

ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT MÁY TÍNH



THỰC HÀNH XỬ LÝ TÍN HIỆU SỐ - CO2036

Bài thực hành:

"Giải và mô phỏng bài tập Lab 7"

Giảng viên hướng dẫn: Phạm Công Thái

Nhóm: 10

Sinh viên thực hiện: Lê Đức Cường - 2210423

Lê Phú Cường - 2210425



Mục lục

1	Tổng quan	2
2	Mục tiêu	3
3	Phương pháp	3
4	Nội dung bài thực hành Lab 7	4
4.1	Bài tập số 1	4
4.2	Bài tập số 2	5
4.3	Bài tập số 3	6
4.4	Bài tập số 4	7
4.5	Bài tập số 5	8
4.6	Bài tập số 6	10
4.7	Bài tập số 7	12
4.8	Bài tập số 8	14
5	Bàn Luận	16
	Tài liệu tham khảo	17

1 Tổng quan

Trong suốt các tuần học vừa qua, nhóm chúng em đã được tiếp cận với các khái niệm quan trọng về tín hiệu và hệ thống rời rạc, cùng với quy trình chuyển đổi tín hiệu tương tự - số (ADC). Những kiến thức này không chỉ giúp chúng em hiểu được cách tín hiệu được biểu diễn, xử lý trong miền rời rạc mà còn cung cấp nền tảng để thực hiện các phân tích, tính toán cần thiết trong các ứng dụng thực tế.

Cụ thể, chúng em đã học và áp dụng các nội dung từ các chương sau:

- **Introduction of Signal and System:** Bài giảng này giới thiệu những khái niệm cơ bản về tín hiệu và hệ thống, bao gồm phân loại tín hiệu (rời rạc, liên tục, xác định, ngẫu nhiên), các thuộc tính của hệ thống (tuyến tính, bất biến theo thời gian, nhân quả, có nhớ hay không có nhớ) và các phương pháp biểu diễn hệ thống.
- **Discrete Time Signal and System:** Nội dung này đi sâu vào các tín hiệu trong miền rời rạc, các phép biến đổi tín hiệu, cách biểu diễn tín hiệu theo chuỗi, cũng như các phương pháp phân tích và xử lý hệ thống rời rạc.
- **Z Transform:** Biến đổi Z là công cụ quan trọng để phân tích hệ thống rời rạc, giúp giải quyết các phương trình sai phân, xác định đáp ứng hệ thống, cũng như thiết kế và phân tích hệ thống trong miền Z.
- **Signal Systems in Frequency Domain:** Chương này giúp chúng em hiểu cách tín hiệu và hệ thống được biểu diễn và phân tích trong miền tần số, thông qua các công cụ như biến đổi Fourier và các khái niệm phổ tần. Qua đó, chúng em có thể đánh giá được đáp ứng tần số của hệ thống và hiểu rõ mối quan hệ giữa miền thời gian và miền tần số.
- **Discrete Fourier Transform (DFT):** Biến đổi Fourier rời rạc là một trong những công cụ then chốt trong xử lý tín hiệu số. Chúng em đã được học cách tính DFT, hiểu vai trò của nó trong việc phân tích phổ tín hiệu, cũng như áp dụng thuật toán FFT (Fast Fourier Transform) để tối ưu hóa quá trình tính toán trong thực tế.

Dựa trên những kiến thức lý thuyết này, chúng em đã tiến hành các bài thực hành trong phòng LAB để kiểm nghiệm lại các khái niệm đã học, đồng thời vận dụng vào các tình huống cụ thể. Việc thực hành không chỉ giúp củng cố kiến thức mà còn giúp chúng em hiểu rõ hơn về cách các thuật toán xử lý tín hiệu số được triển khai trên thực tế, cũng như những thách thức có thể gặp phải trong quá trình thiết kế và phân tích hệ thống rời rạc.

