

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA INFORMÁTICA E DE COMPUTADORES
COMUNICAÇÃO DIGITAL

Verão 2022/2023 - Trabalho Prático (Módulo 2)

Data de publicação: 15 de maio de 2023

Data de entrega: 19 de junho de 2023

Objetivos:

- Desenvolvimento de programas e aplicações em linguagem 'C' e 'Python'.
- Estudo e aplicação de conceitos sobre SCD e sobre códigos de controlo de erros.
- Realização de comunicação entre dispositivos.

*O código desenvolvido e o respetivo relatório deverão ser entregues em formato eletrónico no sistema Moodle.
A apresentação da resolução dos vários exercícios decorrerá em aula a definir em cada turma.*

1. Considere o exercício 5 do primeiro módulo do trabalho prático.

(a) Sobre a implementação do *Binary Symmetric Channel* (BSC), apresentado na Figura 1 (a), considere os valores de probabilidade de erro de bit $p \in \{10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}\}$. Na transmissão de quatro ficheiros à sua escolha, usando o diagrama apresentado na Figura 1 (b), calcule os seguintes valores de BER:

- BER₁, entre a entrada e a saída do BSC, sem controlo de erros;
- BER₂, após a aplicação de código de repetição (3, 1) sobre o BSC, em modo de correção;
- BER₃, após a aplicação de código de Hamming (7, 4) sobre o BSC, em modo de correção.

Para a transmissão de cada ficheiro e para todos os valores de p : indique o número total de bits que passam pelo BSC; indique o número de símbolos diferentes entre os ficheiros A e B ; compare os valores de BER₁, BER₂ e BER₃. Comente os resultados.

(b) Repita a alínea anterior, considerando agora a aplicação a técnica de entrelaçamento (*interleaving*), tal como esquematizado na Figura 2. Para a transmissão de cada ficheiro e para todos os valores de p : indique o número de símbolos diferentes entre os ficheiros A e B ; indique o número de símbolos diferentes entre os ficheiros T_x e R_x . Comente os resultados.

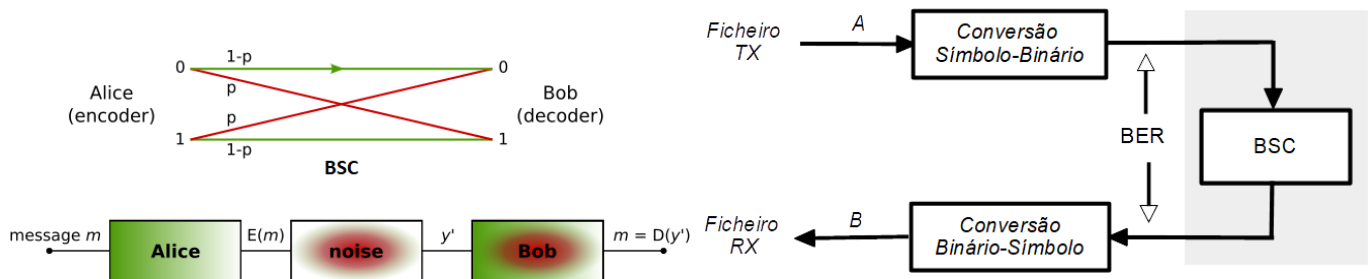


Figura 1 - (a) Modelo de canal binário simétrico, tal como apresentado em https://en.wikipedia.org/wiki/Binary_symmetric_channel (b) Aplicação do BSC sobre ficheiros.

