

Atividade 04

Simulação com Equações de Diferenças

Welliton Jhonathan Leal Babinski

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco
Controle Digital
Prof. Dr. Emerson Caratti

24 de março de 2021

Resumo

Este trabalho se trata da simulação do comportamento de um sistema H desconhecido que pode representar um sistema dinâmico qualquer que foi "discretizado", isso se torna possível a partir do uso de equações de diferenças que nos permitem mais facilmente a implementação e análise de estruturas mais complexas a um custo computacional geralmente menor.

1 Introdução

Assim como os sistemas contínuos são controlados por equações diferenciais, os sistemas discretos recursivos operam de acordo com essa equação de diferença. A partir dessa relação, podemos derivar as principais características do sistema: a resposta ao impulso, a resposta ao degrau, a resposta de frequência, o gráfico pólo zero, etc. (SMITH, 2013)

Equação de diferenças:

$$y[n] = a_0x[n] + a_1x[n-1] + a_2x[n-2] + \dots + b_1y[n-1] + b_2y[n-2] + \dots(1)$$

onde $x[\]$ e $y[\]$ são os sinais de entrada e saída, respectivamente, e os termos "a" e "b" são os coeficientes de recursão. Um uso óbvio desta equação é descrever como um programador implementaria o filtro. Um igualmente aspecto importante é que representa uma relação matemática entre a entrada e a saída que deve ser continuamente satisfeita. (SMITH, 2013)

2 Algoritmos

Listings

```
1 Algoritmo da resposta ao Impulso . . . 1
2 Algoritmo da resposta a Onda Quadrada 1 1
3 Algoritmo da resposta a Senoidal . . . . 2 2
1 % Algoritmo da resposta ao Impulso
2 % Controle Digital
3 % Welliton Jhonathan Leal Babinski
4
```

```
5
6 clc;
7 N = 100; % qtd de pontos de simulacao
8 A = 5; % amplitude da senoide
9 Ts = 1e-1; % periodo de amostragem
10 NA = 50; % numero de amostras/ciclo
11 NC = 2; % numero de ciclos
12 To = NA*Ts; % periodo fundamental
13 fo = 1/To; % frequencia fundamental
14 NT = NA*NC; % numero total de pontos
15 TT = NT*Ts; % tempo total do grafico
16
17 t=0:Ts:TT;
18 y = zeros(1,N+2); %inicializacao de y
19 x = zeros(1,N); %inicializacao de x
20
21 %Laco de repeticao
22 %Contador iniciando em 3 devido ao
deslocamento y(n-2)
23 for n=3:N
24 if n == 3
25 x(n)=A;
26 else
27 x(n)=0; end
28
29 %Equacao de diferencas y(n) obtida
30 y(n) = (8*y(n-1) - 3*y(n-2) + 4*x(n-1) + x
(n-2))/10;
31
32 %Teste com outros coeficientes
33 %y(n) = (6*y(n-1) - 1*y(n-2) + 3*x(n-1) +
0.8*x(n-2))/10;
34 end
35 figure
36 %Plotando os 3 graficos
37 subplot(2,2,1);
38 stem(x); xlim([0 100]);
39 title('Entrada X[n]');
40 subplot(2,2,2);
41 stem(y, 'r'); xlim([0 100]);
42 title('Sa da Y[n]');
43 subplot(2,2,[3 4]);
44 title('Equa o de diferen as');
45 hold on; stem(x); stem(y, 'r'); xlim([0 100]);
46 grid;
```

Listing 1: Algoritmo da resposta ao Impulso

```
1 Algoritmo da resposta ao Impulso . . . 1
2 Algoritmo da resposta a Onda Quadrada 1 1
3 Algoritmo da resposta a Senoidal . . . . 2 2
1 % Algoritmo da resposta ao Impulso
2 % Controle Digital
3 % Welliton Jhonathan Leal Babinski
4
5
6 clc;
7
```

```

8 N = 100;           %Qt de de pontos de
   simula o
9 A = 5;             % amplitude da senoide
10 Ts = 1e-1;        % periodo de amostragem
11 NA = 40;          % numero de amostras/ciclo
12 NC = 3;           % numero de ciclos
13 To = NA*Ts;        % periodo fundamental
14 fo = 1/To;         % frequencia fundamental
15 NT = NA*NC;        % numero total de pontos
16 TT = NT*Ts;        % tempo total do gr fico
17
18 t = 0:Ts:TT;
19 x = zeros(1,N);    %inicializacao de x
20 y = zeros(1,N);    %inicializacao de y
21 k = 0;             %inicializando k
22
23 %La o de repeti o
24 %Contador iniciando em 3 devido ao
   deslocamento y(n-2)
25 for n=3:N
26
27     x(n) = 5;
28     k = k+1;
29     if k > 20
30         x(n) = 0;
31     end
32     if k>40
33         k=0;
34     end
35
36     %Equa o de diferen as y(n) obtida
37     y(n) = (8*y(n-1) - 3*y(n-2) + 4*x(n-1) + x
   (n-2))/10;
38
39     %Teste com outros coeficientes
40     %y(n) = (6*y(n-1) - 1*y(n-2) + 3*x(n-1) +
   0.8*x(n-2))/10;
41
42 end
43 figure
44 subplot(2,2,1); stem(x); xlim([0 100]);
45 title('Entrada X[n]');
46 subplot(2,2,2);
47 stem(y, 'r'); xlim([0 100]);
48 title('Sa da Y[n]');
49 subplot(2,2,[3 4]);
50 title('Equa o de diferen as');
51 hold on; stem(x); stem(y,'r');xlim([0 100]);
52 grid;