2 Mục tiêu

Báo cáo này nhằm mục tiêu khám phá và nâng cao hiểu biết về cách sử dụng Scilab trong việc giải quyết các bài toán toán học, đặc biệt là trong phân tích và xử lý tín hiệu. Scilab không chỉ là một công cụ mạnh mẽ để tính toán số, mà còn hỗ trợ trực quan hóa tín hiệu dưới dạng biểu đồ, giúp chúng em dễ dàng quan sát và đánh giá các đặc trưng của tín hiệu một cách trực quan và chính xác.

Mục tiêu của báo cáo không chỉ dừng lại ở việc sử dụng Scilab để giải quyết bài toán, mà còn giúp chúng em hình thành tư duy phân tích tín hiệu, làm quen với các phương pháp xử lý số, từ đó tạo tiền đề cho các nghiên cứu chuyên sâu hơn về xử lý tín hiệu số và hệ thống điều khiển trong tương lai.

3 Phương pháp

Công cụ chính được sử dụng trong báo cáo này là Scilab, một phần mềm tính toán khoa học mạnh mẽ, hỗ trợ giải quyết các bài toán về tín hiệu và hệ thống rời rạc. Nhờ khả năng xử lý dữ liệu số và trực quan hóa tín hiệu, Scilab giúp chúng em dễ dàng theo dõi sự thay đổi của tín hiệu thông qua các biểu đồ, từ đó hiểu rõ hơn về các đặc trưng và quy luật của tín hiệu trong miền rời rạc.

Ngoài việc sử dụng các hàm và công cụ có sẵn trong Scilab, chúng em còn kết hợp với các kiến thức đã học để kiểm chứng kết quả, từ đó hiểu sâu hơn về cách các phép biến đổi toán học được hiện thực hóa trên phần mềm. Đồng thời, chúng em cũng thử nghiệm tạo ra những hàm mới nhằm đơn giản hóa các bước tính toán và tối ưu hóa quá trình phân tích tín hiệu.

4 Nội dung bài thực hành Lab 7

4.1 Bài tập số 1

Exercise 1. Compute the DFT of the given signal by hand

- a. 2-point signal, $x = [20, 5]$
- b. 4-point signal, $x = [3, 2, 5, 1]$

Bài làm:

Biến đổi Fourier rời rạc (DFT) của một tín hiệu rời rạc $x[n]$ có độ dài N được định nghĩa:

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \cdot e^{-j\frac{2\pi}{N}kn}, \quad k = 0, 1, \dots, N-1$$

Trong đó:

$x[n]$: Tín hiệu đầu vào.

$X[k]$: Phổ tần số của tín hiệu.

N : Độ dài của tín hiệu.

a.

Ta có:

$$X[k] = \sum_{n=0}^1 x[n] \cdot e^{-j\frac{2\pi}{2}kn} = x[0] \cdot e^{-j\pi k \cdot 0} + x[1] \cdot e^{-j\pi k \cdot 1}$$

Với $k = 0$:

$$X[0] = 20 \cdot e^0 + 5 \cdot e^0 = 20 + 5 = 25$$

Với $k = 1$:

$$X[1] = 20 \cdot e^0 + 5 \cdot e^{-j\pi} = 20 + 5 \cdot (-1) = 15$$

Kết luận:

$$X = [25, 15]$$

b.

Ta có:

$$X[k] = \sum_{n=0}^3 x[n] \cdot e^{-j\frac{2\pi}{4}kn} = \sum_{n=0}^3 x[n] \cdot e^{-j\frac{\pi}{2}kn}$$

Với lần lượt $k=0, 1, 2, 3$, ta có:

$$X[0] = 3 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + 5 \cdot 1 + 1 \cdot 1 = 11$$

$$X[1] = 3 \cdot 1 + 2 \cdot (-j) + 5 \cdot (-1) + 1 \cdot j = 3 - 2j - 5 + j = -2 - j$$

$$X[2] = 3 \cdot 1 + 2 \cdot (-1) + 5 \cdot 1 + 1 \cdot (-1) = 3 - 2 + 5 - 1 = 5$$

$$X[3] = 3 \cdot 1 + 2 \cdot j + 5 \cdot (-1) + 1 \cdot (-j) = 3 + 2j - 5 - j = -2 + j$$

Kết luận:

$$X = [11, -2 - j, 5, -2 + j]$$

4.2 Bài tập số 2

Exercise 2. The even sample of the DFT of a 9-point real signal $x(n)$ is given by

$$X(0) = 3.1,$$

$$X(2) = 2.5 + 4.6j,$$

$$X(4) = -1.7 + 5.2j,$$

$$X(6) = 9.3 + 6.3j,$$

$$X(8) = 5.5 - 8.0j,$$

Determine the missing odd samples of the DFT. Use the properties of the DFT to solve this problem.

