

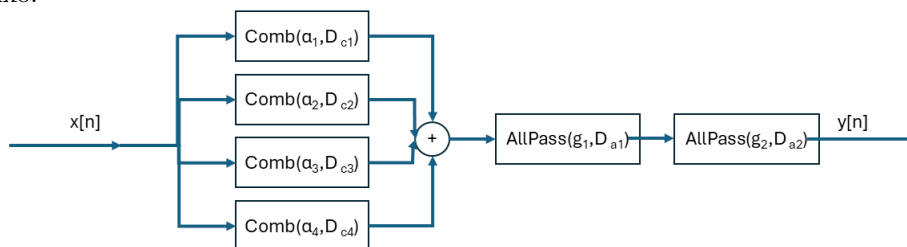
Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
Licenciatura em Engenharia Informática e Multimédia (LEIM)
Processamento de Sinais Multimédia
Trabalho Prático 1 - Sistemas e Filtragem
2025/2026

Motivação e Objectivos:

- Implementação de sistemas de filtragem digital;
 - Estabelecer a relação entre diferentes tipos de filtragem e resultados observados.
 - Representação de informação no domínio do tempo e da frequência
 - Utilizar as ferramentas de análise na frequência no contexto da análise de sinais variantes no tempo.
-

I. Filtragem

Pretende-se implementar um sistema de reverberação digital para simular a acústica no interior de uma sala. Um dos modelos mais conhecidos de reverberação artificial foi proposto por Schroeder^{1,2} e consiste na aplicação de uma combinação de Comb-filters em paralelo, com All-Pass filters em série. A estrutura base é a descrita no diagrama abaixo.



Os Comb-filters introduzem um atraso que tipicamente se situa entre os 30 e 45 ms (para ser mais evidente este valor pode ser maior). Os All-pass filters introduzem tipicamente atrasos entre os 1.7 e 5 ms. A combinação destes atrasos com a escolha dos ganhos é que permite realizar reverberações diferentes.

- Implemente os Comb-filters na sua estrutura Feedback Comb-Filter $FBCF(\alpha, D_c) = \frac{z^{-D_c}}{1 - \alpha z^{-D_c}}$, onde α está associado ao ganho e D_c ao atraso introduzido (em n.º de amostras).
 - Determine e mostre a resposta em frequência (amplitude e fase). Apresente o Diagrama-Polos-Zeros. Nota: Resolva para conjunto de ganhos separadamente.
 - Determine experimentalmente a resposta impulsional. Ilustre graficamente, guarde num ficheiro wave e escute o resultado.
 - Aplique este filtro a sinais de teste (que considere adequados) e sinais audio para testar a sua funcionalidade.
- Implemente os All-Pass filters, com expressão $AP(g, D_a) = \frac{-g + z^{-D_a}}{1 - g z^{-D_a}}$, onde D_a representa um atraso (em n.º de amostras).
 - Determine e mostre a resposta em frequência (amplitude e fase). Apresente o Diagrama-Polos-Zeros. Nota: Resolva para conjunto de ganhos separadamente.
 - Determine experimentalmente a resposta impulsional. Ilustre graficamente, guarde num ficheiro wave e escute o resultado.
 - Aplique este filtro a sinais de teste (que considere adequados) e sinais audio para testar a sua funcionalidade.
- Junte os vários filtros tendo em conta a estrutura do diagrama. Defina parametros α , D_c , g , D_a em cada um dos filtros e valide a sua influencia no resultado final.
 - Determine e mostre a resposta em frequência (amplitude e fase).
 - Determine experimentalmente a resposta impulsional. Ilustre graficamente, guarde num ficheiro wave e escute o resultado.
 - Aplique este filtro a sinais de teste e sinais audio para testar a sua funcionalidade.

¹Schroeder, Manfred R, "Natural Sounding Artificial Reverberation" <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=849>

²https://ccrma.stanford.edu/~jos/pasp/Schroeder_Reverberators.html