UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

DISCIPLINA: LABORATÓRIO DE SISTEMA DE CONTROLE

Alunos:Carlos Bruno O. Lopes– 20510297
Delcio Canuto Junior – 20410290
Thiago de Souza Fernandes – 20510289
Thiago da Silva Moraes - 20210484

OBJETIVOS:

1. Entender os conceitos de realimentação de estados
2. Simular o sistema para verificar as especificações dadas

1º)

Matrizes do sistema original:

$X^o = A.x + B.u$
$Y = C.x$

A =

1	1	0
-12	0	1
20	0	0

d
B =

0
1
1

C =

21	-1	1

Especificação:
Ess=0 ao degrau;
Tempo de acomodação < 4s;
Ovs < 10%;

Malha fechada:
X’= Ax + B(Mr-Lx)
X’= (A-BL).x + BMr

Onde Lx mexe nos pólos(posiciona polos), e Mr mexe no ganho

Achando o polinômio de A:

```
D1= poly(A)
```

D1 =

1.0000	-1.0000	12.0000	-20.0000
a0	a1	a2	a3

Achando a matriz Q para determinarmos a forma canônica do controlador:

```
Q= [B A*B A^2*B]*[1 a1 a2; 0 1 a1; 0 0 1]
```

Que dará:

```
Q= [B A*B A^2*B]*[1 -1 12; 0 1 -1;0 0 1];
```

Q =

0	1	1
1	0	-1
1	-1	32

Tendo isso calculamos o Q inverso que dá:

Qinv =

0.0294	0.9706	0.0294
0.9706	0.0294	-0.0294
0.0294	-0.0294	0.0294

Tendo isso calculamos o Abarra, Bbarra, Cbarra:

```
Abarra= inv(Q)*A*Q
```

Abarra =

1.0000	-12.0000	20.0000
1.0000	0.0000	0
0	1.0000	0

```
Bbarra= inv(Q)*B
```

Bbarra =

1
0
0

```
Cbarra= C*Q
```

Cbarra =

0 20 54

D2 = $\Delta d(\lambda)$, Onde $\Delta d(\lambda) = (\lambda+\lambda 1)*(\lambda^2 + 2\zeta\omega n\lambda + \omega n^2)$

$$Ovs = e^{\frac{-\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}}$$

ζ=0,6;

$$ts = \frac{3,2}{\zeta\omega n} < 4$$

$\Delta d(\lambda) = (\lambda+5)*(\lambda^2 + 2*0,6*4*\lambda + 4^2)$
$= (\lambda+5)*(\lambda^2 + 4,8\lambda + 16)$
$= (\lambda^3 + 9,8\lambda^2 + 40\lambda + 80)$

Logo temos D2:

```
D2= conv([1 5], [1 2*0.6*4 16])
```

D2 =

1.0000	9.8000	40.0000	80.0000
d0	d1	d2	d3

Com isso temos Lbarra que é [d1-a1 d2-a2 d3-a3]

```
Lbarra= [9.8+1 40-12 80+20]
```

Lbarra =

10.8000 28.0000 100.0000

Achamos o Lbarra, então achamos L:

```
L= Lbarra*inv(Q)
```

L =

30.4353 8.3647 2.4353

```
Tendo todos os parâmetros, partimos então para a simulação no
simulink.
Para isso temos que setar os parâmetros de C e D;

C= [C; eye(3)]
```

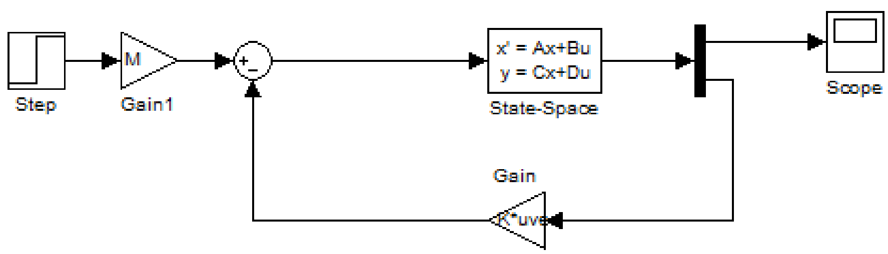
C =

21	-1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	1

```
D=[0 0 0 0]'
```