Bài làm:

Nếu $x(n) \in \mathbb{R}$, thì DFT của nó sẽ thỏa mãn:

$$X(N - k) = X^*(k) = X(-k)$$

Trong đó $X^*(k)$ là liên hợp phức của $X(k)$, và N là số mẫu DFT.

Ta có $N = 9$ (9-point DFT) và biết các giá trị chẵn: $X(0), X(2), X(4), X(6), X(8)$.

→ Cần tìm các mẫu lẻ: $X(1), X(3), X(5), X(7)$

Ta sẽ dùng tính chất:

$$X(N - k) = X^*(k) \Rightarrow X(k) = X^*(N - k)$$

$$X(8) = 5.5 - 8.0j \rightarrow X(1) = X^*(8) = 5.5 + 8.0j$$

$$X(6) = 9.3 + 6.3j \rightarrow X(3) = X^*(6) = 9.3 - 6.3j$$

$$X(4) = -1.7 + 5.2j \rightarrow X(5) = X^*(4) = -1.7 - 5.2j$$

$$X(2) = 2.5 + 4.6j \rightarrow X(7) = X^*(2) = 2.5 - 4.6j$$

4.3 Bài tập số 3

Exercise 3. The DFT of a 5-point signal $x(n)$, $0 \leq n \leq 4$ is

$$X(k) = [5, 6, 1, 2, 9], \quad 0 \leq k \leq 4.$$

A new signal $g(n)$ is defined by

$$g(n) = W_5^{-2n} x(n), \quad 0 \leq n \leq 4.$$

What are the DFT coefficients $G(k)$ of the signal $g(n)$, for $0 \leq k \leq 4$?

Bài làm:

Ta có tín hiệu $x(n)$ với DFT:

$$X(k) = [5, 6, 1, 2, 9], \quad k = 0 \text{ đến } 4$$

Một tín hiệu mới $g(n)$ được định nghĩa bởi:

$$g(n) = W_5^{-2n} \cdot x(n), \quad n = 0 \text{ đến } 4$$

Trong đó:

$$W_5 = e^{-j2\pi/5} \Rightarrow W_5^{-2n} = e^{j4\pi n/5}$$

Nếu một tín hiệu $x(n)$ được nhân với W_5^{-mn} trong miền thời gian, thì DFT của nó sẽ bị dịch vòng (circular shift) đi m đơn vị trong miền tần số.

Trong bài này, $m = 2$, $N = 5$ nên:

$$G(k) = X((k+2) \bmod 5).$$

Ta có:

Cho $X(k) = [5, 6, 1, 2, 9]$, ta dịch vòng sang trái 2 vị trí:

$$G(0) = X((0+2) \bmod 5) = X(2) = 1,$$

$$G(1) = X((1+2) \bmod 5) = X(3) = 2,$$

$$G(2) = X((2+2) \bmod 5) = X(4) = 9,$$

$$G(3) = X((3+2) \bmod 5) = X(0) = 5,$$

$$G(4) = X((4+2) \bmod 5) = X(1) = 6.$$

Vậy, DFT của $g(n)$ là:

$$G(k) = [1, 2, 9, 5, 6], \quad 0 \leq k \leq 4.$$

4.4 Bài tập số 4

Exercise 4. Compute by hand the circular convolution of the following two 4-point signals

$$g = [1, 2, 1, -1]$$

$$h = [0, 1/3, -1/3, 1/3]$$


Bài làm:

Ta sử dụng công thức ở slide:

CO2035 - Discrete Fourier Transform (DFT) 18

DFT – Properties

- Periodicity
$$x(n) \xleftrightarrow{\text{DFT}_N} X(k) \Rightarrow \begin{cases} x(n) = x(n + N) & \forall n \\ X(k) = X(k + N) & \forall k \end{cases}$$
- Linearity
$$\begin{cases} x_1(n) \xleftrightarrow{\text{DFT}_N} X_1(k) \\ x_2(n) \xleftrightarrow{\text{DFT}_N} X_2(k) \end{cases} \Rightarrow a_1 x_1(n) + a_2 x_2(n) \xleftrightarrow{\text{DFT}_N} a_1 X_1(k) + a_2 X_2(k)$$
- Circular Convolution



N-point
circular convolution

$$\begin{cases} x_1(n) \xleftrightarrow{\text{DFT}_N} X_1(k) \\ x_2(n) \xleftrightarrow{\text{DFT}_N} X_2(k) \end{cases} \Rightarrow x_1(n) \circledast x_2(n) \xleftrightarrow{\text{DFT}_N} X_1(k) X_2(k)$$

$$x_1(n) \circledast x_2(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x_1(k) x_2(n - k)_N \quad n = 0, 1, \dots, N - 1$$

Ta có:

$$y(n) = \sum_{k=0}^{N-1} g(k) h((n - k)_N), \quad k = 0, 1, \dots, N - 1$$

Ta lần lượt tính $y(n)$ như sau:

$y(0)$:

$$\begin{aligned} y(0) &= g(0)h(0) + g(1)h(3) + g(2)h(2) + g(3)h(1) \\ &= 1 \cdot 0 + 2 \cdot \frac{1}{3} + 1 \cdot \left(-\frac{1}{3}\right) + (-1) \cdot \frac{1}{3} = 0 + \frac{2}{3} - \frac{1}{3} - \frac{1}{3} = 0 \end{aligned}$$

$y(1)$:

$$\begin{aligned} y(1) &= g(0)h(1) + g(1)h(0) + g(2)h(3) + g(3)h(2) \\ &= 1 \cdot \frac{1}{3} + 2 \cdot 0 + 1 \cdot \frac{1}{3} + (-1) \cdot \left(-\frac{1}{3}\right) = \frac{1}{3} + 0 + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} = 1 \end{aligned}$$

$y(2)$:

$$y(2) = g(0)h(2) + g(1)h(1) + g(2)h(0) + g(3)h(3)$$

$$= 1 \cdot \left(-\frac{1}{3}\right) + 2 \cdot \frac{1}{3} + 1 \cdot 0 + (-1) \cdot \frac{1}{3} = -\frac{1}{3} + \frac{2}{3} + 0 - \frac{1}{3} = 0$$

$y(3)$:

$$\begin{aligned} y(3) &= g(0)h(3) + g(1)h(2) + g(2)h(1) + g(3)h(0) \\ &= 1 \cdot \frac{1}{3} + 2 \cdot \left(-\frac{1}{3}\right) + 1 \cdot \frac{1}{3} + (-1) \cdot 0 = \frac{1}{3} - \frac{2}{3} + \frac{1}{3} + 0 = 0 \end{aligned}$$

Vậy sau khi circular convolution thì được kết quả là:

$$y(n) = g(n) \otimes h(n) = [0, 1, 0, 0]$$

4.5 Bài tập số 5

Exercise 5. The 20-point signal $x(n]$ is given by

$$x(n) = \sin[(2\pi/20)n], 0 \leq n \leq N-1$$

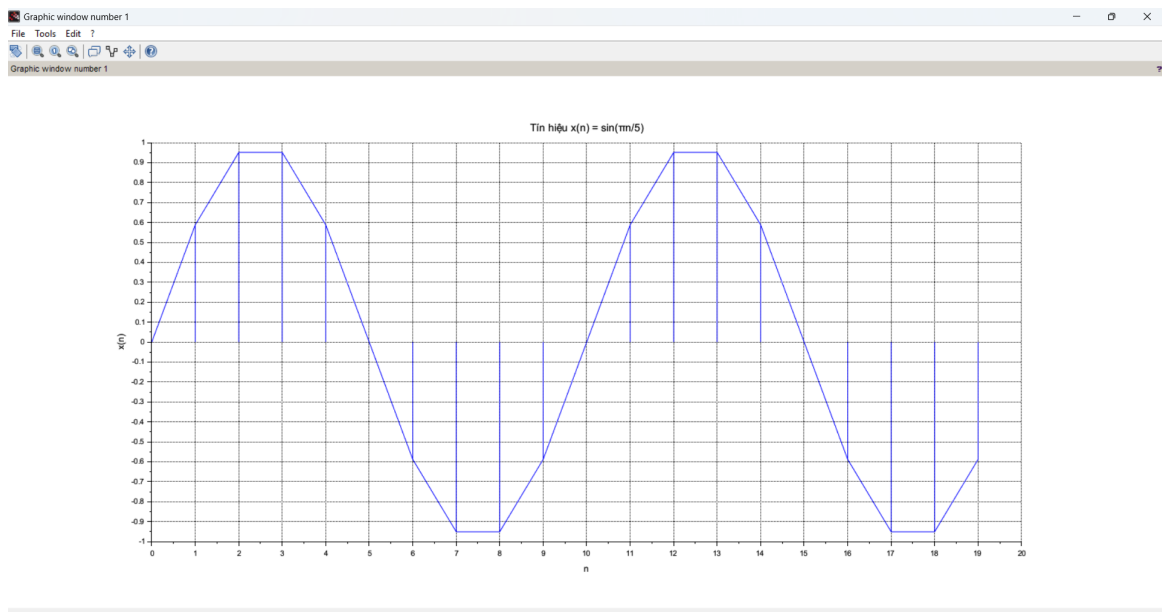
where $N = 20$.

(a) Roughly sketch the signal for $0 \leq n \leq 19$.

(b) Find the DFT coefficients of the signal. That means, find $X(k)$ for $0 \leq k \leq 19$. Show the derivation of your answer.

Bài làm:

a.



b.

Công thức DFT:

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j \frac{2\pi kn}{N}}, \quad k = 0, 1, \dots, 19, \quad N = 20.$$

Sử dụng công thức Euler: $\sin(\theta) = \frac{e^{j\theta} - e^{-j\theta}}{2j}$, ta có:

$$x(n) = \sin\left(\frac{\pi n}{5}\right) = \frac{e^{j \frac{\pi n}{5}} - e^{-j \frac{\pi n}{5}}}{2j} = -\frac{j}{2} e^{j \frac{\pi n}{5}} + \frac{j}{2} e^{-j \frac{\pi n}{5}}.$$

Thay $x(n)$ vào công thức DFT:

$$X(k) = \sum_{n=0}^{19} \left(-\frac{j}{2} e^{j \frac{\pi n}{5}} + \frac{j}{2} e^{-j \frac{\pi n}{5}} \right) e^{-j \frac{2\pi kn}{20}}.$$

Tách thành hai tổng:

$$X(k) = -\frac{j}{2} \sum_{n=0}^{19} e^{j \frac{\pi n}{5}} e^{-j \frac{2\pi kn}{20}} + \frac{j}{2} \sum_{n=0}^{19} e^{-j \frac{\pi n}{5}} e^{-j \frac{2\pi kn}{20}}.$$

Rút gọn:

- Tổng thứ nhất: $e^{j \frac{\pi n}{5}} e^{-j \frac{2\pi kn}{20}} = e^{j \frac{2\pi n(2-k)}{20}}.$
- Tổng thứ hai: $e^{-j \frac{\pi n}{5}} e^{-j \frac{2\pi kn}{20}} = e^{j \frac{2\pi n(-2-k)}{20}}.$

Tổng dạng $\sum_{n=0}^{19} e^{j \frac{2\pi nm}{20}}$ chỉ khác 0 khi m là bội của 20, và lúc đó bằng 20.

