Aula04*: Operações com Sinais Discretos

1. Introdução

Nas aulas anteriores, sinais de tempo discreto, onde as amostras eram obtidas através de $x(n.T_s)$, foram definido no domínio do tempo.

A partir desta aula, entretanto, vamos dar preferência em definir o sinal discreto em termos de suas amostras n e não mais em termos do instante de ocorrência de cada uma das n amostras, $t = n.T_s$.

Abaixo é apresentado um exemplo de como definir um sinal de tempo discreto usando o MatLab:

```
clc
clear all
close all

n=0:30;                    %define o vetor n, neste caso com 31 pontos
x= 3*n;                    %define a função matemática que representa a sequência

stem(n,x)                  %plota o sinal, sempre através de raias.
title ('Sinal amostrado')
xlabel ('Amostras no tempo')
ylabel ('Amplitude')
```

2. Sinal Senoidal

O sinal senoidal discreto é dado por $x[n] = sen(\omega.n + \theta)$ onde ω é a frequência angular dada em $\frac{radianos}{segundo}$.

A sequência de comando abaixo, apresenta um exemplo de como obter a sequência $x[n]$ a partir de $x[n] = sen(\omega.n + \theta)$

```
clc
clear all
close all

f=10;          %define a frequência do sinal senoidal
fs=80;         %define a frequência de amostragem utilizada
n=0:29;        % define o vetor n com 30 amostras
w=2*pi*f/fs;   %define a frequência w
x=sin(w*n)     %encontra os valores de x

stem(n,x)
title ('Sinal amostrado')
xlabel ('Amostras no tempo')
ylabel ('Amplitude')
```

Baseado no roteiro da apostila do Laboratório de Comunicações Digitais -março/2007 - Márcio Eisencraft e Marco Antônio Assis.

3. Sinal Impulso

O sinal impulso é um sinal que apresenta valor igual a 1 em $n = 0$ e valor igual a 0 para todos os valores de n.

$$\delta[n] = \begin{cases} 1, n = 0 \\ 0, n \neq 0 \end{cases} \quad e \quad \delta[n - n_0] = \begin{cases} 1, n = n_0 \\ 0, n \neq n_0 \end{cases}$$

A sequência de comandos, apresentada abaixo, gera um impulso $\delta[n]$ para $0 \leq n \leq 30$.

```
clc
 clear all
close all

 n_amostras=31;
 n=0:( n_amostras -1);
 imp=zeros(1, n_amostras);
 imp(1)=1;

 stem(n,imp);
 title (‘Sinal amostrado’)
 xlabel (‘Amostras no tempo’)
 ylabel (‘Amplitude’)
```

A partir deste sinal qualquer sinal discreto pode ser formado pela soma de impulsos ponderados deslocados. Para isso, o exemplo abaixo mostra como gerar o sinal $x[n] = 0{,}9\delta[n - 5]$, para $0 \leq n \leq 19$.

```
clc
clear all
close all

n_amostras =20;
n=0:( n_amostras -1);
imp=zeros(1, n_amostras);
imp(6)= 0.9;

stem(n,imp);
title (‘Sinal X1 amostrado’)
xlabel (‘Amostras no tempo’)
ylabel (‘Amplitude’)
```

4. O Sinal Degrau

O sinal degrau unitário é um sinal que apresenta valor igual a 1 em todos os valores de n maior e igual a 0, e igual a 0 para os outros valores de n.

$$u[n] = \begin{cases} 1, n \geq 0 \\ 0, n < 0 \end{cases} \quad e \quad u[n - n_0] = \begin{cases} 1, n \geq n_0 \\ 0, n < n_0 \end{cases}$$

A sequência de comandos, apresentada abaixo, gera um impulso $u[n]$ para $-10 \leq n \leq 10$.

```
clc
clear all
close all

n_amostras =21;
n=-( n_amostras -1)/2: (n_amostras -1)/2;
degrau=zeros(1, n_amostras);
degrau(11:end)=1;

stem(n,degrau);
title (‘Sinal X amostrado’)
xlabel (‘Amostras no tempo’)
ylabel (‘Amplitude’)
```

