

Exercício 1 - Aula 8

EET-01

Igor Caldeira Magalhães
igorcmag@gmail.com

16 de maio de 2020

1 Enunciado

Considere os sinais $x(t)$ dados pelos sinais wave (em anexo).

- Obtenha os sinais $x[n]$ utilizando o conversor AD disponibilizado.

- Aplique a transformada de Fourier de Tempo Discreto em $x[n]$.

Qual é a frequência máxima do sinal $x[n]$?

Qual deve ser a frequência de amostragem mínima para assegurar que o sinal possa ser recuperado posteriormente por um processo de filtragem em banda base?

2 Solução

Primeiramente, extraiu-se o arquivo de audio *Blackbird.wav* para um vetor $x[n]$, bem como a frequência com que o arquivo de áudio foi gravado $f_s = 1/T = 44.100Hz$. O gráfico de $x[n]$ é apresentado na **figura 1**. Em seguida, calculou-se a transformada de Fourier em tempo discreto de $x[n]$, plotou-se seu gráfico, **figura 2**, e obteve-se o valor de ω_B para a largura de banda. A **frequência de Nyquist** f_0 é dada por

$$f_0 = \frac{\omega_B f_s}{2\pi} \approx \frac{0,2 \cdot 44100}{2\pi} \approx 1.400Hz$$

Assim, para que o sinal analógico possa ser convertido para o modo digital (e gravado no computador) de forma reversível, é necessário que a taxa de amostragem seja no mínimo de $2.800Hz$. Como o arquivo de áudio foi gravado com uma frequência de $44.100Hz$, é possível o reverter a gravação para o modo analógico (ou seja, emitir novamente o "som físico") sem perdas.

Listing 1: Código em MATLAB que realiza as tarefas descritas.

```
1 set(0, 'defaulttextinterpreter', 'Latex');
2
3 [x, fs] = audioread('Blackbird.wav');
4 x = x(:,1);
5 %transformada de fourier em tempo discreto
6 w = [-pi:0.01:pi];
7 A = exp(-j*w);
8 X = zeros(length(w), 1);
9 for i = 1:length(w)
10     for k = 1:length(x)
11         X(i, 1) = X(i, 1) + x(k, 1)*A(i, 1)^k;
12     end
13 end
14 figure();
15 plot(0:length(x)-1, x);title('$x[n]=x_c(nT)$'),xlabel('$n$'),ylabel('$x[n]$');
16 figure();
17 plot(w, abs(X)),title('$TFTD\lbrace x[n]=x_c(nT)\rbrace (\omega)$'),xlabel('$\omega=T\Omega$'),ylabel('$abs(X(e^{j\omega}))$');
```

