

Disciplina: Processamento Digital de Sinais

Material aula 6

Ambiente Blackboard

Apresentação

- 1) Exemplo de programa em “C”
- 2) Transformada Z Inversa
- 3) Resposta em frequencia

Exemplo de programa em “C”

- Filtro média móvel:
- ```
/* Implementação de um filtro Média Móvel
```
- ```
Lê um arquivo binário com amostras em 16bits
```
- ```
Salva arquivo filtrado também em 16 bits
```
- ```
Walter versão 1.0
```
- ```
*/
```
- ```
#include <stdio.h>
```
- ```
#include <fcntl.h>
```
- ```
#include <io.h>
```
- ```
#define NSAMPLES 4 // Tamanho da média
```
- 
-

# Exemplo de programa em “C”

- Filtro média móvel:

- `int main()`
- `{`
- `FILE *in_file, *out_file;`
- `int i, n, n_amost;`
- 
- `short entrada, saida;`
- `short sample[NSAMPLES] = {0x0};`
- 
- `float y=0;`
- `//Carregando os coeficientes do filtro média móvel`
- 
- `float coef[NSAMPLES]={`
- 
- `#include "coefs_mm_4.dat"`
- `};`
- 
-

# Exemplo de programa em “C”

- Filtro média móvel:

```
/* abre os arquivos de entrada e saida */
if ((in_file = fopen("../sweep_100_2k.pcm","rb"))==NULL)
{
 printf("\nErro: Nao abriu o arquivo de entrada\n");
 return 0;
}
if ((out_file = fopen("../sai_sweep_mm_4.pcm","wb"))==NULL)
{
 printf("\nErro: Nao abriu o arquivo de saida\n");
 return 0;
}
```

.

.

# Exemplo de programa em “C”

- Filtro média móvel:
- `// zera vetor de amostras`
- `for (i=0; i<NSAMPLES; i++)`
- `{`
- `sample[i]=0;`
- `}`
- 
-

# Exemplo de programa em “C”

- Filtro média móvel:
- `// execução do filtro`
- `do {`
- `y=0 ; //zera saída do filtro;`
- `n_amost = fread(&entrada,sizeof(short),1,in_file); //lê dado do arquivo`
- `sample[0] = entrada;`
- `for (n=0; n<NSAMPLES; n++)                      //Convolução`
- `{`
- `y += coef[n]*sample[n];`
- `}`
- `for (n=NSAMPLES-1; n>0; n--)                      //desloca vetor de amostras`
- `{`
- `sample[n]=sample[n-1];`
- `}`
- `saida = (short) y;`
- `fwrite(&saida,sizeof(short),1,out_file);      //escreve no arquivo de saída`
- `} while (n_amost);`

# Exemplo de programa em “C”

- Filtro média móvel:

```
//fecha os arquivos de entrada de saída
```

```
fclose(out_file);
```

```
fclose(in_file);
```

```
return 0;
```

```
}
```



# Exemplo de programa em “C”

- Coefs\_mm\_4.dat - Arquivo com os coeficientes
- 0.25,
- 0.25,
- 0.25,
- 0.25

# Exemplo de programa em “C”

- TAREFAS
- 1) Implementar o filtro MM para os seguintes tamanhos de média 8, 16, 32. Usar como entrada o sweep e comparar as saídas com as do Matlab.
- 2) Modifique o arquivo apresentado e implemente o programa em “C” para a geração de eco.
-

# Transformada Z - Tabela

Table 3.1 Some common z-transform pairs

|     | Sequence $x[n]$              | $z$ -Transform $X(z)$                                                             | ROC         |
|-----|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1.  | $\delta[n]$                  | 1                                                                                 | All $z$     |
| 2.  | $u[n]$                       | $\frac{1}{1 - z^{-1}}$                                                            | $ z  > 1$   |
| 3.  | $a^n u[n]$                   | $\frac{1}{1 - az^{-1}}$                                                           | $ z  >  a $ |
| 4.  | $-a^n u[-n - 1]$             | $\frac{1}{1 - az^{-1}}$                                                           | $ z  <  a $ |
| 5.  | $na^n u[n]$                  | $\frac{az^{-1}}{(1 - az^{-1})^2}$                                                 | $ z  >  a $ |
| 6.  | $-na^n u[-n - 1]$            | $\frac{az^{-1}}{(1 - az^{-1})^2}$                                                 | $ z  <  a $ |
| 7.  | $(\cos \omega_0 n) u[n]$     | $\frac{1 - (\cos \omega_0) z^{-1}}{1 - 2(\cos \omega_0) z^{-1} + z^{-2}}$         | $ z  > 1$   |
| 8.  | $(\sin \omega_0 n) u[n]$     | $\frac{(\sin \omega_0) z^{-1}}{1 - 2(\cos \omega_0) z^{-1} + z^{-2}}$             | $ z  > 1$   |
| 9.  | $(r^n \cos \omega_0 n) u[n]$ | $\frac{1 - (r \cos \omega_0) z^{-1}}{1 - 2(r \cos \omega_0) z^{-1} + r^2 z^{-2}}$ | $ z  > r$   |
| 10. | $(r^n \sin \omega_0 n) u[n]$ | $\frac{(\sin \omega_0) z^{-1}}{1 - 2(r \cos \omega_0) z^{-1} + r^2 z^{-2}}$       | $ z  > r$   |

