

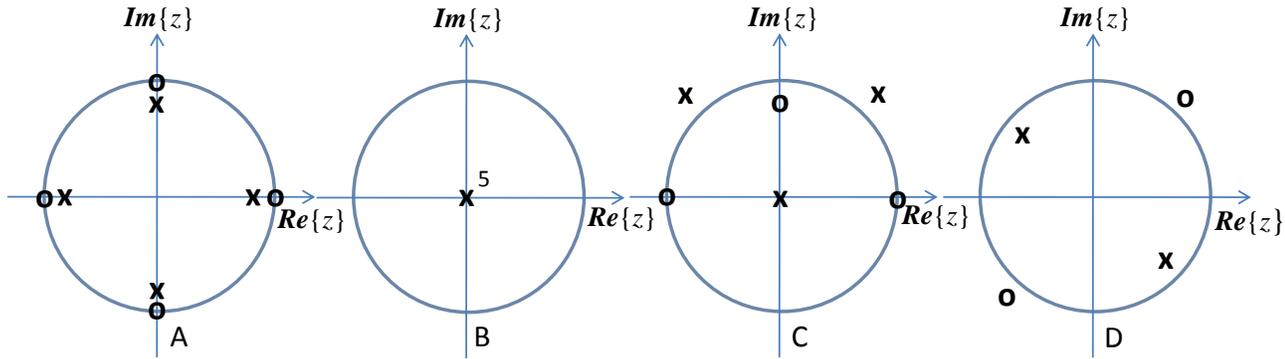


**PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM COMPUTACIONAL**

GA-038 Processamento Digital de Sinais 1P23 – Quarta Lista de Exercícios

**EXERCÍCIO 1**

Considere os 4 diagramas de polos e zeros da **Figura 1**, que correspondem a funções de transferência  $H(z)$  de sistemas LTI causais. A circunferência unitária (centrada na origem) é mostrada em azul.



**Figura 1. Diagramas de polos e zeros dos sistemas considerados no Exercício 1.**

- Esboce o formato de  $|H(e^{j\omega})|$  para cada caso.
- Para quais sistemas as respostas impulsivas correspondentes têm valores complexos?
- Qual a ordem de cada sistema?
- Classifique a resposta impulsiva de cada sistema quanto à duração (FIR ou IIR).

**EXERCÍCIO 2**

Considere o sistema LTI causal:

$$y[n] = x[n] - ax[n - 2], \quad \text{com } a = 1,44$$

- Encontre a resposta impulsiva  $h[n]$  e a função de transferência  $H(z)$  do sistema, caso exista.
- Esboce  $|H(e^{j\omega})|$ , i.e., o módulo da resposta em frequência do sistema, no intervalo  $-\pi < \omega \leq \pi$  rad/amostra.
- Encontre um sistema LTI causal de fase-mínima cuja magnitude da resposta em frequência seja idêntica a do sistema original dado. Verifique graficamente a validade da solução encontrada mostrando em um mesmo gráfico as respostas de magnitude e de fase dos sistemas: original e de fase-mínima.

**EXERCÍCIO 3**

Considere um sistema LTI causal e de fase não-mínima com  $|H(e^{j\omega})|$  mostrada na **Figura 2**, no intervalo entre  $-\pi < \omega \leq \pi$  rad/amostra. Sabe-se que todos os polos e zeros de  $H(z)$  são distintos e que não há cancelamentos entre polos e zeros.

- A resposta impulsiva  $h[n]$  do sistema é uma sequência de valores reais ou complexos?
- Esboce um diagrama de polos e zeros para  $H(z)$  que possa produzir  $|H(e^{j\omega})|$  da **Figura 2**.
- Qual é a ordem do sistema encontrado no item (b)?
- Classifique quanto à duração a resposta impulsiva  $h[n]$  do sistema encontrado no item (b).

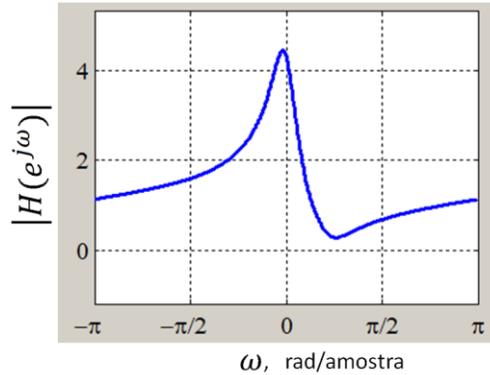


Figura 2. Magnitude da resposta em frequência do sistema considerado no Exercício 3.

#### EXERCÍCIO 4

Considere o sistema LTI causal SISO representado pelo diagrama de blocos mostrado na Figura 3.

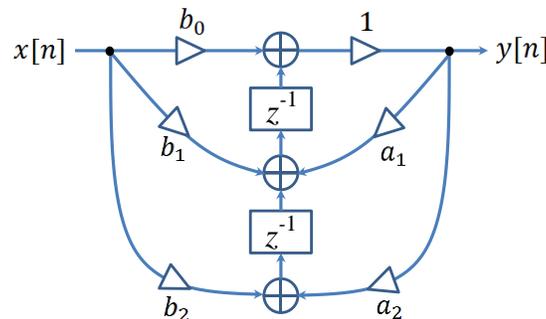


Figura 3. Diagrama de blocos do sistema considerado no Exercício 4.

- Qual é a ordem do sistema?
- Determine as matrizes **A**, **B**, **C** e **D** de uma representação por estados do sistema.
- Determine a função de transferência  $H(z)$  do sistema em função dos parâmetros  $a_1$ ,  $a_2$  e  $b_i$ , com  $i = 0, 1, 2$ .

Especificamente para  $a_1 = 2,5$ ,  $a_2 = -1$ ,  $b_0 = 1$ ,  $b_1 = -2,25$  e  $b_2 = 0,5$ :

- O sistema é assintoticamente estável? É BIBO-estável?

#### EXERCÍCIO 5

Considere o sistema MIMO representado pelo diagrama de blocos mostrado na Figura 4, onde os parâmetros  $a_1$  e  $a_2$  são reais e os cruzamentos diagonais de linha **não** representam conexão física.

- Determine as matrizes **A**, **B**, **C** e **D** de uma representação por estados do sistema.
- Determine os polos do sistema.
- Qual condição deve ser imposta aos parâmetros  $a_1$  e  $a_2$  para garantir a estabilidade assintótica do sistema?

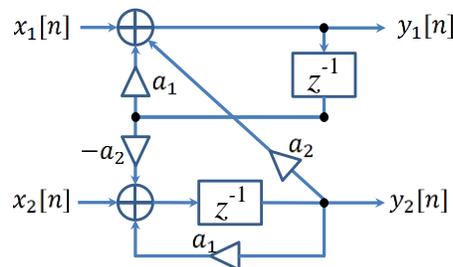


Figura 4. Diagrama de blocos do sistema MIMO do Exercício 5.