

## PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM COMPUTACIONAL

### GA-038 Processamento Digital de Sinais – 1P24 – Sétima Lista de Exercícios

#### EXERCÍCIO 1

O Transformador de Hilbert a tempo discreto tem resposta em frequência\*, no intervalo entre  $-\pi \leq \omega < \pi$  rad/amostra, é especificada por:

$$H(e^{j\omega}) = \begin{cases} j & -\pi \leq \omega < 0 \text{ rad/amostra} \\ -j & 0 \leq \omega < \pi \text{ rad/amostra} \end{cases}.$$

\* considerando que relaxou-se o critério de  $H(e^{j\omega})$  ser absolutamente convergente sobre a circunferência unitária.

- Obtenha a resposta impulsiva  $h[n]$  do Transformador de Hilbert.
- O SLIT é causal?
- O SLIT é BIBO-estável?
- Esboce a magnitude e a fase de  $H(e^{j\omega})$ , no intervalo entre  $-2\pi \leq \omega < 2\pi$  rad/amostra.

#### EXERCÍCIO 2

Considere as sentenças A e B, relativas a um SLIT a tempo discreto. Sentença A: a resposta em frequência  $H(e^{j\omega})$  do SLIT tem atraso de grupo constante. Sentença B: o atraso que o SLIT introduz a uma entrada exponencial  $x[n] = e^{j\omega n}$  é independente da frequência  $\omega$ . Mostre que A é condição necessária, mas não suficiente para B.

#### EXERCÍCIO 3

Considere um SLIT causal a tempo contínuo com função de transferência  $H(s)$  e um SLIT causal a tempo discreto com função de transferência  $H(z)$ , obtida de  $H(s)$  através da Transformação Bilinear. Mostre que  $H(s)$  é Assintoticamente Estável (AE) se, e somente se,  $H(z)$  é AE.

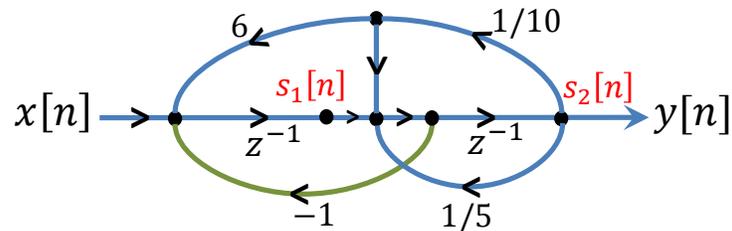
#### EXERCÍCIO 4

Deseja-se implementar o sistema analógico (a tempo contínuo):  $y(t) = \frac{d}{dt}x(t)$ , através de um sistema em tempo discreto. No mais, sabe-se que  $x(t)$  é real e seu espectro é nulo para frequências iguais e superiores a 1000 Hz e não-nulo abaixo desse valor.

- Especifique uma cadeia de processamento ideal que atenda tal objetivo. Considere inicialmente como **ideais** todos os seus possíveis elementos constituintes, i.e., conversor analógico-digital, filtro anti-aliasing, filtro de reconstrução, conversor digital-analógico, etc. Justifique as suas escolhas de projeto.
- O bloco DSP da cadeia de processamento é realizável (implementável na prática)? Caso não seja, especifique uma cadeia de processamento que aproxime o efeito desejado produzido pelo sistema a tempo contínuo, a menos de um atraso arbitrário de processamento.

### EXERCÍCIO 5

Considere o SLIT SISO causal, de segunda-ordem, a tempo discreto, representado pelo diagrama de fluxo abaixo, onde  $z^{-1}$  indica o operador atrasador unitário.



- Determine as matrizes **A**, **B**, **C** e **D** da Representação em Espaço de Estados (REE) do sistema, com  $\mathbf{s}[n] = [s_1[n] \ s_2[n]]^T$ , para  $n \geq 0$ .
- O SLIT na REE do item (a) é assintoticamente estável?
- Para a equação de estados homogênea, encontre uma solução explícita escalar para  $s_1[n]$  e para  $s_2[n]$ , para um estado inicial não nulo  $\mathbf{s}[0] = [\alpha \ \beta]^T$ , em  $n = 0$ .
- O SLIT dado não está realizado em forma canônica, pois há redundância de multiplicadores escalares. Das matrizes da REE obtidas no item (a) desenhe um diagrama de fluxo do SLIT em forma canônica, i.e., com o menor número de multiplicadores (não-unitários) e menor número de somadores.
- Determine a função de transferência,  $H(z)$ , irredutível do SLIT, sua  $h[n]$  e a ED não-homogênea correspondente.