

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**LICENCIATURA EM ENGENHARIA INFORMÁTICA E DE COMPUTADORES**  
**COMUNICAÇÕES**

**Semestre de inverno 2018-2019**

**Trabalho Prático - Módulo 2 (19 de novembro de 2018)**

**Data Limite de Entrega: 22 de dezembro de 2018**

---

**Objetivos:**

- Estudo dos conceitos de resposta em frequência, filtragem e análise espectral.
  - Estudo de conceitos fundamentais de transmissão digital, com códigos de linha e modulações digitais.
  - Estudo de técnicas de controlo de erros e sua aplicação.
- 

*O código desenvolvido e o respetivo relatório deverão ser entregues em formato eletrónico no sistema Moodle.*

*A apresentação dos vários exercícios decorrerá em aula prática, a definir em cada turma.*

1. Pretende-se modificar a GUI, desenvolvida no quarto exercício do primeiro módulo do trabalho prático, de forma a que esta possua mais funcionalidades.
  - (a) Modifique a GUI de forma a que esta apresente o sinal gerado, o espectro bilateral de amplitude e o espectrograma. Apresente resultados experimentais com dois sinais distintos à sua escolha. Comente os resultados.
  - (b) Adicione à GUI a funcionalidade de realizar filtragem passa-baixo ou passa-banda sobre o sinal gerado. O tipo de filtragem bem como os parâmetros dos filtros são escolhidos pelo utilizador. A GUI deverá agora apresentar o sinal original e o sinal filtrado. Apresente resultados experimentais e os respetivos comentários.
2. Neste exercício aborda-se a codificação NRZ Bipolar com a técnica de *bit stuffing*, aplicada em blocos de dimensão  $L$  bit.
  - (a) Implemente o codificador e o decodificador, com valores genéricos para a amplitude  $A$ , o ritmo binário  $R_b$  e o valor de  $L$ .
  - (b) Considere a codificação de sequências binárias, de dimensão superior a  $L$ , à sua escolha. Indicando a sequência binária, os valores de  $A$ ,  $R_b$  e  $L$ , apresente os sinais resultantes da codificação dessas sequências.
  - (c) Apresente resultados que ilustrem o correto funcionamento do par emissor/recetor, com sequências binárias à sua escolha, sobre um canal ideal, definido através de  $y(t) = x(t)$ , em que  $x(t)$  representa o sinal de entrada e  $y(t)$  o sinal de saída.
  - (d) Repita a alínea anterior, com canal com atenuação e ruído Gaussiano aditivo, com relação sinal-ruído configurável. O canal é definido por  $y(t) = \alpha x(t) + n(t)$ , em que  $\alpha$  é o fator de atenuação e  $n(t)$  é o sinal de ruído. Apresente os valores de BER, para diferentes pares de valores de  $\alpha$  e de relação sinal-ruído. Comente sobre o efeito os parâmetros  $\alpha$  e relação sinal-ruído, no valor de BER.
3. Considere a função `signal_IQ`, desenvolvida no segundo exercício do primeiro módulo do trabalho prático.
  - (a) Recorrendo ao uso desta função, realize um emissor de QPSK (função `emitterQPSK`), com constelação e parâmetros à sua escolha. Apresente a constelação e os parâmetros escolhidos, bem como o sinal resultante da codificação da sequência 10110001.
  - (b) Realize o recetor da modulação QPSK (função `receiverQPSK`).
  - (c) O ficheiro `QPSKStr.zip` contém: o sinal gerado por uma transmissão digital com modulação QPSK, resultante da codificação de uma *string*; o descritor com a informação da constelação e parâmetros usados. Descodifique a transmissão e indique a respetiva *string*. Explique o procedimento utilizado para a descodificação.

4. As seguintes questões abordam a aplicação de códigos lineares de bloco, para deteção e correção de erros.
- (a) Considere os códigos de Hamming (7, 4) e Hamming (8, 4). Escreva em MATLAB as seguintes funções:
- . `coderH74` e `coderH84`, as quais recebem como parâmetro de entrada a mensagem binária a codificar (com dimensão genérica) e retornam as respetivas sequências de palavras de código.
  - . `decoderH74` e `decoderH84`, as quais recebem como parâmetro de entrada a sequência de palavras de código (com dimensão genérica) e a indicação de funcionamento em modo deteção ou correção. As funções retornam: a respetiva sequência binária decodificada, após deteção ou correção; o valor do síndrome para cada palavra decodificada, representado em binário e em decimal.
- (b) Para os códigos de Hamming (7, 4) e Hamming (8, 4), apresente:
- . exemplos de codificação de sequências binárias de conteúdo e dimensão à sua escolha.
  - . exemplos de decodificação de sequências binárias de conteúdo e dimensão à sua escolha, sem e com bits em erro, em modo correção. Para cada palavra decodificada, apresente o valor do síndrome.
- (c) Escreva a função MATLAB `crc16`, a qual realiza os algoritmos de cálculo e verificação (mediante parâmetro de entrada) dos bits de paridade da codificação com CRC16 e polinómio gerador  $g(X) = X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$ , recorrendo à função `deconv` do MATLAB. Apresente exemplos do seu correto funcionamento: na codificação; na decodificação de sequências sem bits em erro; na decodificação de sequências com bits em erro. Comente os resultados.

Seguem-se alguns aspetos relevantes sobre o relatório pretendido para este trabalho:

- 
- 
- (1) O relatório deve ser sucinto e organizado em quatro secções, uma por cada exercício do trabalho prático.
  - (2) Cada secção deve estar organizada em sub-secções, uma por cada alínea de cada exercício.
  - (3) Para cada alínea, o relatório deve ter resposta clara às questões colocadas no enunciado. Também deve conter todos os resultados experimentais solicitados e os respetivos comentários, análise e explicações consideradas essenciais.
  - (4) Nos exercícios em que se solicita a escrita de uma função ou o desenvolvimento de uma aplicação, o relatório deverá apresentar os principais critérios e escolhas tomadas nesse desenvolvimento.
  - (5) O relatório não deve conter o código. Este deverá ser entregue em formato eletrónico em separado, devidamente comentado e organizado.
- 
-