

# UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

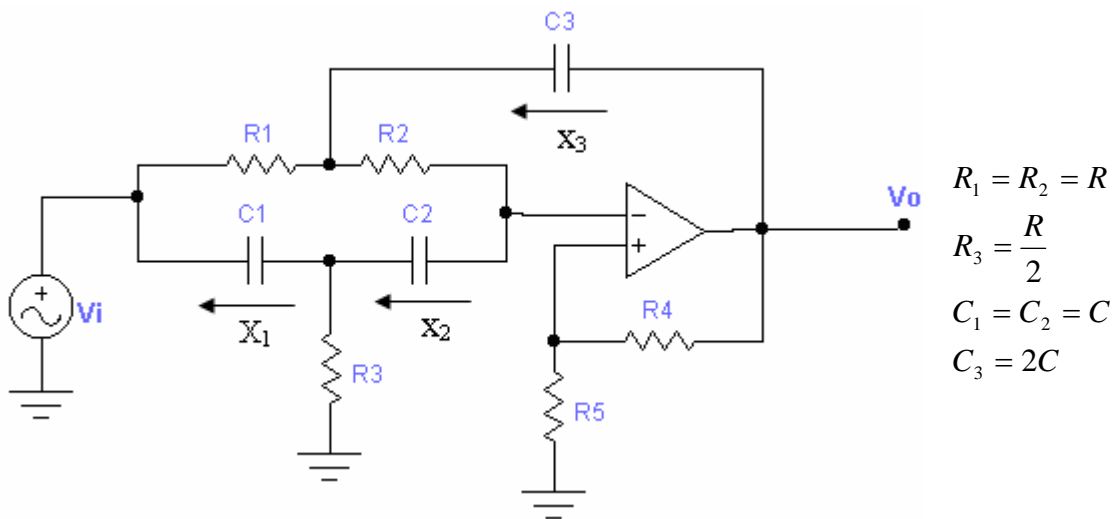
## DISCIPLINA: LABORATÓRIO DE SISTEMA DE CONTROLE

### ENSAIO 07: OBSERVABILIDADE

#### OBJETIVOS:

1. Entender os conceitos de observabilidade e controlabilidade.
2. Fazer decomposição estrutural e determinar uma realização mínima de um sistema linear.
3. Identificar formas canônicas e retirar propriedades explícitas.
4. Identificar instabilidade de sistemas e determinar limites de estabilidade
5. Utilizar o processador simbólico do matlab, e parametrizar sistemas através de máscaras no simulink.

**Planta sob Análise:** Um filtro do tipo noch mostrado na figura .



Adotando-se  $x^T = [V_{c1} \ V_{c2} \ V_{c3}]$  como estado, o Filtro é modelado por

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} -\frac{1}{RC} \left( 2 - \frac{R_4}{R_5} \right) & \frac{1}{RC} \cdot \frac{R_4}{R_5} & -\frac{1}{RC} \\ \frac{1}{RC} \cdot \frac{R_4}{R_5} & \frac{1}{RC} \cdot \frac{R_4}{R_5} & -\frac{1}{RC} \\ \frac{1}{2RC} \cdot \left( 1 + \frac{2R_4}{R_5} \right) & \frac{1}{2RC} \left( 1 + \frac{2R_4}{R_5} \right) & -\frac{1}{RC} \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} \frac{1}{RC} \left( 2 - \frac{R_4}{R_5} \right) \\ -\frac{1}{RC} \cdot \frac{R_4}{R_5} \\ -\frac{1}{RC} \cdot \frac{R_4}{R_5} \end{bmatrix} u(t)$$

$$y(t) = \begin{bmatrix} -\left( 1 + \frac{R_4}{R_5} \right) & -\left( 1 + \frac{R_4}{R_5} \right) & 0 \end{bmatrix} x(t) + \left[ 1 + \frac{R_4}{R_5} \right] u(t)$$

$$G(s) = \left( 1 + \frac{R_4}{R_5} \right) \frac{\left( s + \frac{1}{RC} \right) \left( s^2 + \frac{1}{R^2 C^2} \right)}{\left( s + \frac{1}{RC} \right) \left[ s^2 + \frac{2}{RC} \left( 1 - \frac{R_4}{R_5} \right) s + \frac{1}{R^2 C^2} \right]}$$

Faça uma realização no simulink parametrizada em termos de  $RC$  e  $K = \frac{R_4}{R_5}$

1ª) Para  $RC=2$  e  $\frac{R_4}{R_5} = \frac{1}{2}$

a) Simule para  $u(t) = 0$  e  $x(0) = \begin{bmatrix} 10 \\ 10 \\ 15 \end{bmatrix}$ . Mostre os estados e a saída

b) Sob as mesmas condições, simule para  $u(t) = 0$  e  $x(0) = \begin{bmatrix} 10 \\ -10 \\ -10 \end{bmatrix}$  Mostre os estados e a saída

c) Verifique se o sistema é observável - use as funções `obsv()` e `rank()`. Interprete os resultados de **a** e **b**.

d) Represente na forma de Kalman. – Sugestão: determine  $\theta^*$  usando a função `null()` e arranje um subespaço complementar.

e) Mude de base novamente de modo que a parte observável fique na forma canônica do observador. Determine a função de transferência - confirme com o uso de `tf()` ou `zpk()`.

Sugestão use a transformação  $Q_2 = \begin{bmatrix} I & 0 \\ 0 & Q_1 \end{bmatrix}$  onde  $Q_1$  leva o subsistema observável para a forma canônica desejada.

f) Simule o sistema relaxado na base original e também o sistema de ordem mínima equivalente para uma entrada degrau unitário. Interprete os resultados.

2ª) Simule para  $RC=2$  e  $\frac{R_4}{R_5} = 1$

a) Simule para  $u(t) = \delta_{-1}(t)$  e  $u(t) = \text{sen}(5t)$ . Mostre os estados e a saída. Interprete os resultados.- atente para transitório e regime permanente

b) Determine a função de transferência na forma de pólos, zeros e ganho.

c) Represente na forma de Kalman com a decomposição estrutural completa – Determine  $\theta^*$ ,  $V_c$ ,  $V_1 = \theta^* \cap V_c$  e demais subespaços complementares.necessários para decomposição

d) Qual a função de transferência do sistema. Confirme usando `zpk()`.

e) Determine o sistema de ordem mínima equivalente.

3ª) Uso do processador simbólico do matlab. Declare os parâmetros do circuito através do comando `>> syms RC K`.

Declare as matrizes do sistema de forma simbólica.

a) Determine a matriz de observabilidade e determine o subespaço inobservável.

b) Faça a transformação de base com  $Q = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & K & 1 \end{bmatrix}$ . represente o sistema na nova base.e

simplifique as expressões literais usando as funções `simplify` e/ou `simple`.

- c) Através de inspeção na nova base, determine sob que valores de  $K$  o sistema é controlável?
- d) Determine a função de transferência do sistema de forma simbólica e faça simplificação

4ª) Simule para  $RC=2$  e  $K = \frac{R_4}{R_5} = 2$

- a) Simule para  $u(t) = \text{sen}(5t)$  mostre os estados e a saída
  - b)** Determine a função de transferência, pólos, zeros e ganho. Justifique a resposta obtida em **a**
  - c) Verifique estabilidade em função de  $K$  e justifique o comportamento dinâmico obtido em **a**.
- Sugestão:** use o critério de Routh