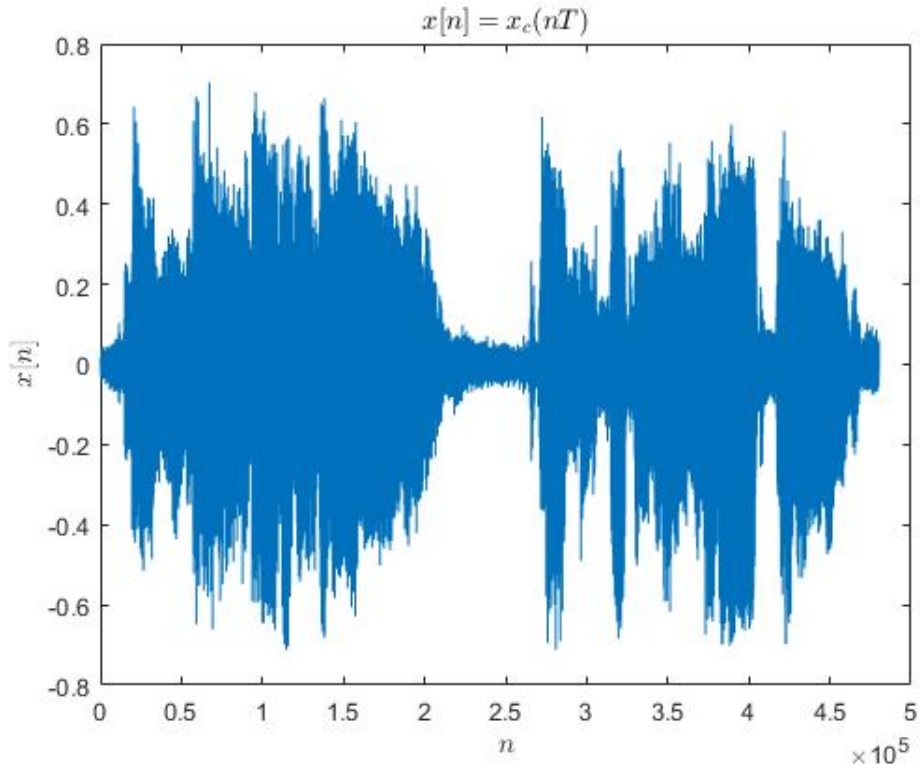


Figura 1: Gráfico de $x[n] = x_c(nT)$ para o arquivo *Blackbird.wav*.

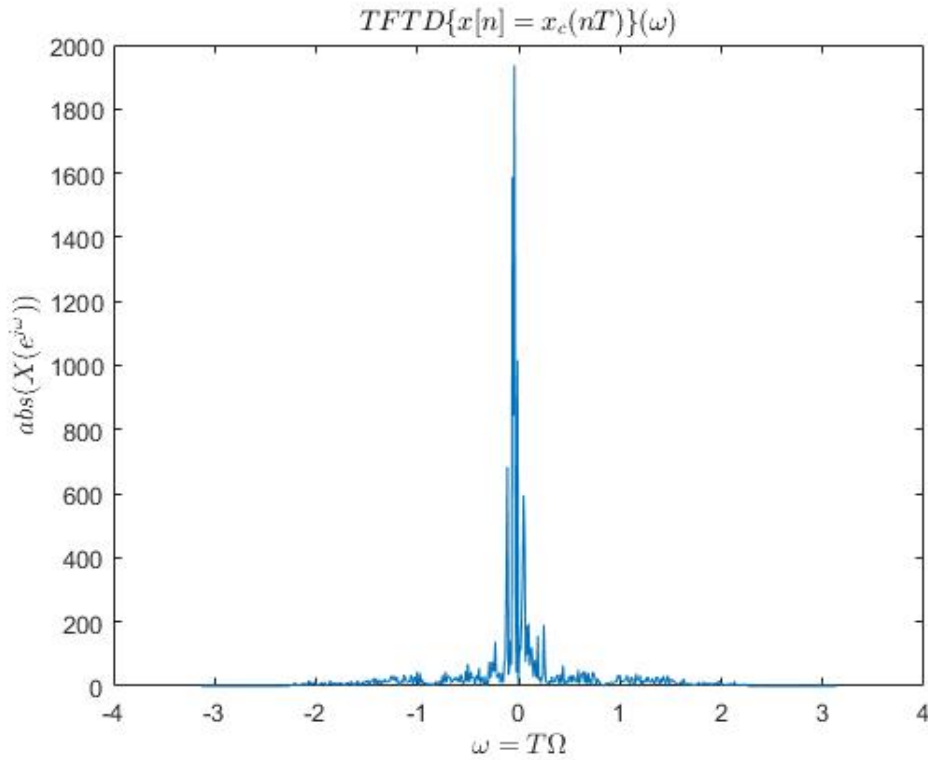


Figura 2: Gráfico da transformada de Fourier em tempo discreto de $x[n] = x_c(nT)$ para o arquivo *Blackbird.wav*.

A análise do arquivo *smariosong.wav* é idêntica. As frequências de amostragem e Nyquist obtidas foram, respectivamente, $f_s = 44.100Hz$ e $f_0 = 4.200Hz$. O resultados estão expressos na **figura 3** e **figura 4**.