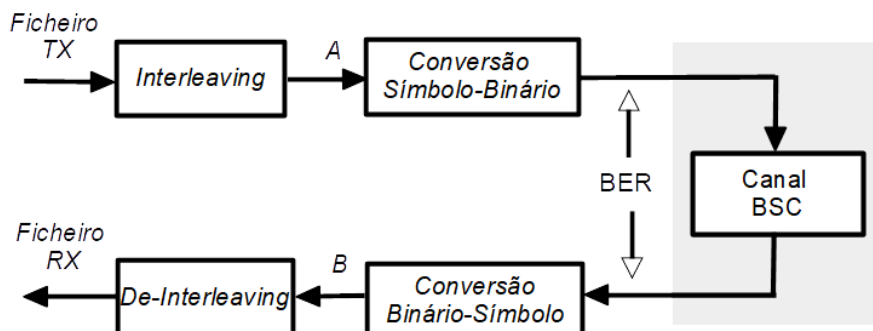


Figura 2 - Aplicação da técnica de entrelaçamento (*interleaving*) em conjunto com o modelo de canal binário simétrico.

2. Recorrendo à plataforma Arduino (ou equivalente), <https://pt.wikipedia.org/wiki/Arduino> e ao PC, usando o módulo `pyserial` da linguagem Python, <https://pypi.org/project/pyserial>, estabeleça um SCD com ligação via USB em modo *simplex*, tal como apresentado na Figura 3.

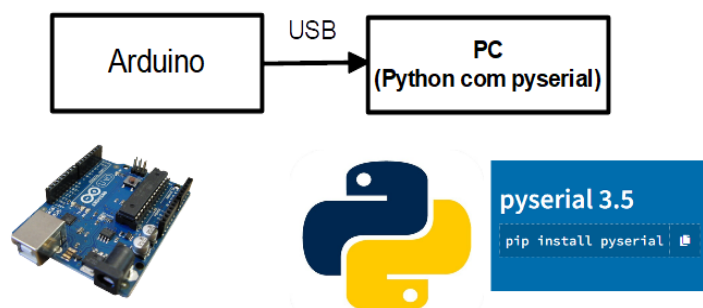


Figura 3 - Ilustração de SCD a funcionar em modo *simplex* com comunicação do Arduino (emissor) para o PC (recetor).

A especificação do SCD é a seguinte:

- O Arduino será emissor e o PC será recetor, numa ligação *simplex*.
 - A informação a transmitir são os primeiros N termos de uma progressão geométrica, de primeiro termo u e razão r , tal como implementado no exercício 5a) do *Guia da Primeira Aula Prática*.
 - Realiza (ou não) deteção de erros usando a técnica *Fletcher checksum*, mediante um parâmetro de entrada.
 - A informação recebida pelo PC será escrita na consola ou em ficheiro.
- (a) Sem realizar deteção de erros, apresente resultados experimentais que comprovem o correto funcionamento do SCD, nas seguintes situações de transmissão.
- (b) Apresente resultados experimentais da deteção de bits em erro isolados. Os padrões de erro, à sua escolha, são introduzidos posteriormente após a receção da sequência de símbolos (em memória ou no ficheiro). Comente os resultados obtidos.
- (c) Repita a alínea anterior, considerando padrões de erro em rajada (*burst*). Comente os resultados obtidos e caracterize as capacidades de deteção de erros da técnica *Fletcher checksum*.

Sobre a técnica *Fletcher checksum*, poderá consultar os seguintes elementos:

- (a) https://en.wikipedia.org/wiki/Fletcher%27s_checksum#Fletcher-32
- (b) https://github.com/GRISHNOV/Fletcher_checksum
- (c) <https://www.tutorialspoint.com/cyclic-redundancy-check-crc-in-arduino>

Para a realização deste exercício, pode considerar os recursos disponíveis em:

- (a) <https://pypi.org/project/crc>
- (b) <https://www.arduino.cc>

Em alternativa ao Arduino, poderá ser considerado outro dispositivo equivalente, com a concordância do docente.

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

-
- (1) O relatório deve ser sucinto e organizado em duas secções, uma por cada exercício do módulo 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 efetuadas nesse desenvolvimento.
 - (5) O relatório não deve conter o código. Este deverá ser entregue em formato eletrónico em separado, devidamente comentado e organizado.
-