D =

0
0
0
0

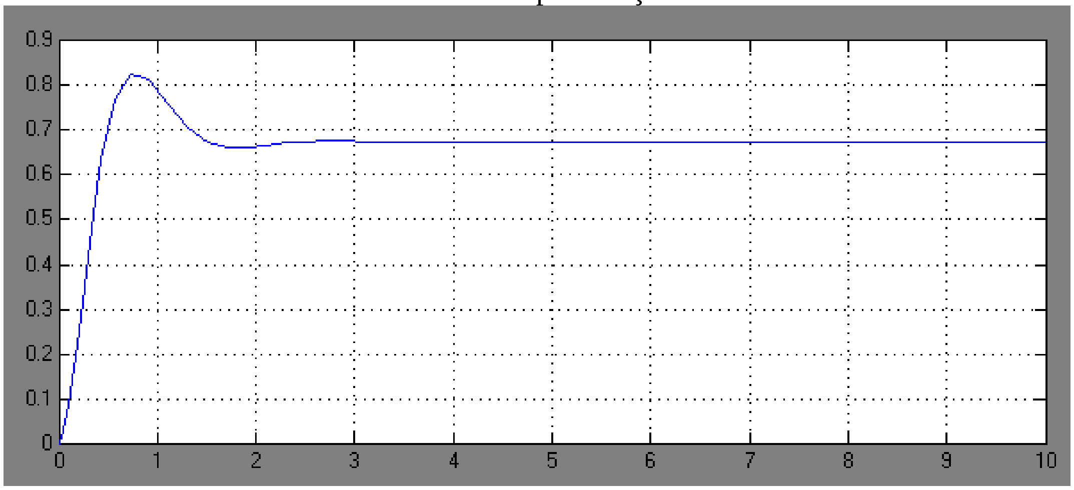


Onde o Gain1 M é igual a 1.
Os parâmetros do space-state são A, B, C e D. dados anteriormente.
O Gain de baixo é igual a L, onde:

L =

30.4353   8.3647   2.4353

A saída do sistema dará de acordo com as especificações dadas.



Ovs, de +- 10%;
Com o tempo de acomodação de acordo com o especificado (menor que 4s), com mais ou menos 3s

Vimos que o Ovs deu muito alto, agora vamos tirar o efeito de zero e observar novamente o Ovs.

Com C igual a
```
C = [21 -1 1]
```
E D igual a
```
D=[0]

G=TF(ss(A,B,C,D))
```

Transfer function:

