



PDS: Sinal de Electrocardiograma

2019/2020

Motivação:

- O sinal de electrocardiograma (ECG) representa a atividade eléctrica do coração. A sua análise permite avaliar a saúde do coração e detetar patologias. Contudo, o sinal de ECG é geralmente corrompido por ruído e interferências eléctricas captadas durante a gravação do sinal. As interferências tem origem na atividade muscular de outros órgãos. Por exemplo, movimentos durante a aquisição do sinal, ou ainda a sobreposição da atividade cardíaca do feto durante o período de gestação. Por esta razão, o sinal de ECG deve ser processado antes de extrairmos qualquer informação de relevância médica.
- Neste trabalho pretende-se estudar a eliminação de diferentes tipos de ruídos e interferências sobre o sinal cardíaco através da filtragem digital. O trabalho está dividido em cinco tarefas. A última tarefa será definida num documento próprio a ser disponibilizado na segunda semana de Maio.

Material:

- Neste trabalho são fornecidos três sinais de ECG. Um dos sinais está corrompido pela atividade muscular de baixa frequência, o segundo está contaminado com o sinal da rede eléctrica (60Hz) e o terceiro foi corrompido com ruído de alta frequência. A frequência de amostragem dos sinais *ecg_lfn* e *ecg_hfn* é de 1000 Hz, enquanto a frequência de amostragem do sinal *ecg2x60* é de 200 Hz.

Tarefas:

Primeira Tarefa

- A primeira tarefa consiste na remoção de interferências de baixa frequência. A largura de banda do sinal de interferência é inferior a 2Hz.
- Que tipo de filtro deveria aplicar para eliminar a interferência sem danificar o sinal ECG?
- Projecte um filtro IIR para eliminar o ruído. No seu projecto deverá discutir a escolha para as frequências, atenuações e ordem do filtro.
- Projecte um filtro FIR para eliminar o ruído. No seu projecto deverá discutir a escolha para as frequências, atenuações e ordem do filtro.
- Considere o filtro cuja resposta em Z é apresentada abaixo. Trata-se de um filtro IIR sintonizado. Determine o melhor valor de alfa para o sinal.



$$H(z) = \frac{1 - z^{-1}}{1 - \alpha z^{-1}}$$

- Compare as soluções obtidas com os filtros IIR e FIR. Qual delas deveria usar?
- Compare o melhor filtro indicado na alínea anterior com o filtro sintonizado. Qual deles deveria usar?

Notas:

- No projecto de cada um dos filtros deverá indicar a resposta na frequência do filtro e o seu diagrama de polos/zeros.

Segunda Tarefa

- A segunda tarefa consiste na remoção da interferência do sinal da rede eléctrica. A frequência do sinal da rede é de 60Hz.
- Que tipo de filtro deveria aplicar para eliminar a interferência sem danificar o sinal ECG?
- Projecte um filtro IIR para eliminar o ruído. No seu projecto deverá discutir a escolha para as frequências, atenuações e ordem do filtro.
- Projecte um filtro FIR para eliminar o ruído. No seu projecto deverá discutir a escolha para as frequências, atenuações e ordem do filtro.
- Considere o filtro cuja resposta em Z é apresentada abaixo. Trata-se de um filtro sintonizado. De que forma poderia alterar o filtro abaixo para eliminar a interferência da rede eléctrica? Determine o melhor valor de alfa para o sinal.

$$H(z) = \frac{1 - z^{-1}}{1 - \alpha z^{-1}}$$

- Compare as soluções obtidas com os filtros IIR e FIR. Qual delas deveria usar?
- Compare o melhor filtro indicado na alínea anterior com o filtro sintonizado. Qual deles deveria usar?
- Usando o melhor sistema determinado na alínea anterior pretendemos eliminar todos os harmónicos do sinal da rede eléctrica.

Notas:

- No projecto de cada um dos filtros deverá indicar a resposta na frequência do filtro e o seu diagrama de polos/zeros.

Terceira Tarefa



- A terceira tarefa consiste na remoção do ruído de alta-frequência.
- Pretende-se projectar um filtro que reduza o ruído de alta-frequência. Na sua solução deverá escolher as frequências e atenuações através da análise do espectro do sinal ECG de forma a garantir que detalhes não são removidos.
- Projecte um filtro IIR para eliminar o ruído. No seu projecto deverá discutir a escolha para as frequências, atenuações e ordem do filtro.
- Projecte um filtro FIR para eliminar o ruído. No seu projecto deverá discutir a escolha para as frequências, atenuações e ordem do filtro.
- Compare os dois projectos indicando a melhor solução.

Quarta Tarefa

- Após a eliminação das interferências, o sinal de ECG será processado por um segundo bloco. Devido a complexidade deste bloco pretendemos reduzir a frequência de amostragem para 300Hz antes de injetarmos o sinal.
- Implemente um sistema que realiza a redução da frequência de amostragem. A sua solução não poderá recorrer às funções de decimação e interpolação, mas terá que construir o sistema com base apenas em filtros digitais e nas operações de downsampling e upsampling. Como caso de estudo use o sinal `ecg_lfn`.

Avaliação:

- A avaliação será feita através de um relatório e por uma discussão. Cada grupo deverá entregar um Notebook por tarefa e o relatório final. O Notebook deverá ser devidamente comentado usando células markdown¹. Cada grupo será constituído por dois alunos. A classificação poderá ser diferente para cada um dos elementos do grupo consoante o seu desempenho na discussão.

¹ <https://jupyter-notebook.readthedocs.io/en/stable/examples/Notebook/Working%20With%20Markdown%20Cells.html>