- Tổng thứ nhất: Khác 0 khi $2 - k = 20m$. Với $k = 2$, tổng = 20; còn lại = 0.
- Tổng thứ hai: Khác 0 khi $-2 - k = 20m$. Với $k = 18$, tổng = 20; còn lại = 0.

$$X(k) = -\frac{j}{2} \cdot (\text{tổng thứ nhất}) + \frac{j}{2} \cdot (\text{tổng thứ hai}).$$

- $k = 2$: $X(2) = -\frac{j}{2} \cdot 20 + 0 = -10j.$
- $k = 18$: $X(18) = 0 + \frac{j}{2} \cdot 20 = 10j.$
- Các k khác: $X(k) = 0.$

Kết luận:

$$X(k) = \begin{cases} -10j, & k = 2 \\ 10j, & k = 18 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

4.6 Bài tập số 6

Exercise 6. Verify the circular convolution property of the DFT in Scilab. Write two Scilab functions to compute the circular convolution of two sequences of equal length. One function should use the DFT (fft in Scilab), the other function should compute the circular convolution directly not using the DFT. Verify that both Matlab functions give the same results.

Bài làm:

1. Hàm sử dụng DFT (fft trong Scilab):

```
1 funcprot(0);
2
3 // Circular convolution using FFT
4 function yc = circonv_fft(a, b)
5     n = length(a);
6     A = fft(a, -1);
7     B = fft(b, -1);
8     C = A .* B;
9     yc = fft(C, 1);
10 endfunction
```

2. Hàm tính trực tiếp tích chập tròn không sử dụng DFT:

```
1 // Circular convolution computed directly
2 function yc = circonv_direct(a, b)
3     n = length(a);
4     yc = zeros(1, n);
5     for i = 1:n
6         for j = 1:n
7             idx = modulo(i - j + n, n) + 1;
8             yc(i) = yc(i) + a(j) * b(idx);
9         end
10    end
11 endfunction
```

3. Ví dụ Kiểm tra:

```
1 a = [2, 8, 5, 3];  
2 b = [5, 3, 2, 7];  
3  
4 y_fft = circonv_fft(a, b);  
5 y_direct = circonv_direct(a, b);  
6  
7 disp("Result using FFT method:");  
8 disp(y_fft);  
9  
10 disp("Result using Direct computation:");  
11 disp(y_direct);
```

4. Kết quả:

```
"Result using FFT method:"  
85.    87.    74.    60.  
"Result using Direct computation:"  
85.    87.    74.    60.  
  
"Execution done."  
-->
```

4.7 Bài tập số 7

Exercise 7. Write a Scilab function that uses the DFT (fft) to compute the linear convolution of two sequences that are not necessarily of the same length. (Use zero-padding.) Verify that it works correctly by comparing the results of your function with the Scilab command conv.

Bài làm:

Hàm Scilab

```
1 function y = linconv_fft(x, h)
2     // x, h: 2 day tin hieu dau vao; y: ket qua tich chap tuyen tinh
3
4     N = length(x) + length(h) - 1;
5
6     // Zero-padding x & h den do dai N
7     x_pad = [x, zeros(1, N - length(x))];
8     h_pad = [h, zeros(1, N - length(h))];
9
10    // DFT (fft) cua x_pad & h_pad
11    X = fft(x_pad, -1);
12    H = fft(h_pad, -1);
13
14    // Mul tung diem
15    Y = X .* H;
16
17    // IDFT (ifft) de quay lai mien thoi gian
18    y = real(fft(Y, 1));
19 endfunction
```