    20 s + 54
----
s^3 - s^2 + 12 s – 20

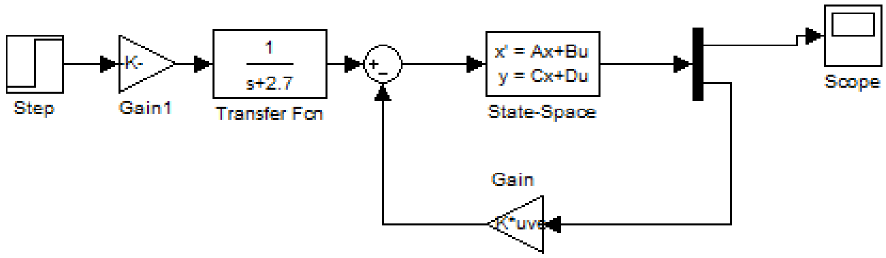
```
G=TF(ss(A,B,C,D))

ZPK(G)
```

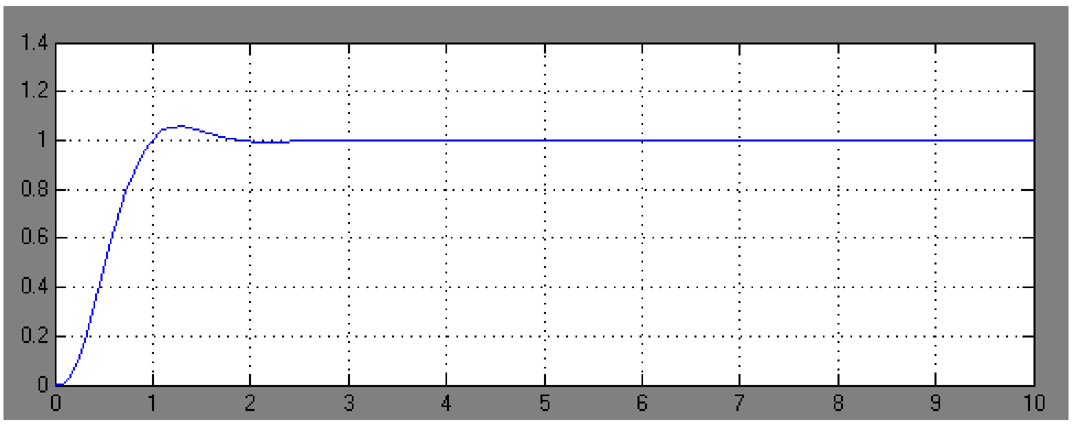
Zero/pole/gain:

         20 (s+2.7)

(s-1.555) (s^2 + 0.5549s + 12.86)

Simulando com mais um polo no zero, para diminuir o Ovs dará:





Vimos então que colocando mais um pólo no zero, o Ovs dará bem menor.Mais ou menos 6,5%.

2°Questão

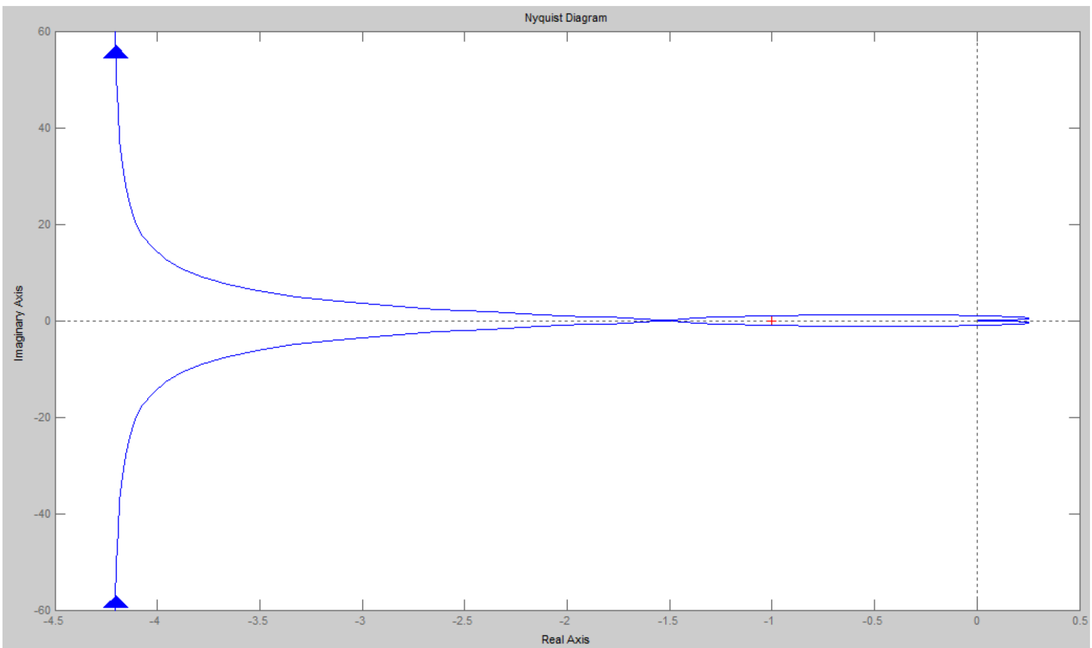
$$G(S) = \frac{30}{S^4 + 2S^3 + \ 9S^2 + 8S}$$

num = [30];

den = [1 2 9 8 0];

p = tf(num,den);

nyquist(p);



