

Experiência 7 - Realimentação de Estados

Rodrigo Seiji Piubeli Hirao (186837)

29 de junho de 2021

Conteúdo

1	Controlabilidade do Sistema	2
2	Polos com menor custo de esforço de controle	3
3	Cálculo dos ganhos	3

1 Controlabilidade do Sistema

A partir da forma padrão de equações de estado (1) foi determinado A e B e calculado sua controlabilidade usando o comando 'ctrb' do matlab e o 'rank' para ver que o posto é 4, logo todos os estados do sistema são controláveis.

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax(t) + Bu(t) \\ y = Cx(t) + Du(t) \end{cases} \quad (1)$$

```
>> A = [0 1 0 0;
m_2*l_c*g/Jb -c_r/Jb m_1*g*k_a/(Jb*k_x) 0;
0 0 0 1;
(Jb-m_2*l_0*l_c)*g*k_x/(Jb*k_a) 0 -m_1*l_0*g/Jb -c_1/m_1]

A =

      0      1.0000      0      0
-14.3494 -0.3996      3.2771      0
      0      0      0      1.0000
286.5952      0 -21.3229 -0.9487

>> B = [0; -l_0*k_a*k_s*k_f/Jb ; 0; Ja*k_x*k_s*k_f/(m_1*Jb)]

B =

1.0e+04 *

      0
-0.0970
      0
      1.5100

>> C = [1 0 0 0]

C =

      1      0      0      0

>> D = [0]

D =

      0

>> C0 = ctrb(A, B)

C0 =

1.0e+05 *

      0 -0.0097      0.0039      0.6325
-0.0097      0.0039      0.6325 -0.7778
      0      0.1510 -0.1432 -5.8636
      0.1510 -0.1432 -5.8636      9.7277

>> rank(C0)
```

```
ans =
```

```
4
```

2 Polos com menor custo de esforço de controle

Foi escolhido o polo $r = 50$ pois este possui o menor esforço de controle e mantendo propriedades de amortecimento e frequência muito parecidos, pois o polo dominante quase não muda entre os casos.

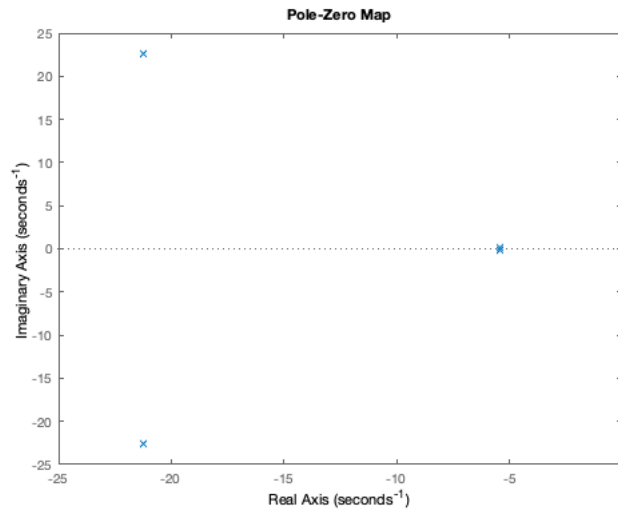


Figura 1: Polos de $r = 50$

```
>> p50 = [-6.9+10.3i, -6.9-10.3i, -5.1+0.64i, -5.1-0.64i]
```

```
p50 =
```

```
-6.9000 +10.3000i -6.9000 -10.3000i -5.1000 + 0.6400i -5.1000 - 0.6400i
```

3 Cálculo dos ganhos

Usando a função 'acker' do matlab podemos descobrir que $k_1 = 0.2408$, $k_2 = 0.0806$, $k_3 = 0.0366$ e $k_4 = 0.0067$, assim temos que $k_{pf} = 0.1410$. E usando a função 'eig' podemos confirmar que os nossos ganhos estão certos.

```
>> K = acker(A, B, p50)
```

```
K =
```

```
0.2408    0.0806    0.0366    0.0067
```

```
>> k_pf = -m_1*g/(k_a*k_s*k_f) - K(3)*k_x*(m_1*l_0+m_2*l_c)/(m_1*k_a)+K(1)
```

```
k_pf =
```

```
0.1410
```

```
>> eig(A-B*K)
```

```
ans =
```

```
-6.9000 +10.3000i
```

$-6.9000 - 10.3000i$
 $-5.1000 + 0.6400i$
 $-5.1000 - 0.6400i$

Simulando esses valores temos o sistema da figura 2 com a resposta ao degrau da figura 3 que mostra um erro 0 de x em relação à entrada.

