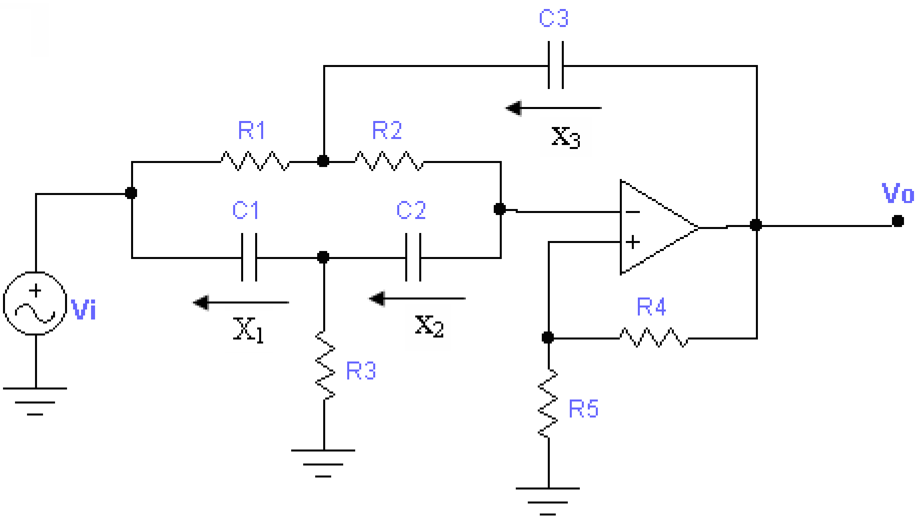
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

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. 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 .



$$R_1 = R_2 = R$$
$$R_3 = \frac{R}{2}$$
$$C_1 = C_2 = C$$
$$C_3 = 2C$$

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

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

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

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

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

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 θ^* 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 é a matriz de transformação de base que 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 $u(t) = sen(5t)$. 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 θ^*, 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

Fundamentação Decomposição estrutural de Kalman

Subespaço Controlável $V_c = \beta + A\beta + A^2\beta + \cdots + A^{n-1}\beta$

Subespaço Inobservável $\theta^* = KerC \cap KerCA \cap KerCA^2 \cap \cdots \cap KerCA^{n-1}$

$$V_1 = V_c \cap \theta^*$$
$$V_1 \oplus V_2 = V_c$$
$$V_1 \oplus V_2 = \theta^*$$
$$V_1 \oplus V_2 \oplus V_3 \oplus V_4 = X$$

$$Q = [V_1 \quad V_2 \quad V_3 \quad V_4]$$

$$\bar{A} = Q^{-1}AQ = \begin{bmatrix} \bar{A}_{11} & \bar{A}_{12} & \bar{A}_{13} & \bar{A}_{14} \\ 0 & \bar{A}_{22} & 0 & \bar{A}_{24} \\ 0 & 0 & \bar{A}_{33} & \bar{A}_{34} \\ 0 & 0 & 0 & \bar{A}_{44} \end{bmatrix} \qquad \bar{B} = Q^{-1}B = \begin{bmatrix} \bar{B}_1 \\ \bar{B}_2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\bar{C} = CQ = [0 \quad \bar{C}_2 \quad 0 \quad \bar{C}_4] \qquad \bar{D} = D$$