$$G(S) = \frac{30}{S^4 + 2S^3 + \ 9S^2 + 8S}$$

$$G(jw) = \ 30\left[\frac{w^2 - 9}{(w^3 - 9)^2 + (8 - 2w^2)^2} + j\,\frac{2w^2 - 8}{w[(w^3 - 9w)^2 + (8 - 2w^2)^2}\right]$$

$$\lim_{w\to 0^+} G(jw) = \frac{30x(-9)}{64} - i = \ -4{,}21 - j$$

$$\lim_{s\to\infty} G(s) = \lim_{s\to\infty}\frac{30/s^4}{1 + \frac{2}{s} + \frac{9}{s^2} + \frac{8}{s^3}} = \ \lim_{s\to\infty}\frac{30}{s^4}$$

$$\lim_{s\to 0} G(s) = \lim_{s\to 0}\frac{30}{s(s^3 + 8s^2 \ + 9s + 8)} = \ \lim_{s\to\infty}\frac{15}{4s}$$

Corte Imaginário

Trecho I

$w = 3{,}03\ rad/s$

$G(jw) = j0{,}98$

$G = \theta \rightarrow w^2 - 9 = 0$

$w = 3rad/s$

$$G(j3) = 30\left(\frac{2x9 - 8}{3[(27-27)^2 + (8-2x9)^2]}\right)$$

$$G(j3) = 30\left(\frac{10}{300}\right)$$

$\mathrm{G(jw)} = 1$

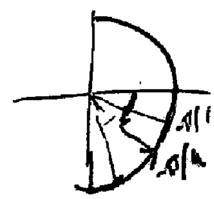
Trecho II

$s = r * e^{j\theta}$

$r \rightarrow 0$

$$\lim_{s\to 0} G(s) = \lim_{r\to 0} \frac{15}{4re^{j\theta}} = \infty\ e^{j\theta}$$

θ	G
π/2	-π/2
π/4	-π
0	0
-π/2	π/2



Trecho III

$s = -jw \rightarrow conj(trecho\ I)$

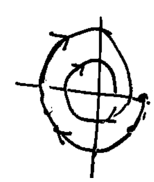
Trecho IV

$s = r * e^{j\theta}$

$r \rightarrow \infty$

$$\lim_{s\to\infty} G(s) = \lim_{r\to\infty} \frac{30}{(re^{j\theta})^4} = \lim_{r\to\infty} \frac{30}{r^4 e^{j4\theta}} = 0\ e^{-j4\theta}$$

θ	G
-π/2	2π
-π/3	4π/3
-π/4	π
-π/6	2π/3
0	0



Malha Aberta

$N_0 = -2 + 1 + 1 = 0$

$Z = 0$

$N_0 = 7 - P$

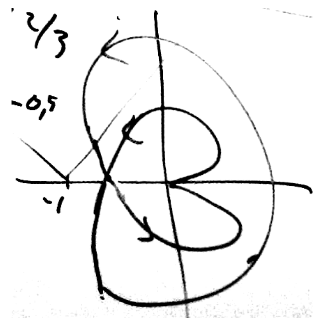
$P = 7 - N_0$

$P = 0$

<u>Malha Fechada</u>

$-1{,}5 * \mathrm{K} = -1$

$\mathrm{K} = \frac{1}{1{,}5} = \frac{2}{3}$



$N_0 = -2 + 1 + 1 = 0$

$\mathrm{Z} = 0$

$N_0 = \mathrm{Z} - \mathrm{P}$

$\mathrm{P} = \mathrm{Z} - N_0$

$P = 0$

$$0 < K < \frac{2}{3}$$

$$K > \frac{1}{3} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{3} * (-1{,}5) = -0{,}5$$

$N_{-1} = 0$

$P = 0$

$Z = 0 \rightarrow$ Estável no intervalo $0 < K < \frac{2}{3}$

<u>Corte eixo real</u>

$2w^2 - 8 = 0 \rightarrow w^2 = 4$

$w = 2\, rad/s$

$$G(j2) = \frac{30(4-9)}{(8-9x2)^2 + (8-2x4)^2} = -\frac{5}{10^2}x30$$

$G(j2) = -1{,}5$

· Malh. Fechada

$K > 0$