



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Energias Alternativas e Renováveis
Departamento de Engenharia Elétrica



Disciplina: Princípios de Comunicações (Semestre 2024.1)

Prof. Dr. Fabrício Braga Soares de Carvalho

Atividade de Simulação 1:

Revisão de Sinais e Sistemas

Elaborado por: Douglas de Farias Medeiros em Setembro de 2020

Revisado por: Vitor José Costa Rodrigues em Março de 2021

João Pessoa - Paraíba

Julho 2024

1. Objetivo

O objetivo principal deste guia de simulação é proporcionar uma revisão rápida sobre alguns conceitos da teoria de Sinais e Sistemas. Estes conceitos proporcionam uma base para uma boa compreensão da disciplina de Princípios de Comunicações.

2. Preparação

2.1. Instalação do Octave

Para o desenvolvimento dos exemplos apresentados neste guia e também das atividades propostas, será utilizado o *software* Octave. Para fazer o *download* do programa, será necessário acessar o endereço:

<https://www.gnu.org/software/octave/download.html>

Caso não saiba como instalar ou tenha alguma dúvida, basta acessar o seguinte vídeo:

<https://www.youtube.com/watch?v=MoKKDVAMjDQ>

 Caso prefira, também é possível fazer as simulações deste guia no Matlab.

2.2. Revisão

Para iniciar a preparação, vamos revisar alguns conceitos básicos da teoria de Sinais e Sistemas que serão necessários para uma melhor compreensão da disciplina de Princípios de Comunicações. Inicialmente revisaremos os conceitos de energia e potência de um sinal, fazendo em seguida alguns exemplos.

2.2.1. Exemplo 1 - Calculando energia e potência de sinais

Os sinais podem descrever uma grande variedade de fenômenos físicos e são

representados matematicamente como funções de uma ou mais variáveis independentes, podendo ser de tempo contínuo e de tempo discreto. No caso dos sinais de tempo contínuo, a variável independente é contínua e, portanto, esses sinais são definidos em um conjunto contínuo de valores da variável independente. Em contrapartida, os sinais de tempo discreto são definidos somente em instantes discretos, ou seja, a variável independente assume apenas um conjunto discreto de valores.

Para que seja possível mensurar o tamanho de um sinal, é necessário levar em consideração sua amplitude, que pode variar ao longo do tempo, e a duração deste sinal. Neste sentido, a energia e a potência de um sinal são duas medidas que proporcionam calcular o tamanho de um sinal a partir de equações matemáticas. Portanto, a **Energia** de um sinal contínuo pode ser definida como:

$$E_x = \int_{-\infty}^{+\infty} |x(t)|^2 dt$$

Para o caso do sinal ser de tempo discreto, a energia pode ser calculada da seguinte maneira:

$$E_x = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} |x[n]|^2$$

A energia do sinal deve ser finita para que seja uma medida significativa do tamanho do sinal. No caso da energia ser infinita (a integral não convergir), uma medida do tamanho do sinal que faz mais sentido ser calculada é a potência desse sinal (ou energia média). Sendo assim, a **Potência** de um sinal contínuo é definida como:

$$P_x = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{+T/2} |x(t)|^2 dt$$

Para o caso do sinal ser de tempo discreto, a potência pode ser calculada da seguinte maneira:

$$P_x = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^N |x[n]|^2$$

Para fixar bem estes conceitos, vamos implementar um exemplo no Octave para realizar o cálculo da energia de um sinal. O primeiro passo será gerar o sinal discreto. Nesta primeira parte, vamos limpar os dados já existentes no Ambiente de Trabalho do Octave e definir o seguinte sinal:

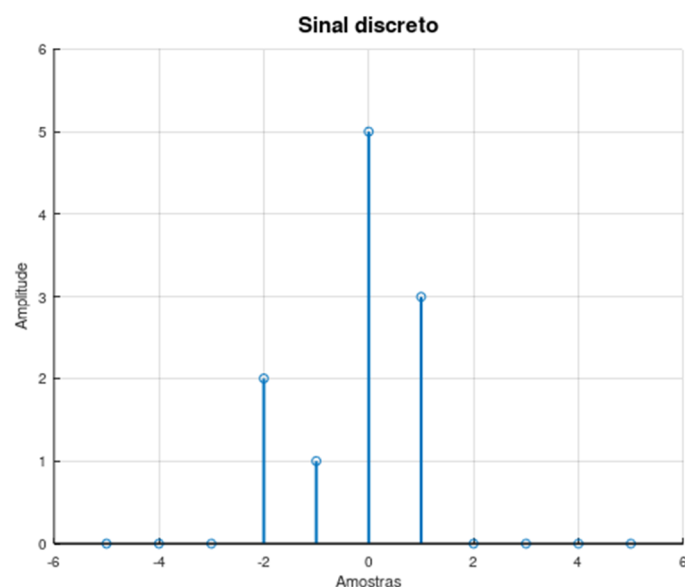
```
close all
clear all
clc

x=-5:1:5;
y = [0 0 0 2 1 5 3 0 0 0];
```

Agora, vamos ver como ficou este sinal? Basta utilizar as seguintes linhas de comando para visualizá-lo:

```
stem(x,y, 'linewidth', 2);
title('Sinal discreto');
xlabel('Amostras');
ylabel('Amplitude');
ylim([0 6]);
grid on;
set(gca,'TitleFontSizeMultiplier',1.5);
```

Nosso sinal ficou assim:



Observe que este **NÃO** é um sinal periódico.

Agora, como já temos nosso sinal definido no Octave, vamos calcular a energia deste sinal a partir das expressões já mencionadas:

```
energia = sum(abs(y).^2)
```

Desta forma, ao executar este código, o Octave realizará o cálculo da energia, que terá como resultado o seguinte valor para este exemplo:

Energia = 39

Para calcular a potência de um sinal, o procedimento é o mesmo, mas lembre-se de que, no caso da potência, teremos sinais periódicos e, portanto, será necessário calcular a potência para **um período** do sinal.

2.2.2. Exemplo 2 - Calculando a FFT de um sinal

Para finalizar esta parte de revisão, vamos relembrar um pouco sobre a Transformada de Fourier implementando um exemplo no Octave. O objetivo deste exercício é visualizar o espectro de frequência do sinal $y_4(t)$, então, inicialmente, serão definidas três senóides com frequências distintas (y_1 , y_2 e y_3) e um quarto sinal (y_4) composto pela soma dos três anteriores. Além disso, também será definida a frequência de amostragem.

```
close all
clear all
clc

fs = 1000; % Frequencia de amostragem
Ts = 1/fs; % Tempo de amostragem
t = 0:Ts:2-Ts;

f1 = 10;
f2 = 30;
f3 = 70;

y1 = sin(2*pi*f1*t);
y2 = sin(2*pi*f2*t);
y3 = sin(2*pi*f3*t);
y4 = y1+y2+y3;
```

