

## Introdução à Análise e Processamento de Sinal (2016/17)

### Trabalho prático nº 8

1. Obtenha os coeficientes das funções de transferência dos filtros  $H_1(z)$ ,  $H_2(z)$  e  $H_3(z)$  usando os comandos MATLAB

```
[N1, D1] = butter(3, 500/hfs);  
[N2, D2] = butter(3, [1000 7000] ./hfs);  
[N3, D3] = butter(4, 3000/hfs);
```

onde N1, N2 e N3 são os coeficientes do numerador da função transferência e D1, D2 e D3 os coeficientes do denominador. O parâmetro `hfs` representa metade da frequência de amostragem, ou seja, neste caso, 22050/2 Hz.

**Nota:** Para detalhes adicionais, consulte o guia do trabalho prático nº 7.

- (a) Usando o comando `filter` do MATLAB, aplique o filtro  $H_1$  ao sinal `mistural` (disponível no moodle) e visualize o sinal resultante.
  - (b) Com o comando `freqz`, calcule a resposta em frequência do filtro  $H_1$ . Em particular, obtenha os valores da resposta em frequência para  $f = \{0, 50, 100, 200, 300, 1000, 2000\}$  Hz.
  - (c) Estude a resposta em frequência do filtro  $H_2$ .
  - (d) Observe o que acontece quando aplica o filtro  $H_2$  ao sinal `mistural`.
  - (e) Estude o comportamento do filtro  $H_3$  em termos da sua resposta em frequência e também no domínio do tempo (resposta impulsional).
  - (f) Usando os filtros estudados e uma desmodulação apropriada, obtenha o sinal de áudio que se encontra incorporado no sinal `mistural`.
2. Considere um sistema digital linear e invariante no tempo descrito pela seguinte função de transferência:

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

- (a) Usando a função `impz` do MATLAB, observe a resposta impulsional do sistema,  $h(n)$ , para  $a = 0.5, 0.9, 1, 1.5, -1, -0.9, -0.5$ . Relacione o que observa com a posição do pólo de  $H(z)$  no plano  $z$  e conclua quanto à estabilidade dos sistemas.
- (b) Determine, analiticamente, a resposta impulsional do sistema para  $a = 0.5$ , e confirme com o resultado que obteve na alínea anterior.
- (c) Desenhe um diagrama de blocos (usando atrasos e ganhos) que descreva uma implementação de  $H(z)$ .

3. Considere a seguinte função de transferência de um filtro digital rejeita-banda:

$$H(z) = \frac{(1 - bz^{-1})(1 - b^*z^{-1})}{(1 - az^{-1})(1 - a^*z^{-1})}$$

- (a) Determine os valores de  $a$  e  $b$  de forma a atenuar o melhor que conseguir as frequências indesejáveis presentes no sinal `ecgNoise`.

**Sugestão:** Tente colocar os pólos e zeros do sistema na posição indicada pela figura seguinte, e use a função `freqz` do MATLAB para visualizar a sua resposta em frequência.

