Teoria da Informação

Trabalho Laboratorial Preparatório

Introdução ao numPy e matPlotLib

Introdução

Período de execução: 15 dias (2 aulas práticas laboratoriais)

Esforço extra aulas previsto: 4h

Data de Entrega: esta ficha não é entregue

Objectivo: Pretende-se que o aluno se familiarize com as bibliotecas numPy, sciPy e matplotlib.

Trabalho Prático

A . Elaboração de um conjunto de scripts e funções para manipulação de som

1. Crie um script e grave-o com o nome **'mainAudio.py'**. Este script será utilizado na chamada de todas as funções indicadas abaixo (alíneas 2 a 11).

2. Leia o ficheiro wave **'saxriff.wav'**. Para tal, utilize a função '*read*' do scipy.io:
   - from scipy.io import wavfile
   - [fs, data] = wavfile.read(filename); Para mais detalhes, consulte a ajuda do scipy.

3. Escute o sinal áudio, com recurso à função *play* da biblioteca sounddevice.
   - import sounddevice as sd
   - sd.play(data, fs)
   - status = sd.wait() # Wait until file is done playing

4. Crie a função **apresentarInfo('nomeFicheiro', fs, nrBitsQuant)** que apresente no ecrã informações sobre o ficheiro. Utilize a função '*print*'
   - Exemplo do resultado da função:

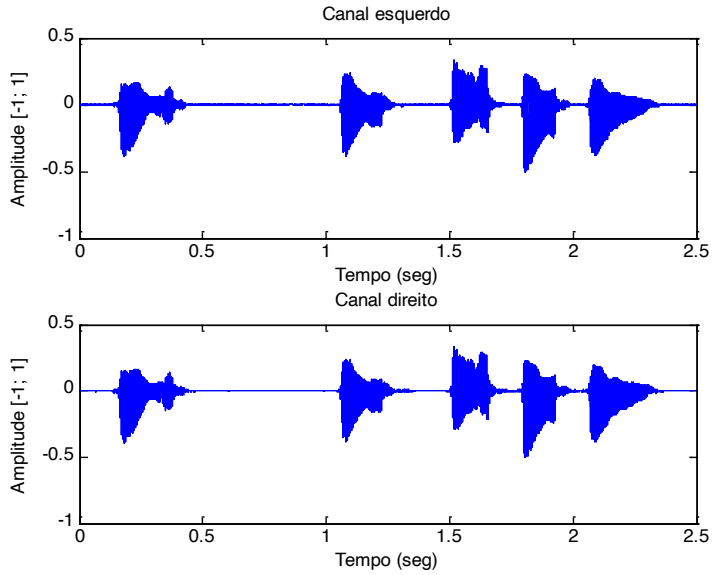
Informação sobre o ficheiro Nome do ficheiro: saxriff.wav Taxa de amostragem: 22.050 kHz Quantização: 16 bits

5. Elabore a função **visualizacaoGrafica(sinal, fs)** que apresente o sinal áudio num gráfico 2D.
   5.1. Converta o índice de cada amostra para o valor temporal respectivo; sugestão: intervalo de amostragem Ts = 1/fs; duracao = nrAmostras * Ts.
   5.2. No caso de se tratar de um sinal monoaural, apresente o sinal num único plot; caso o sinal seja stereo (i.e., 2 canais), apresente o canal

esquerdo no topo e o direito no plot inferior); utilize as funções *plot, subplot, figure, close, xlabel, ylabel,* e *title* da biblioteca matplotlib.pyplot (ex:

- Exemplo:
  - import matplotlib.pyplot as plt
  - plt.subplot(212)
  - plt.plot(tempo,canalDir,'b')
  - plt.xlabel('Tempo (seg)')
  - plt.ylabel('Amplitude [-1:1]')
  - plt.title('Canal Direito')

Dê nomes aos eixos e um título a cada plot realizado.