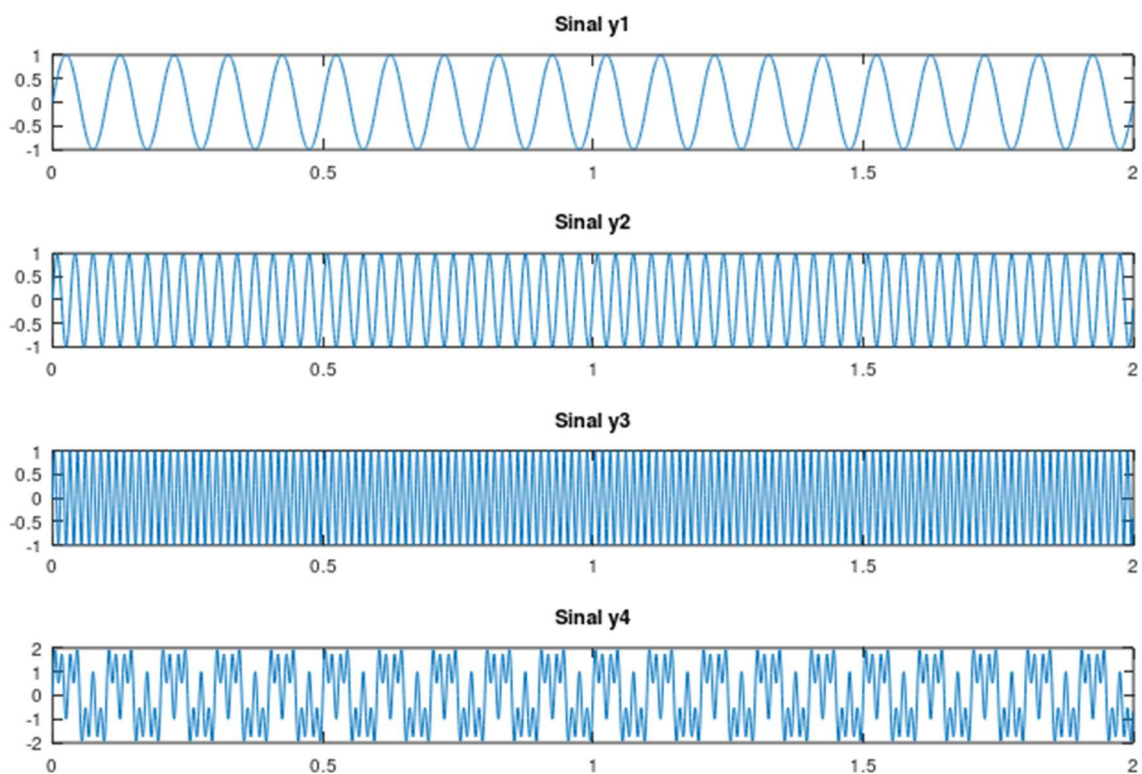
Para visualizar os sinais implementados, vamos utilizar o seguinte código:

```

subplot(4,1,1);
plot(t, y1);
title('Sinal y1(t)');
subplot(4,1,2);
plot(t, y2);
title('Sinal y2(t)');
subplot(4,1,3);
plot(t, y3);
title('Sinal y3(t)');
subplot(4,1,4);
plot(t, y4);
title('Sinal y4(t)');

```

Dessa forma, será possível observar os quatro sinais criados, conforme ilustrado na imagem a seguir:



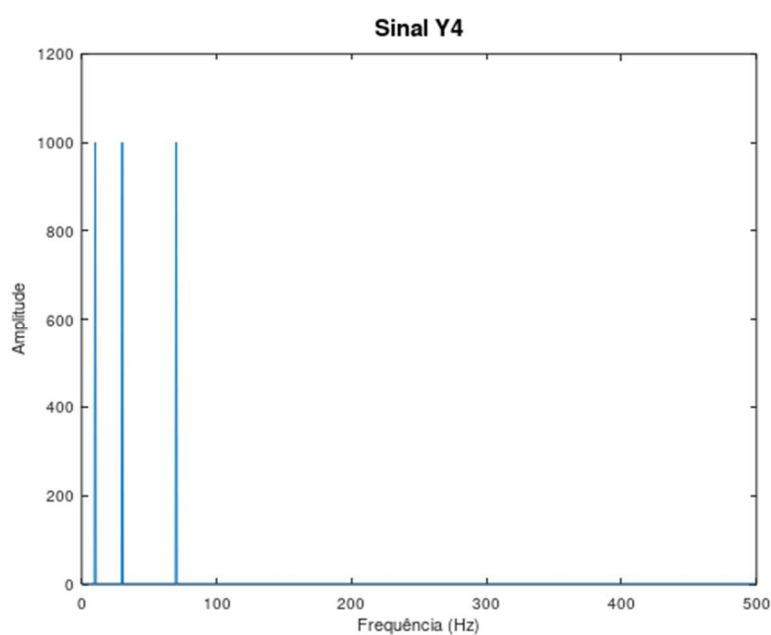
Agora que já é possível observar os quatro sinais $y1(t)$, $y2(t)$, $y3(t)$ e $y4(t)$ no domínio do tempo, vamos finalizar este exercício implementando a parte do código para plotar o sinal $y4(t)$ no domínio da frequência e, assim, observar as suas componentes em frequência. Para