Outro exemplo de utilização da função degrau é a sua utilização na geração de uma função rampa do tipo rampa=$n.u[n]$ para $-10 \leq n \leq 10$.

```
clc
clear all
close all

npontos=21;
n=-( n_amostras -1)/2: (n_amostras -1)/2;
degrau=zeros(1, n_amostras);
degrau(11:end)=1;
rampa=n.*degrau;

stem(n,rampa);
title (‘Sinal X amostrado’)
xlabel (‘Amostras no tempo’)
ylabel (‘Amplitude’)
```

5. Atividades

I. Crie uma função do tipo $\boldsymbol{x = impulso(n1, n2, n0)}$ que gere uma função impulso onde $n0$ é o deslocamento do pulso e $n1$ e $n2$ são os limites inferior e superior do vetor n.
Exemplo: para $\delta[n-5]$ para $0 \leq n \leq 10$ o comando *impulso(0,10,-5),* fornece: *ans = 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0*

Execute a função para gerar:

a) $\delta[n]$ para $0 \leq n \leq 10$
b) $\delta[n+5]$ para $-10 \leq n \leq 10$
c) $\delta[n-5]$ para $5 \leq n \leq 10$

II. Crie uma função do tipo $\boldsymbol{x = degrau(n1, n2, n0)}$ que gere uma função degrau onde n0 é o deslocamento do degrau e n1 e n2 são os limites inferior e superior do vetor n.
Exemplo: para $u[n-5]$ para $0 \leq n \leq 10$ → $degrau(0,10,-5)$

a) $u[n]$ para $0 \leq n \leq 10$
b) $u[n+5]$ para $-10 \leq n \leq 10$
c) $u[n-5]$ para $5 \leq n \leq 10$

III. Utilizando as funções criadas nos exercícios anteriores, gere e faça o gráfico de cada uma das seguintes sequências sobre seus respectivos intervalos ($\boldsymbol{Aula04\_ex03.m}$)

a) $x[n] = 2.\delta[n-2] - \delta[n-4], -5 \leq n \leq 5$

b) $x[n] = n.\ (u[n] - u[n-10]) + 10.e^{-0,3(n)}(u[n-10] - u[n-20]),$
$0 \leq n \leq 20$

Exercícios de fixação

I. Um diferenciador digital é dado por: $y[n] = x[n] - x[n-1]$. Escreva, usando as funções do exercício anterior comandos MatLab que programem este diferenciador para as seguintes sequências de entrada e faça gráficos dos sinais $x[n]$, $x[n-1]$ e $y[n]$, na mesma figura, para cada caso. (*Dica: utilize o comando subplot* ($\boldsymbol{Aula04\_fix01.m}$))

a) $x[n] = 5(u[n] - u[n-20])$,
b) $x[n] = n(u[n] - u[n-10]) + (20-n)(u[n-10] - u[n-20])$
c) $x[n] = \sin\left(\frac{\pi n}{25}\right)(u[n] - u[n-100])$

II. Crie uma função do tipo $\boldsymbol{y = compressao(x, M)}$ que execute a função da compressão de M amostras de um sinal $x[n]$.

Exemplo: para $y = x[2.n]$ com $x = [1\ 2\ 3\ 4\ 5\ 6\ 7\ 8]$ o comando $compressao(x, 2)$ fornece $ans = 1\ 3\ 5\ 7$

Execute a função para o sinal $x = \sin(0{,}125\pi.n)$ e verifique o efeito da constante M através do gráfico de $y[n]$.

a) $M = 2$
b) $M = 4$
c) $M = 8$

III. Crie uma função do tipo $\boldsymbol{y = atraso\_sen(\omega, \theta, n_0)}$ que seja capaz de atrasar um dado sinal senoidal $x[n] = \sin(\omega.n + \theta)$ em n_0 amostras.

Execute a função para o sinal $x = \sin(0{,}125\pi.n)$ e verifique o efeito da constante n_0 através do gráfico de $y[n]$.

a) $n_0 = 2$
b) $n_0 = 4$
c) $n_0 = 8$

IV. Repita o exercício anterior para uma função do tipo $\boldsymbol{y = atraso\_exp(A, \alpha, n_0)}$ que seja capaz de atrasar um dado sinal exponencial $x[n] = A.\alpha^n$ em n_0 amostras.

Execute a função para o sinal $x = 0{,}5^n$ e verifique o efeito da constante n_0 através do gráfico de $y[n]$.

a) $n_0 = 2$
b) $n_0 = 4$
c) $n_0 = 8$