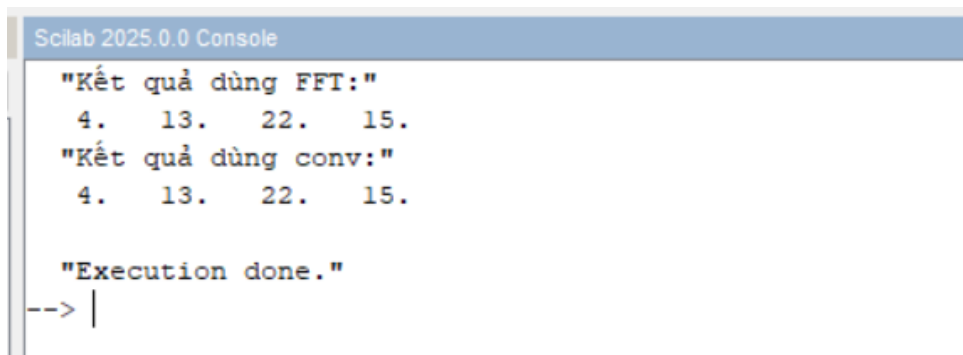
Giải tích:

- Zero-padding hai dãy x và h đến độ dài bằng $\text{length}(x) + \text{length}(h) - 1$.
- Dùng fft để biến đổi sang miền tần số.
- Nhân từng phần tử FFT lại.
- Dùng ifft (fft(..., 1)) để biến đổi ngược về miền thời gian.
- Dùng real(...) để lấy phần thực, vì do sai số tính toán số phức có thể xuất hiện.

Ví dụ kiểm tra:

```
1 x = [1, 2, 3];  
2 h = [4, 5];  
3  
4 y_fft = linconv_fft(x, h);  
5 y_conv = conv(x, h);  
6  
7 disp("Ket qua dung FFT:", y_fft);  
8 disp("Ket qua dung conv:", y_conv);
```

Kết quả sau khi thực hiện:



```
Scilab 2025.0.0 Console  
"Kết quả dùng FFT:"  
4. 13. 22. 15.  
"Kết quả dùng conv:"  
4. 13. 22. 15.  
  
"Execution done."  
--> |
```

4.8 Bài tập số 8

Exercise 8. The following Scilab code gives four methods to compute the linear convolution of $x(n)$ and $g(n)$. Identify which of the four methods are wrong! Of the remaining methods, which one do you think requires the most additions and multiplications (the least efficient) and which method requires the fewest (the most efficient). Explain!

```

x = rand(1,126);
g = rand(1,126);
% FOUR METHODS TO COMPUTE THE
% LINEAR CONVOLUTION OF x AND g
% METHOD 1
y = conv(x,g);
% METHOD 2
X = fft([x zeros(1,120)]);
G = fft([g zeros(1,120)]);
Y = X.*G;
y = ifft(Y);

% METHOD 3
X = fft([x zeros(1,125)]);
G = fft([g zeros(1,125)]);
Y = X.*G;
y = ifft(Y);

% METHOD 4
X = fft([x zeros(1,130)]);
G = fft([g zeros(1,130)]);
Y = X.*G;
y = ifft(Y);

```

Bài làm:

- Phương Pháp 1: Tính trực tiếp bằng hàm conv()
 - Độ dài kết quả: 251 mẫu ($126 + 126 - 1$)
 - Ưu điểm:
 - * Cho kết quả chính xác tuyệt đối
 - * Không cần quan tâm đến zero-padding
 - Nhược điểm:
 - * Độ phức tạp tính toán cao $O(N^2)$
 - * Với $N=126$ cần 15,876 phép nhân và 15,625 phép cộng
 - Phương pháp đúng nhưng kém hiệu quả nhất
- Phương Pháp 2: FFT với zero-padding 120 điểm
 - Độ dài FFT: 246 ($126 + 120$)
 - Vấn đề:
 - * Không đạt độ dài tối thiểu 251