- Torne a função anterior mais genérica, através da definição do intervalo de tempo de graficação, i.e., **visualizacaoGrafica(sinal, fs, tIni, tFim)**

- No caso de apenas serem introduzidos os dois primeiros argumentos, o funcionamento deverá ser idêntico ao do ponto 5.
- No caso de se introduzir também o instante inicial, deverá fazer o plot desde aí até ao fim do sinal.
- Caso sejam introduzidos os 4 parâmetros, o plot deverá ser restringido ao intervalo [tIni, tEnd]
- Nota 1: utilize *args.

6. Execute o mesmo procedimento do ponto anterior, agora com a função *axis* do matplotlib.pyplot.

- Nota: a restrição da zona de visualização é conseguida de forma mais simples através da função *axis*([xmin,xmax,ymin,ymax]).

7. Crie uma função que adicione ruído uniforme ao sinal. Esta função deverá receber o sinal original e a amplitude do ruído e devolver o sinal original com ruído.

- Recorra à função *rand* do numPy.random, a qual gera uma matriz de tamanho especificado contendo valores aleatórios no intervalo [0, 1]. Deverá, portanto, normalizar os valores resultantes de acordo com a amplitude especificada.

8. Implemente uma função para o cálculo da energia do sinal; a função em causa deverá receber o sinal (mono ou stereo) e devolver a sua energia (ou a energia de cada canal, no caso de sinais stereo), calculada segundo a fórmula: $\sum_{i=1}^{N} x^2[i]$, onde x representa o sinal em análise. Utilize a função *sum* do numPy. Observe que para evitar overflows nos cálculos poderá converter os seus dados para float usando, por exemplo, o método astype (type) do numPy
    - Por exemplo:
        - import numpy as np
        - v=np.sum(sinal.astype(np.float32)**2,axis=0)

9. Elabore uma função que substitua o canal direito do sinal original por outro sinal áudio (beats.wav). Assuma que os dois sinais têm a mesma frequência de amostragem.

a. A função deverá receber o sinal original, o nome do ficheiro com o novo sinal e o instante temporal em que o mesmo deverá ser adicionado (exemplo, 0.5 seg depois do início do primeiro sinal); deverá devolver uma matriz com duas colunas contendo cada um dos sinais;
   - Sugestão 1: adicione zeros ao início do novo sinal, de forma a deslocá-lo para o instante desejado;
   - Sugestão 2: garanta que a dimensão dos dois canais é a mesma, através da adição de zeros ao final de um deles, em conformidade com os comprimentos respectivos.
   - Sugestão 3: no caso do segundo sinal ser stereo, utilize o seu canal esquerdo.

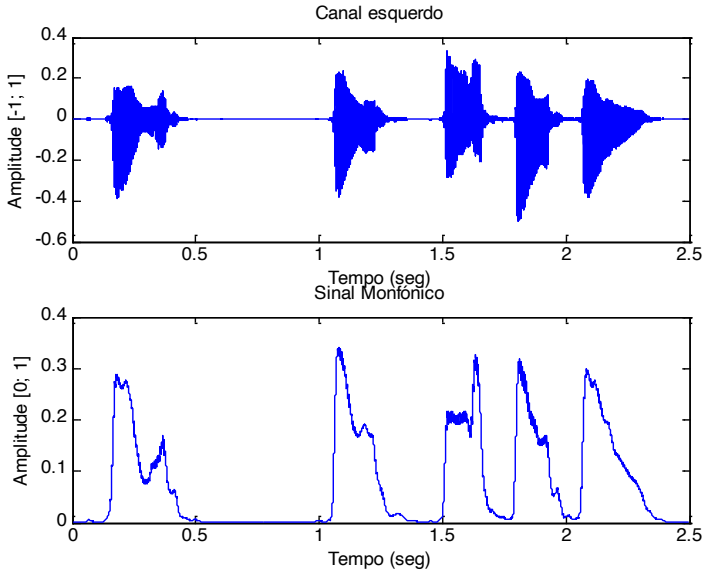
b. No seu código, faça soar o novo sinal. Verifique que o som de cada sinal é enviado por uma coluna diferente.

c. Visualize o novo sinal recorrendo à função anteriormente implementada

d. Misture agora os sinais esquerdo e direito. Para tal, adicione os seus valores e substitua os resultados, mantendo agora apenas uma coluna (i.e., sinal mono);
   a) Escute o resultado e verifique que o som de ambas as colunas é igual.
   b) Visualize o novo sinal recorrendo à função anteriormente implementada.