# Transformada Z Inversa

- Frações parciais

- O procedimento para a obtenção da transformada Z inversa é similar ao usado na transformada de Laplace
- Entretanto, deve-se observar que

$$\gamma^{n-1}u[n-1] \iff \frac{1}{z-\gamma}$$

- Ou seja, a expansão em frações parciais usual leva ao aparecimento de termos em  $u[n-1]$  e não em  $u[n]$
- Para se obter uma expressão em termos de  $u[n]$  é necessário modificar o procedimento
  - Expandir em frações parciais  $X[z]/z$
  - Isolar  $X[z]$  e utilizar a tabela

# Transformada Z Inversa

- Frações parciais

Calcular a transformada Z inversa de:

$$X_1[z] = \frac{z(2z - 1)}{(z - 1)(z + 0,5)}$$

$$X_2[z] = \frac{1}{(z - 1)(z + 0,5)}$$

$$X_3[z] = \frac{9}{(z + 2)(z - 0,5)^2}$$

$$X_4[z] = \frac{5z(z - 1)}{z^2 - 1,6z + 0,8}$$

# Transformada Z Inversa

- Frações parciais

$$\frac{X_1[z]}{z} = \frac{2z - 1}{(z - 1)(z + 0,5)} = \frac{k_1}{z - 1} + \frac{k_2}{z + 0,5}$$

$$\frac{X_1[z]}{z} = \frac{2/3}{z - 1} + \frac{4/3}{z + 0,5}$$

$$X_1[z] = \frac{2}{3} \frac{z}{z - 1} + \frac{4}{3} \frac{z}{z + 0,5}$$

$$x_1[n] = \frac{1}{3} [2 + 4(-0,5)^n] u[n]$$

# Transformada Z Inversa

- Frações parciais

$$\frac{X_2[z]}{z} = \frac{1}{z(z-1)(z+0,5)} = \frac{k_1}{z} + \frac{k_2}{z-1} + \frac{k_3}{z+0,5}$$

$$\frac{X_2[z]}{z} = \frac{-2}{z} + \frac{2/3}{z-1} + \frac{4/3}{z+0,5}$$

$$X_2[z] = -2 + \frac{2}{3} \frac{z}{z-1} + \frac{4}{3} \frac{z}{z+0,5}$$

$$x_2[n] = -2\delta[n] + \frac{1}{3}[2 + 4(-0,5)^n]u[n]$$

# Transformada Z Inversa

- Frações parciais

$$\begin{aligned}\frac{X_3[z]}{z} &= \frac{9}{z(z+2)(z-0,5)^2} \\ &= \frac{k_1}{z} + \frac{k_2}{z+2} + \frac{k_3}{z-0,5} + \frac{k_4}{(z-0,5)^2} \\ &= \frac{18}{z} + \frac{-0,72}{z+2} + \frac{-17,28}{z-0,5} + \frac{7,2}{(z-0,5)^2} \\ X_3[z] &= 18 - 0,72 \frac{z}{z+2} - 17,28 \frac{z}{z-0,5} + 7,2 \frac{z}{(z-0,5)^2} \\ x_3[n] &= 18\delta[n] - [0,72(-2)^n + 17,28(0,5)^n - 14,4n(0,5)^n]u[n]\end{aligned}$$



# Transformada Z Inversa

$$\begin{aligned}
 \frac{X_4[z]}{z} &= \frac{5(z-1)}{z^2 - 1,6z + 0,8} = \frac{5(z-1)}{(z - 0,8 + j0,4)(z - 0,8 - j0,4)} \\
 &= \frac{k_1}{z - 0,8 + j0,4} + \frac{k_1^*}{z - 0,8 - j0,4} \\
 &= \frac{1,25\sqrt{5}e^{-j0,4636}}{z - 0,8 + j0,4} + \frac{1,25\sqrt{5}e^{j0,4636}}{z - 0,8 - j0,4} \\
 X_4[z] &= \frac{0,5 \cdot 2,5\sqrt{5}e^{-j0,4636}}{z - 0,4\sqrt{5}e^{-j0,4636}} + \frac{0,5 \cdot 2,5\sqrt{5}e^{j0,4636}}{z - 0,4\sqrt{5}e^{j0,4636}} \\
 x_4[n] &= 2,5\sqrt{5}(0,4\sqrt{5})^n \cos(0,4636n + 0,4636)u[n] \\
 &= \frac{5\sqrt{5}}{2} \left( \frac{2}{\sqrt{5}} \right)^n \cos(0,4636n + 0,4636)u[n]
 \end{aligned}$$

# Transformada Z

- Exemplo Matlab - Obter e plotar pólos/zeros

```
%Exemplo para plotar a localização dos pólos e zeros
% no plano Z
```

```
% $D(Z) = 1 + 1,5Z^{-1} + 2Z^{-2}$
```

```
clear all; close all; clc;
D = [1, 1.5, 2];
```

```
Num = D;
Den = [1, 0, 0];
```

```
% Set up vector for zeros
z = roots(Num)
```

```
% Set up vector for poles
p = roots(Den)
```

```
figure(1);
zplane(z,p);
title('Pole/Zero Plot Example');
```

# Transformada Z

- **TAREFA:** Faça os exercícios 1, 2 e 3 da lista 2 de Transformada Z.

# Disciplina: Processamento Digital de Sinais

Material aula 6

Ambiente Blackboard