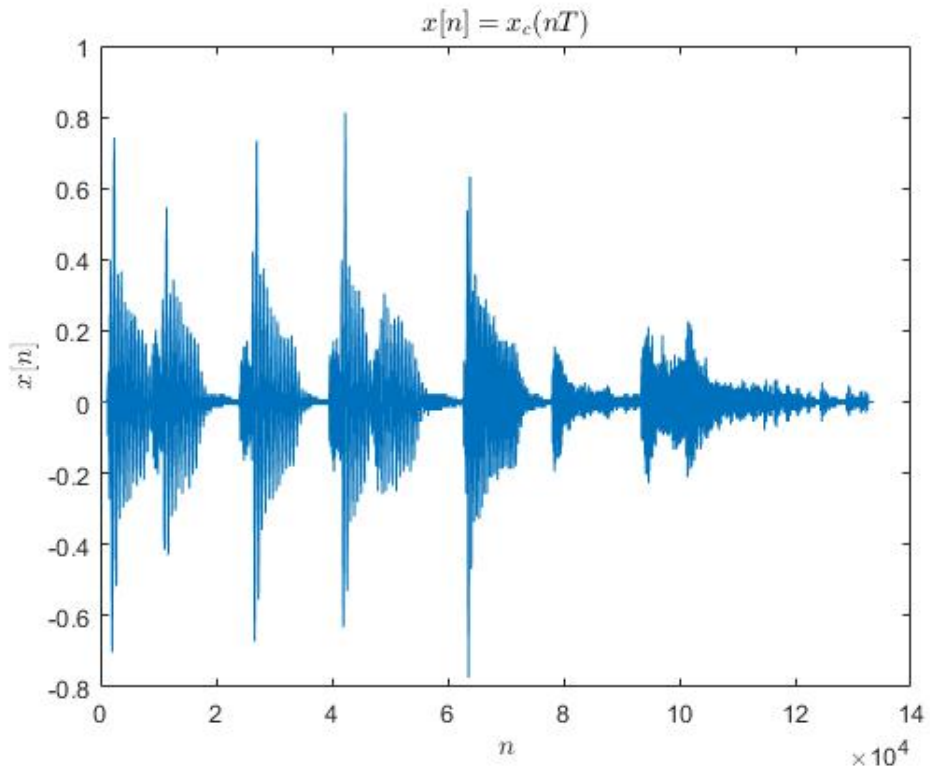


Figura 3: Gráfico de $x[n] = x_c(nT)$ para o arquivo *smariosong.wav*.

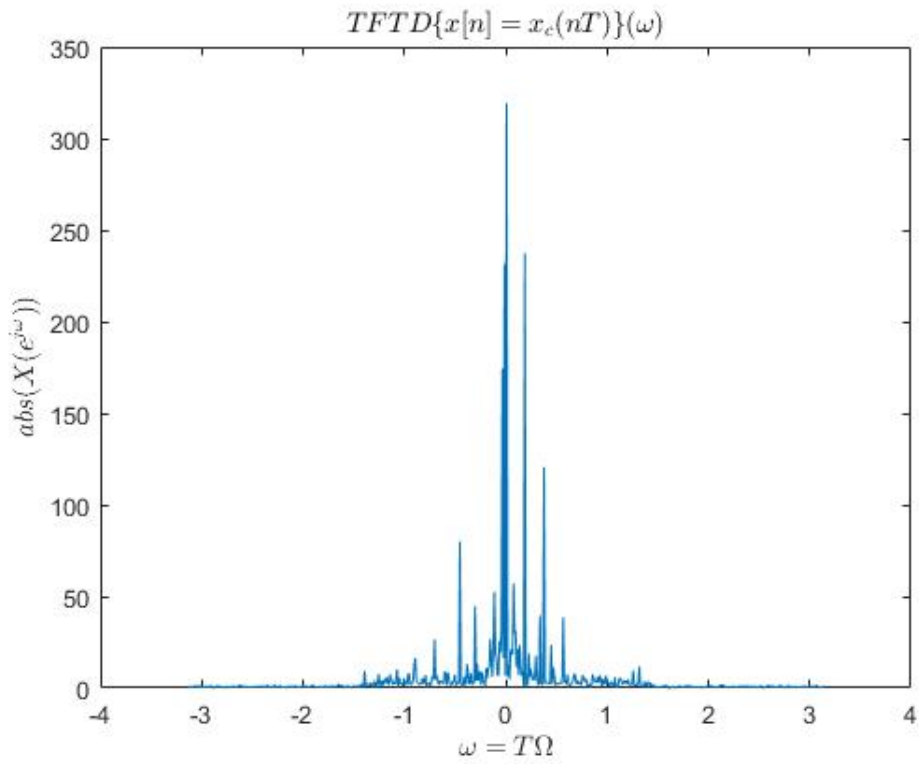


Figura 4: Gráfico da transformada de Fourier em tempo discreto de $x[n] = x_c(nT)$ para o arquivo *smariosong.wav*.