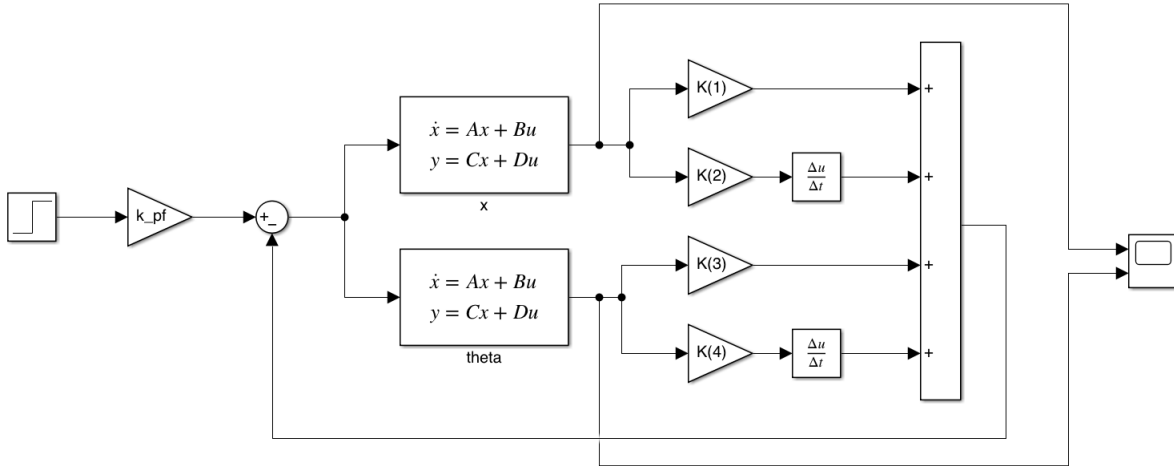


Figura 2: Sistema do controle por realimentação de estados

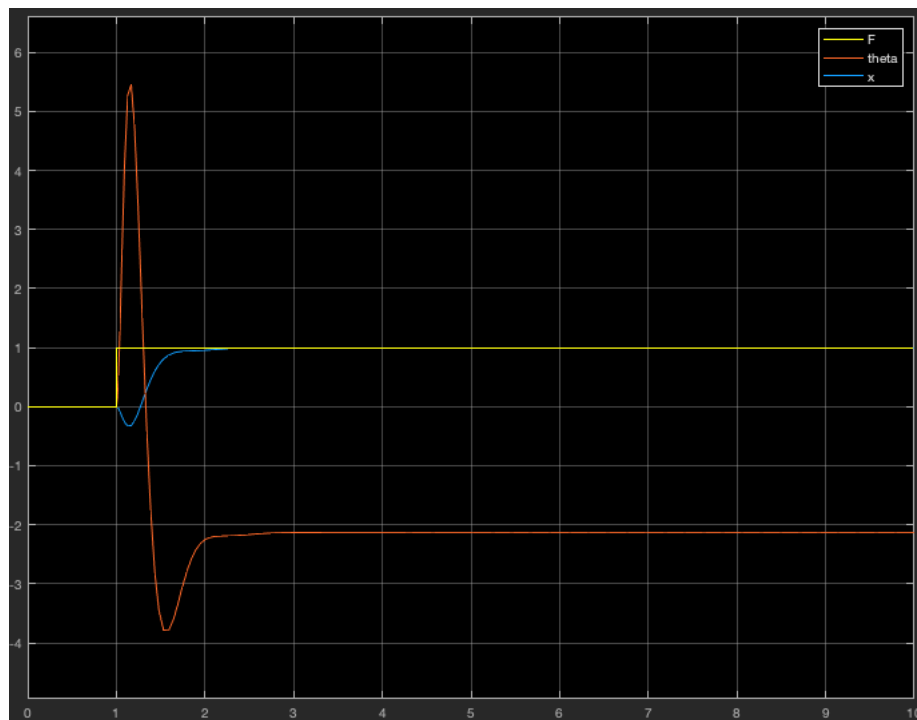


Figura 3: Resposta sistema do controle por realimentação de estados ao degrau unitário