} s+3+k & k_i \\ -2 & s \end{vmatrix} = s^2 + s(3+k) + 2k_i$$

Escolhendo como o polinômio característico $(s+4)^2 = s^2 + 8s + 16$

$\boxed{k = 5, \quad k_i = 8}$

O canal proporcional deve cancelar um dos pólos do sistema aumentado:

$$\frac{k_i}{s} + N_b = \frac{k_i + sNb}{s} \text{ assim } -\frac{k_i}{Nb} = -4 \rightarrow \boxed{Nb = 2}$$