```

Listing 2: Algoritmo da resposta a Onda Quadrada

```

1
2 % Algoritmo da resposta ao Sinal Senoidal
3 % Controle Digital
4 % Welliton Jhonathan Leal Babinski
5
6 clc;
7 N = 100;           % Qt de de pontos de simulacao
8 A = 5;             % amplitude da senoide
9 Ts = 1e-1;        % periodo de amostragem
10 NA = 40;          % numero de amostras/ciclo
11 NC = 3;           % numero de ciclos
12 To = NA*Ts;        % per odo fundamental
13 fo = 1/To;         % frequencia fundamental
14 NT = NA*NC;        % numero total de pontos
15 TT = NT*Ts;        % tempo total do grafico
16
17 t=0:Ts:TT;
18 x = A*sin(2*pi*fo*t); % Onda senoidal
19 y = zeros(1,N+2);    %inicializacao de y
20
21 %Laco de repeticao
22 %Contador iniciando em 3 devido ao
   deslocamento y(n-2)
23 for n=3:N
24     %Equacao de diferen as y(n) obtida

```

```

25     y(n) = (8*y(n-1) - 3*y(n-2) + 4*x(n-1) + x
   (n-2))/10;
26
27     %Teste com outros coeficientes
28     %y(n) = (6*y(n-1) - 1*y(n-2) + 3*x(n-1) +
   0.8*x(n-2))/10;
29 end
30 %Plotando os 3 graficos
31 figure
32 subplot(2,2,1); stem(x); xlim([0 100]);
33 title('Entrada x[n]');
34 subplot(2,2,2); stem(y, 'r'); xlim([0 100]);
35 title('Sa da y[n]');
36 subplot(2,2,[3 4]);
37 title('Equa o de Diferen as 2');
38 hold on; stem(x); stem(y,'r');xlim([0 100]);
39 grid;

```

Listing 3: Algoritmo da resposta a Senoidal

3 Resultados

Os sinais de entrada $x[n]$ aplicados no sistema H foram respectivamente Impulso, Onda Quadrada e Onda Senoidal, todos definidos por um ou um trem de impulsos que varia no tempo de acordo com os parâmetros setados como quantidade de amostras, números de ciclos, .Os resultados seguem abaixo e foram obtidos através da simulação utilizando o *Software* MATLAB.

3.1 Impulso

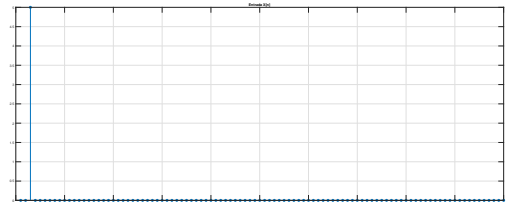


Figura 1: Resposta no tempo da entrada $x[n]$
Fonte: *Software* MATLAB

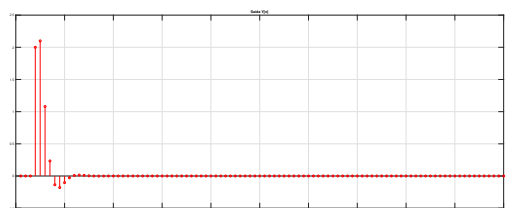


Figura 2: Resposta no tempo da saída $y[n]$
Fonte: *Software* MATLAB

3.2 Onda Quadrada

3.3 Sinal Senoidal

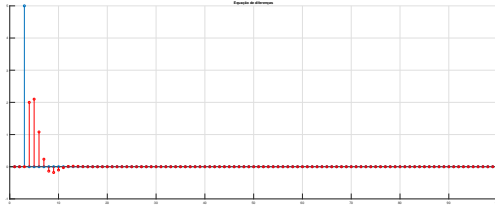


Figura 3: Resposta no tempo da entrada $X[n]$ e saída $Y[n]$
Fonte: *Software MATLAB*

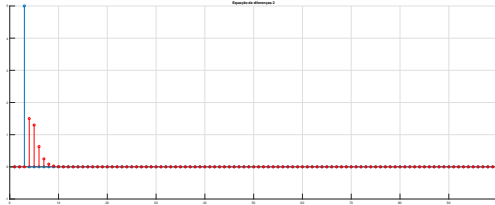


Figura 4: Resposta no tempo com os coeficientes alterados
Fonte: *Software MATLAB*