10. Implemente uma função que devolva o contorno de amplitude de um sinal[1]. O resultado deverá ser algo do género:

[1] A determinação do contorno de amplitude tem diversas aplicações no processamento de sinal. A título de exemplo, em aplicações de análise de conteúdos musicais esse contorno é utilizado na detecção de inícios de notas musicais e na detecção de batidas rítmicas. Neste exercício, o contorno será determinado de forma simples, havendo obviamente mecanismos mais eficazes e eficientes de o obter.



a. Implemente a função **ca = contornoAmplitude(x, W)**, em que W (ímpar) determina a dimensão de uma janela deslizante necessária à determinação do contorno.

b. O cálculo do contorno começa por uma operação designada por "rectificação de meia-onda", definida segundo a equação (1):

$$x_r[t_i] = \begin{cases} x[t_i] & , x[t_i] \geq 0 \\ 0 & , x[t_i] < 0 \end{cases} \qquad (1)$$

- Utilize o método nonzero() dos Arrays do numPy para procurar os índices negativos de x
- (Exemplo: **(i,j)=(sinal<=0).nonzero()**; se os quiser multiplicar por 2, basta fazer: **sinal[i,j] = sinal[i,j] * 2**;

c. De seguida, o contorno é determinado pela média móvel dos valores do sinal. i.e., **ca(i) = np.mean(xr[i-W/2 : i + W/2]);** Dado que W é ímpar, utilize o método *floor* do numPy, a qual arredonda o valor em causa para o inteiro exactamente anterior.
   a) Faça um ciclo para implementar a média móvel
   b) Finalmente, normalize o contorno obtido, de forma a que a sua energia seja igual à do sinal inicial (utilize a função desenvolvida anteriormente).
   c) Visualize os resultados para diversos valores de W, e.g., 5, 7, 21, 25, 75, 255 e 355.

B. Elaboração de um conjunto de scripts e funções para manipulação de imagem

1. Crie um script e grave-o com o nome **'mainImage.py'**. Este script será utilizado na chamada de todas as funções indicadas abaixo.

2. Leia a imagem no ficheiro 'image008.jpg'. Para tal, utilize a função '*imread*' da package matplotlib.image:

- Exemplo:
    - import matplotlib.image as mpimg
    - img=mpimg.imread(file)
- Em imagens monocromáticas (i.e., níveis de cinzento), o resultado (em Y) é uma matriz WxH, em que W é o número de pixeis correspondentes à largura da imagem e H e o número de pixeis relativos à altura.
- Em imagens policromáticas (i.e., coloridas), o resultado é uma matriz tri-dimensional de dimensão WxHx3, em que a última dimensão refere-se ao espaço de cores RGB (red, green, blue). A imagem é formada pela mistura de vermelho, verde e azul, com intensidades diferentes.
- O número de bits utilizado na representação da intensidade varia com o formato do ficheiro e com a qualidade de gravação. No âmbito deste trabalho, poderá assumir valores de intensidade entre 0 e 255.

3. Visualize a sua matriz com recurso à função *image* do Matlab. Para retirar os valores dos eixos, utilize *axis('off') da package matplotlib.pyplot*.

image008.jpg

4. Crie uma função que realce a componente vermelha da imagem. Para isso, multiplique os valores relativos à componente R (i.e., Y(:, :, 1)) por um dado factor. Valores superiores a 255 deverão ser limitados a esse máximo. A função deverá receber a matriz inicial e o factor de multiplicação e devolver a matriz final. A imagem abaixo foi gerada com factor 2.
    - Nota: não utilize ciclos