isso, vamos adicionar no nosso código as seguintes linhas:

```
L = length(t); % Tamanho do sinal no tempo
Y4 = fft(y4); % Calculando a FFT
fhz = fs*(0:(L/2)-1)/L; % Valores de frequencia em Hertz

figure;
plot(fhz, abs(Y4(1:L/2)));
title('Sinal Y4');
xlabel('Frequência (Hz)');
ylabel('Amplitude');
set(gca,'TitleFontSizeMultiplier',1.5);
```

Ao executar o código, será possível observar o espectro de frequências, conforme exposto na imagem a seguir:



Observe, na imagem acima, as três componentes em frequência que compõem o sinal $y_4(t)$. Estas componentes estão localizadas exatamente nos valores de 10 Hz, 30 Hz e 70 Hz, que correspondem às frequências dos sinais $y_1(t)$, $y_2(t)$ e $y_3(t)$.

3. Prática de Simulação

Esta parte do guia deverá ser implementada nos *softwares* Octave ou Matlab e cada aluno deverá elaborar um Relatório Individual descrevendo suas atividades.

Questão 1 - Encontrando o espectro de frequências do seu próprio sinal de voz.

A atividade de simulação consiste em encontrar as componentes em frequência do seu próprio sinal de voz. É importante que os exemplos já apresentados neste guia sejam implementados anteriormente, pois podem ajudar no desenvolvimento das atividades.

- Usando um gravador de voz no seu computador (ou celular), diga alguma frase e grave este sinal em um arquivo de áudio (Exemplo: "Oi, meu nome é Fulano de Tal").
- Antes de implementar algum código, ouça o arquivo de áudio para verificar se foi gravado corretamente. Você pode utilizar os comandos *"audioread"* e *"sound"* no Octave (Digite *"doc audioread"* e *"doc sound"* na Janela de Comandos para obter mais informações sobre as funções).
- Calcule a energia do sinal gerado por sua gravação.
- Determine o espectro de frequências do seu sinal de voz.
- Plote os gráficos do seu sinal de voz no domínio do tempo e no domínio da frequência.

Questão 2 - Identificando as notas musicais através do espectro de frequências.

Dentro da pasta "Notas Musicais" existem diversos arquivos de áudio que contêm os sons das notas musicais, mas estes arquivos não estão identificados. Assim, o objetivo deste exercício é utilizar a Transformada de Fourier para observar as componentes em frequência de cada áudio e identificar qual nota musical cada arquivo contém. Crie um programa no Octave que auxilie nesta atividade, salve os gráficos nos domínios do tempo e da frequência e, em seguida, preencha a tabela a seguir:

Nota musical	Frequência (Aproximada)	Nome do arquivo (Exemplo: "arquivo_1.wav")
Dó	261,63 Hz	

Ré	293,66 Hz	
Mi	329,63 Hz	
Fá	349,23 Hz	
Sol	392 Hz	
Lá	440 Hz	
Si	493,88 Hz	

Dica: Tente identificar a frequência da componente de maior amplitude no espectro para descobrir a nota musical.

4. Referências

- LATHI, B. P. Sinais e Sistemas Lineares. 2ª Ed., Porto Alegre, Editora Bookman, 2006. 856p.
- OPPENHEIM, A. V.; WILLSKY, A. S. Signals and systems. 2. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1997. 941p.
- Guia de Laboratório - A Transformada Rápida de Fourier (FFT) e análise espectral. Disponível em: <https://bitlybr.com/gEXuQ3>. Acesso em: 15 Set. 2020.