

PSI-3432: Processamento de Áudio e Imagem

1ª Prova

28 de setembro de 2021

Tipo de prova: com consulta a material próprio e uso de computador
Justifique todas as respostas!

Escolha três questões para resolver. Entregue no Moodle um arquivo **.pdf** com as suas respostas, e também arquivos separados com os códigos que você usou para resolver as questões (você também pode entregar tudo junto num caderno do Jupyter ou do Pluto).

Se você entregar uma foto das suas respostas, tome cuidado para que a foto esteja legível.

Q1 Considere um sinal periódico de banda menor do que 20kHz, amostrado a 40kHz. A TDF calculada com $N = 120$ pontos resultou na sequência

$$X[0] = -60, \quad X[1] = 0, \quad X[2] = 30e^{-j\pi/3}, \quad X[3] = -120j, \quad X[4] = 40e^{j\pi/4},$$

$$X[5] = X[6] = \dots = X[59] = 0,$$

Responda:

- Forneça os valores da TDF para $k \geq 60$.
- Forneça a expressão de $x(t)$.
- Use o sinal reconstruído do item anterior para calcular a TDF usando $N = 230$ pontos para o cálculo. Desenhe o gráfico do módulo da TDF obtida. O eixo x do seu gráfico deve ser dado em termos da frequência em Hz correspondente a cada raia da TDF.
- Qual é o período de $x(t)$?

Q2 O arquivo `senal.mat` pode ser lido em Matlab (`load senal.mat`) e em Julia (`using MAT; var = matread("senal.mat"); x = var["x"];`). A variável \mathbf{x} contém amostras de um sinal $x(t)$ de frequência $f_0 = 500\text{Hz}$, amostrado a $f_a = 40\text{kHz}$. Escolha um número de pontos N adequado para calcular a TDF de maneira a poder recuperar exatamente os coeficientes da série de Fourier de $x(t)$. Forneça os valores da TDF e os coeficientes da série de Fourier, assumindo que a frequência de amostragem é suficiente para evitar rebatimento.

Q3 Considere um arranjo linear de $M = 15$ antenas operando a $f_0 = 100\text{MHz}$. Considere que as antenas estejam espaçadas de $d = \lambda/4$. Determine os coeficientes de um arranjo tipo *atrasa-e-soma* (*delay-and-sum*), como visto em aula, para reforçar os sinais vindos da direção $\theta_0 = 25^\circ$. Desenhe o gráfico do ganho (módulo apenas) do arranjo em função do ângulo de chegada. Qual será o ganho (módulo e fase) de um sinal chegando da direção $\theta_1 = -25^\circ$?

Q4 O sinal $x[n]$ está amostrado a 25kHz, e você precisa aumentar a taxa de amostragem para 40kHz. Sabe-se que o sinal original tem banda entre 0 e $3\pi/4$ rad/amostra.

- Quais são os fatores de conversões de taxa intermediários L e M ?
- No sinal de taxa elevada (interpolado por zeros), em que frequências estão centradas as imagens do espectro do sinal original? Qual a frequência de corte e o ganho do filtro passa-baixa necessário para removê-las? Haverá perda de informação na conversão?
- Agora você vai projetar o filtro passa-baixa com janela de Kaiser. Determine os limites da banda de passagem e da banda de rejeição do filtro, e determine os parâmetros N e β da janela de Kaiser.

Dados: distorção máxima na banda-passante do sinal $\delta_p = \pm 0,01$, oscilação máxima na banda de rejeição $\delta_r = 0.001$ (lembre que as oscilações δ consideradas no projeto da janela de Kaiser são relativos a um filtro de ganho unitário). Apresente um gráfico com a resposta ao impulso e outro com a resposta em frequência do filtro projetado.

Q5 Suponha que o sinal $x(t)$ tenha banda entre 0 e 10 kHz, e precise ser amostrado com uma precisão de 12 bits. Está disponível um conversor A/D com 6 bits, que pode fornecer até 20×10^6 amostras por segundo. Usando as fórmulas aproximadas para filtros ideais com M grande, determine:

- a) Usando o método da sobreamostragem sem realimentação, qual deve ser a taxa de amostragem do conversor de 6 bits para fazer um sistema que forneça a precisão necessária à taxa de amostragem de 20kHz?
- b) E usando realimentação do erro?