Realce de Vermelho

5. Implemente uma função que dê o "efeito de mosaico" à sua imagem. Defina a largura, W, do mosaico. Em cada linha, os pixels no intervalo [j – floor(W/2); j + floor(W/2)] receberão todos a intensidade do pixel j (para cada um dos canais R, G e B]. A função deverá receber a imagem original e a largura do mosaico (ímpar). Visualize os resultados para W = 11, 25 e 35.
   - Nota 1: mosaicos nos bordos da imagem com dimensão inferior a W deverão ser tratados convenientemente;
   - Sugestão 1: na atribuição de valores a um dado intervalo, utilize o método *ones* do numPi. Tenha em consideração que o tipo de dados na matriz poderá não ser standard, pelo que neste caso a multiplicação não será possível. Deste modo, antes da multiplicação converta os valores da matriz para float32, i.e., utilize *astype*(numPy.float32).
   - Sugestão 2: utilize dois ciclos for (*nested*);
   - A figura seguinte apresenta os resultados para W = 11. Embora não seja visível neste enunciado, o último mosaico é mais estreito que os restantes.

Efeito de Mosaico

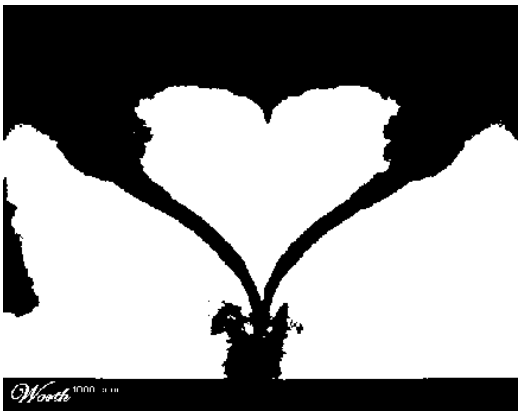
6. Crie uma função para conversão da imagem para níveis de cinzento. Para esse efeito, deverá calcular a luminância monocromática pela combinação dos valores RGB de acordo com o standard NTSC:

$$Y_{cinza}[i,j] = 0.2978R[i,j] + 0.5870\mathrm{G}[i,j] + 0.1140B[i,j]$$

- O resultado será uma matriz WxH, com valores entre 0 e 255;
- Os três canais R, G e B deverão conter a mesma intensidade
- Ilustração do resultado:

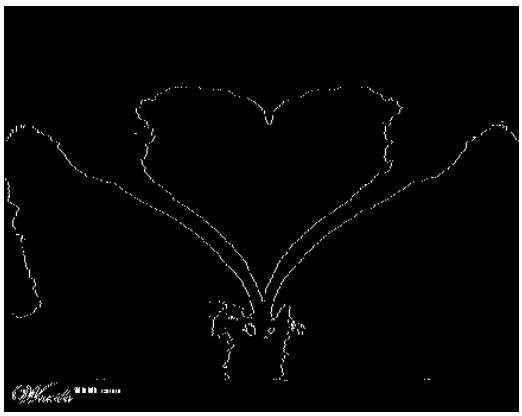
7. Binarize agora a imagem obtida em tons de cinza. Para tal, intensidades superiores a um dado limiar serão convertidas para branco (i.e., 255), sendo os valores inferiores ao limiar convertidos para preto (i.e., 0 → ausência de cor). Crie uma função que receba uma imagem em tons de cinza e o limiar de binarização, e devolva a imagem a dois tons.
   - Nota: não utilize ciclos;
   - A figura abaixo ilustra os resultados para um limiar de 100. Visualize os resultados com vários limiares.

Imagem Binarizada



8. Implemente uma função que receba uma imagem binarizada e devolva outra imagem onde os contornos estejam definidos. Deste modo, transições preto→branco ou branco→preto deverão receber intensidades iguais a 255, sendo que os restantes pixeis ficarão a 0. A figura abaixo ilustra os resultados com base na imagem binarizada anterior.

Contorno da Imagem



9. Grave esta imagem em formato *bmp* utilizando o método *imsave* da package matplotlib.image.
   - Verifique que a dimensão do ficheiro correspondente à imagem final, apesar de conter apenas duas cores, é substancialmente superior à do ficheiro inicial em formato jpeg. De facto, este é um formato de compressão que permite reduzir de forma marcada a dimensão dos ficheiros de imagem. No entanto, trata-se de um método de compressão destrutiva.