

EG950 – Processamento Digital de Sinais

Teste 4 – A Transformada de Fourier Discreta (TFD) e Projeto de Filtros

Turma A – 2º semestre de 2024

Prof. João Marcos T. Romano Email: jmromano@unicamp.br
PED Fernanda E. C. Chaves Email: f215835@dac.unicamp.br

Questão 1

Um ornitólogo, ao gravar o canto de um pássaro, gravou sem querer o som de um trem que passava ao longe. O resultado da gravação pode ser verificado ao somarmos os conteúdos dos arquivos `chirp.wav` e `train.wav`.

- Obtenha a FFT de ambos os arquivos e observe a faixa de frequência que cada um ocupa.
- Com base no resultado anterior, projete 3 filtros IIR (um Butterworth, um Chebyshev e um Elíptico – a ideia é fazer testes comparativos entre essas configurações) de modo a recuperar o canto do pássaro, cortando o som do trem.

Forneça como resultados:

1. O espectro do sinal à entrada do filtro (soma dos dois arquivos);
2. A equação à diferença e a função de transferência de cada um dos filtros obtidos;
3. O diagrama de blocos dos filtros na estrutura direta canônica e em cascata de células de segunda ordem, indicando o valor dos coeficientes do filtro;
4. O diagrama de pólos e zeros no plano Z de cada um dos filtros obtidos;
5. O módulo da resposta em frequência de cada um dos filtros obtidos;
6. O módulo da resposta em frequência de cada um dos filtros obtidos;
7. O espectro do sinal à saída do filtro;
8. O arquivo de áudio a ser processado (`chirp.wav` + `train.wav`);
9. O arquivo de áudio resultante, com o canto do pássaro filtrado;

Comente cada um dos itens acima e comente as semelhanças e diferenças da aplicação de cada filtro para o objetivo do problema proposto.

Questão 2

O presente exercício tem como objetivo o de mostrar uma aplicação alternativa da Transformada Discreta de Fourier: a de compressão de sinais.

As técnicas de compressão de sinais são fundamentais tanto para a transmissão quanto para o armazenamento de informação digital, pois permitem que a informação seja codificada numa quantidade menor de bits, o que economiza faixa espectral, no caso de transmissão, ou memória, no caso de armazenamento. Padrões conhecidos como JPEG e MPEG são exemplos clássicos de compressão.

A FFT e a FFT inversa podem ser usadas como técnicas de compressão da seguinte forma:

- Toma-se uma sequência qualquer $x[n]$ de N amostras que carrega, em sua forma natural, $N.B$ bits, onde B é o comprimento da palavra binária usada para codificar cada amostra. Fazendo-se a FFT de $x[n]$ obtemos a sequência $X[k]$, também de N amostras. Acontece que mesmo que todas as amostras $x[n]$ forem significativas, pode haver diversas amostras de $X[k]$ que não sejam. Isto é, nas regiões do espectro em que a componente do sinal for baixa, teremos $|X[k]|$ próximo de zero. O caso extremo é de uma senoide exata, onde $X[k]$ será sempre nulo, exceto no valor correspondente ao da frequência da senoide.

Assim, a técnica de compressão consiste em descartar valores de $|X[k]|$ abaixo de um certo limiar, transmitindo ou armazenando apenas um número $M < N$ de amostras de $X[k]$ mais significativas. O sinal no tempo $x'[n]$ é recuperado por meio da FFT inversa de uma seqüência $X'[k]$ que possui essas M amostras não-nulas (e $(N - M)$ amostras nulas).

Considerem então os seguintes arquivos que podem ser encontrados em anexo: `gong.wav`; `handel.wav`; `laughter.wav`; `splat.wav`; e `train.wav`.

1. “Ouça” esses arquivos e comente suas características;
2. Obtenha e plote a FFT desses sinais e comente;
3. Estude diferentes limiares de valor absoluto para descartar amostras de $X[k]$. Indique o raciocínio adotado;
4. Para cada sinal, plote o novo espectro com as amostras descartadas;
5. Para cada sinal, obtenha o “sinal comprimido” no tempo, por meio da FFT inversa;
6. Ouça este novo arquivo e compare com o original.