- * Thiếu 5 điểm so với yêu cầu ($251-246=5$)
- Hậu quả:
 - * Xảy ra hiện tượng aliasing (chồng lấp)
 - * Kết quả chập bị sai
- Phương pháp sai
- Phương Pháp 3: FFT với zero-padding 125 điểm
 - Độ dài FFT: 251 ($126 + 125$)
 - Ưu điểm:
 - * Độ dài chính xác theo yêu cầu ($N+M-1=251$)
 - * Tránh được hiện tượng aliasing
 - * Độ phức tạp $O(N\log N)$ xấp xỉ 2008 phép tính
 - Nhược điểm:
 - * 251 không phải lũy thừa 2 nên FFT không đạt tốc độ tối ưu
 - Phương pháp đúng và hiệu quả nhất
- Phương Pháp 4: FFT với zero-padding 130 điểm
 - Độ dài FFT: 256 ($126 + 130$)
 - Ưu điểm:
 - * $256 = 2^8$ là lũy thừa 2 nên FFT chạy nhanh
 - * Đủ độ dài (>251) nên kết quả chính xác
 - Nhược điểm:
 - * Thừa 5 điểm so với yêu cầu tối thiểu
 - * Tốn thêm tài nguyên tính toán không cần thiết
 - * Độ phức tạp $O(N\log N)$ xấp xỉ 2048 phép tính
 - Phương pháp đúng nhưng không tối ưu

5 Bàn Luận

Qua bài báo cáo và quá trình thực hiện các bài tập trong phòng lab của môn Xử lý Tín hiệu Số (DSP), nhóm em đã có cơ hội củng cố và áp dụng thực tiễn các kiến thức đã học trong suốt học kỳ. Các nội dung chính mà nhóm đã tiếp cận bao gồm: giới thiệu về xử lý tín hiệu số, tín hiệu và hệ thống trong miền thời gian, biến đổi Z, tín hiệu và hệ thống trong miền tần số, cùng với biến đổi Fourier rời rạc (DFT). Đây đều là những kiến thức cốt lõi trong lĩnh vực xử lý tín hiệu số, giúp nhóm em hiểu được cách phân tích, biểu diễn và xử lý tín hiệu trong cả miền thời gian và miền tần số.

Không chỉ dừng lại ở lý thuyết, nhóm em còn tiến hành mô phỏng và giải các bài tập trên phần mềm Scilab – một công cụ mã nguồn mở hỗ trợ mạnh mẽ cho việc tính toán và trực quan hóa tín hiệu. Qua quá trình thực hành này, nhóm đã làm quen với giao diện phần mềm, sử dụng các lệnh để biểu diễn tín hiệu, thực hiện biến đổi Z và DFT, cũng như vẽ các đồ thị biểu diễn tín hiệu và đáp ứng hệ thống. Nhờ đó, nhóm đã hình dung rõ ràng hơn về mối liên hệ giữa các khái niệm toán học và tín hiệu thực tế.

Tuy nhiên, nhóm cũng nhận thấy vẫn còn một số hạn chế. Vì lần đầu tiếp cận Scilab nên các thao tác còn khá chậm và thiếu tự tin. Một số bài tập có mức độ khó cao, đòi hỏi tư duy phân tích sâu và khả năng vận dụng linh hoạt kiến thức khiến nhóm em gặp không ít khó khăn trong quá trình giải. Đôi lúc, kết quả mô phỏng thu được khiến nhóm chưa hoàn toàn chắc chắn về tính chính xác do chưa hiểu sâu bản chất của một số phép biến đổi.

Từ những trải nghiệm và hạn chế đó, nhóm em xác định rõ định hướng phát triển kỹ năng trong thời gian tới. Trước mắt, nhóm sẽ tiếp tục ôn tập và hệ thống hóa toàn bộ kiến thức đã học để chuẩn bị tốt cho kỳ thi cuối kỳ. Đồng thời, nhóm cũng sẽ tăng cường luyện tập thêm các bài tập nâng cao, đặc biệt là về biến đổi Z và DFT. Cuối cùng, nhóm sẽ đẩy mạnh hoạt động trao đổi và thảo luận nội bộ để hỗ trợ lẫn nhau trong việc học và giải quyết các vấn đề còn chưa nắm vững.



Tài liệu tham khảo

- [1] Digital Signal Processing: Principles, Algorithms, and Applications (4th Edition), John G. Proakis, Dimitris G. Manolakis, Prentice Hall.
- [2] Slide bài giảng môn học Xử lý tín hiệu số - CO2035, PGS.TS Phạm Hoàng Anh
- [3] Scilab Enterprises, *Scilab: Free and Open Source software for numerical computation*, <https://www.scilab.org/>.