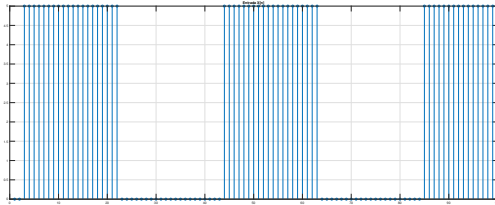


Figura 5: Resposta no tempo da entrada $x[n]$
Fonte: *Software MATLAB*

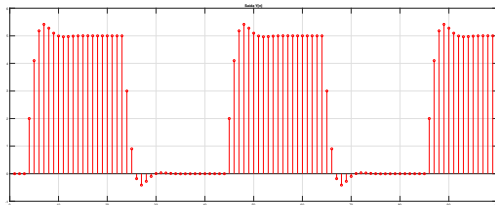


Figura 6: Resposta no tempo da saída $y[n]$
Fonte: *Software MATLAB*

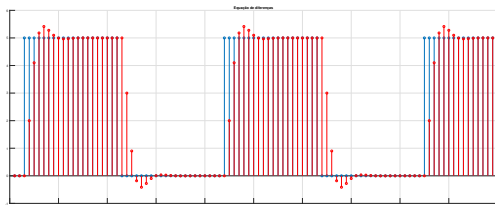


Figura 7: Resposta no tempo da entrada $X[n]$ e saída $Y[n]$
Fonte: *Software MATLAB*

4 Conclusão

Analisando as respostas de todas as entradas podemos observar os indicadores de que primeiramente, o deslocamento da onda vai variar da forma como encontramos a equação de diferenças, e o comportamento das

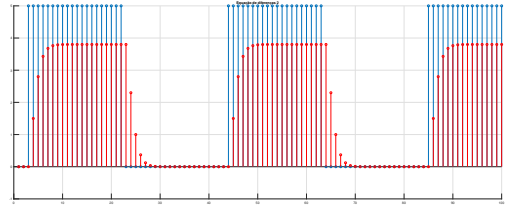


Figura 8: Resposta no tempo com os coeficientes alterados
Fonte: *Software MATLAB*

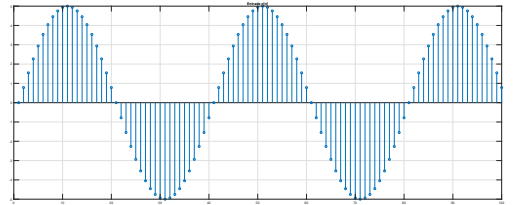


Figura 9: Resposta no tempo da entrada $x[n]$
Fonte: *Software MATLAB*

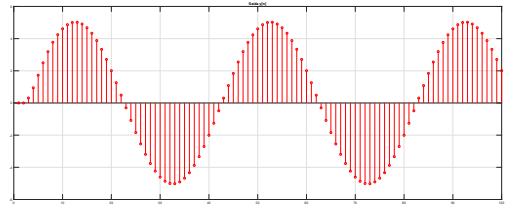


Figura 10: Resposta no tempo da saída $y[n]$
Fonte: *Software MATLAB*

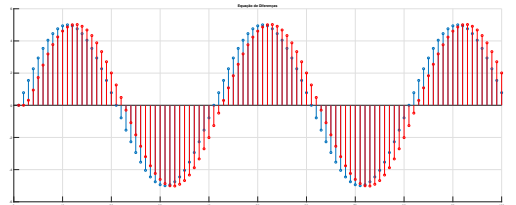


Figura 11: Resposta no tempo da entrada $X[n]$ e saída $Y[n]$
Fonte: *Software MATLAB*

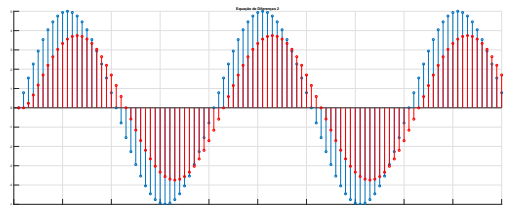


Figura 12: Resposta no tempo com os coeficientes alterados
Fonte: *Software MATLAB*

saídas varia principalmente de acordo com os coeficientes, que ao serem alterados alteram características da onda como: velocidade e tempo de subida, oscilação do sistema, amortecimento e etc. O ponto principal

que se pode abstrair a partir desse trabalho é que a partir de uma entrada $x[n]$ conhecida e de uma saída $y[n]$, podemos obter o comportamento de um sistema H desconhecido utilizando do método de equação de diferenças, esse comportamento pode ser comparado a ação de filtros digitais sobre um sinal, o que não deixa de ser verdade de certa forma.

Referências

SMITH, S. **Digital signal processing: a practical guide for engineers and scientists**. [S.l.]: Elsevier, 2013.