

# UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

## DISCIPLINA: LABORATÓRIO DE SISTEMA DE CONTROLE

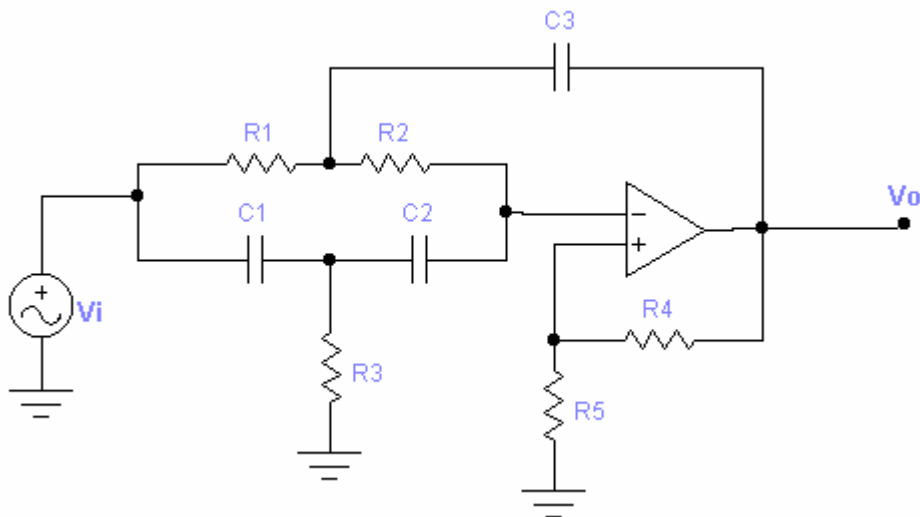
### ENSAIO 07: REALIZAÇÃO DE ESTADOS

#### OBJETIVOS:

1. Entender os conceitos de controlabilidade
2. Representar nas formas canônicas de controlabilidade e do controlador
3. Identificar as canônicas e retirar propriedades explícitas.
4. Fazer a decomposição de um sistema em partes controláveis e não-controláveis.

**Formulação do Problema:** Um sistema dinâmico é modelado por

12<sup>a</sup>) Um filtro do tipo notch é mostrado na figura .  $R_1=R_2=R$ ,  $R_3=R/2$   $C_1=C_2=C$  e  $C_3=2C$



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

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} -\frac{1}{RC} \left( 2 - \frac{R_4}{R_5} \right) & \frac{1}{RC} \cdot \frac{R_4}{R_5} & -\frac{1}{RC} \\ \frac{1}{RC} \cdot \frac{R_4}{R_5} & \frac{1}{RC} \cdot \frac{R_4}{R_5} & -\frac{1}{RC} \\ \frac{1}{2RC} \cdot \left( 1 + \frac{2R_4}{R_5} \right) & \frac{1}{2RC} \left( 1 + \frac{2R_4}{R_5} \right) & -\frac{1}{RC} \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} \frac{1}{RC} \left( 2 - \frac{R_4}{R_5} \right) \\ -\frac{1}{RC} \cdot \frac{R_4}{R_5} \\ -\frac{1}{RC} \cdot \frac{R_4}{R_5} \end{bmatrix} u(t)$$
$$y(t) = \begin{bmatrix} -\left( 1 + \frac{R_4}{R_5} \right) & -\left( 1 + \frac{R_4}{R_5} \right) & 0 \end{bmatrix} x(t) + \left[ 1 + \frac{R_4}{R_5} \right] u(t)$$

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

1ª) Para  $RC=2$  e  $\frac{R_4}{R_5} = \frac{1}{2}$  faça simulação mostrando os estados em um único scope e as projeções

nos eixos ( X1, X2), (X1,X3) e (X2,X3) usando XY graph.

- Simule para  $u(t) = 1 + \sin 4t$  e  $x(0)=0$
- Determine a matriz de controlabilidade e verifique a controlabilidade do sistema..
- Determine o subespaço controlável do sistema.
- Caso o sistema seja controlável represente-o nas formas canônicas de controlabilidade e do controlador
- Determine o polinômio característico e a função de transferência do sistema
- Simule para  $u(t) = \sin(0,5t)$
- Simule para  $u(t)=0$  e  $x(0) = [4 \ -3 \ 8]^T$ , qual o valor de  $x(4)$ ? Verifique usando a função `expm()` do matlab.
- Justifique os resultados obtidos nos itens **e** e **f**.

2ª) Para  $RC=2$  e  $\frac{R_4}{R_5} = 1$  faça simulação mostrando os estados em um único scope e as projeções

nos eixos ( X1, X2), (X1,X3) e (X2,X3) usando XY graph.

- Simule novamente para  $u(t) = 1 + \sin 5t$  e  $x(0)=0$ .
- Determine a matriz de controlabilidade e verifique a controlabilidade do sistema.
- Determine o subespaço controlável do sistema.
- Determine os autovalores do sistema e verifique quais são controláveis
- Determine a função de transferência na forma de pólos, zeros e ganho
- Simule para  $u(t) = \sin(0,5t)$
- Caso o sistema seja não-controlável faça a decomposição em partes controlável e não-controlável.
- Confrontando os resultados dos itens a da 1ª e da 2ª questões.interprete os resultados das simulações
- Simule o sistema de ordem mínima – mostre estados e saídas.
- Faça a projeção do estado na base original para a base nova  $x_1$  em scope e  $x_2$  e  $x_3$  em xygraph.. Interprete os resultados.

Lembrete

Representação da forma canônica do controlador. A matriz de transformação de base  $x = Q\bar{x}$  é dada

$$\text{por } Q = [B \quad AB \quad A^2B \quad \cdots \quad A^{n-2}B \quad A^{n-1}B] \bullet \begin{bmatrix} 1 & a_1 & a_2 & \cdots & a_{n-2} & a_{n-1} \\ 0 & 1 & a_1 & a_2 & \cdots & a_{n-2} \\ 0 & 0 & 1 & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & a_1 & a_2 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 & 1 & a_1 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

onde  $a_i$  são os coeficientes do polinômio característico

$$\Delta(\lambda) = \lambda^n + a_1\lambda^{n-1} + a_2\lambda^{n-2} + \cdots + a_{n-2}\lambda^2 + a_{n-1}\lambda + a_n$$