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 tuần số 2:

"Giải và mô phỏng bài tập Lab 3"

Giảng viên hướng dẫn: Phạm Công Thái

Nhóm: 10

Sinh viên thực hiện: Lê Đức Cường - 2210423

Lê Phú Cường - 2210425

Thành phố Hồ Chí Minh, tháng 3 năm 2025

Mục lục

1 Tổng quan

Trên cơ sở nền tảng lý thuyết đã được học ở những tuần vừa qua như tín hiệu và hệ thống rời rạc, quy trình chuyển đổi ADC, nhóm chúng em áp dụng để thực hiện các bài tập ở Lab 1 và Lab 2.

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 và trực quan hóa tín hiệu dưới dạng biểu đồ. Đồng thời, đây cũng là cơ hội để ôn tập, củng cố kiến thức đã học trên lớp và áp dụng vào thực tiễn thông qua các thử nghiệm, kiểm tra kết quả trực tiếp trên Scilab.

3 Phương pháp

Công cụ chính được sử dụng là Scilab bởi sự đa năng của nó trong giải các bài toán về tín hiệu cũng như hiện thực các tín hiệu qua biểu đồ để dễ dàng theo dõi. Ngoài các phương pháp dựa vào những hàm, công cụ trong Scilab, còn có sự kết hợp với các kiến thức đã học để kiểm chứng các hàm hoặc tạo ra những hàm mới thuận tiện hơn.

4 Nội dung bài thực hành

4.1 Bài tập Lab 3 - Phần 1

4.1.1 Bài tập số 1

Dịch đề bài: Viết một hàm **delay(xn, xorigin, k)** thực hiện phép dịch thời gian rời rạc:

$$y(n) = x(n-k)$$

Trong đó:

- xn là một vector biểu diễn tín hiệu đầu vào $x(n)$.
- xorigin là vị trí gốc của tín hiệu $x(n)$ trong vector xn.
- k là độ trễ (phải lớn hơn 0).
- yn là tín hiệu đầu ra sau khi trễ.
- yorigin là vị trí gốc của $y(n)$.
- Cả $x(n)$ và $y(n)$ phải được hiển thị trên cùng một đồ thị.

Ví dụ:

Gọi hàm với đầu vào:

[yn, yorigin] = delay ([1, -2, 3, 6], 3, 1)

Kết quả mong đợi:

- yn = [1, -2, 3, 6] (tín hiệu không thay đổi về giá trị).

- yorigin = 2 (gốc của tín hiệu bị dịch về phía trái).

- Đồ thị hiển thị cả hai tín hiệu $x(n)$ và $y(n)$.

Bài làm:

Giải thích cách làm:

1. Dịch chuyển tín hiệu:

- Thêm k phần tử 0 vào đầu vector xn để dịch phải tín hiệu.

- Cập nhật vị trí gốc yorigin bằng cách cộng thêm k vào xorigin.

2. Tính trục n:

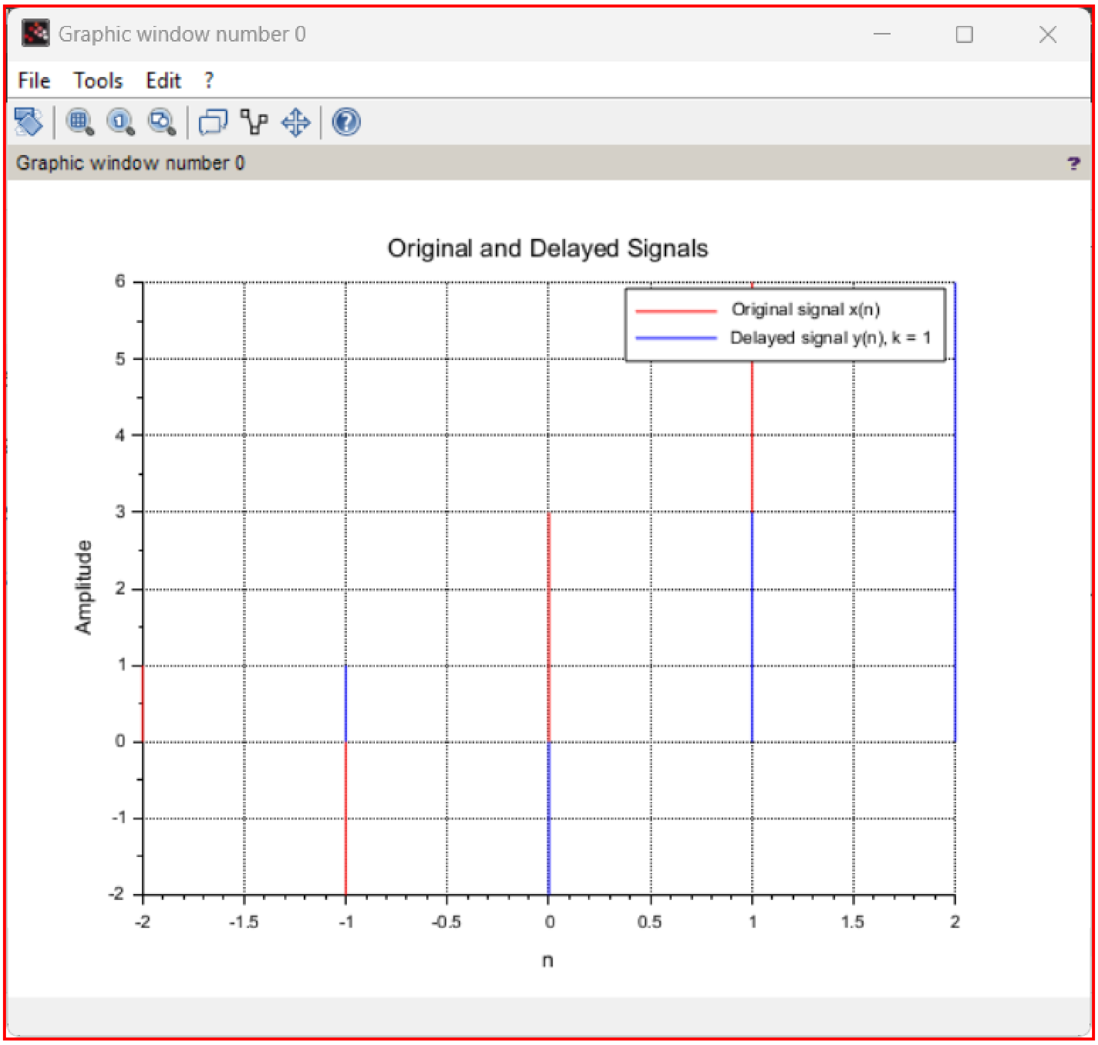
- n_original: Trục thời gian của tín hiệu gốc $x(n)$, được tính sao cho vị trí gốc $n = 0$ nằm đúng tại xorigin.

- n_delayed: Trục thời gian của tín hiệu dịch chuyển $y(n)$, được tính bằng cách dịch n_original sang phải k đơn vị.

3. Vẽ đồ thị:

- Sử dụng hàm plot để vẽ $x(n)$ và $y(n)$ trên cùng một hình.

- Màu sắc và độ dày đường để phân biệt hai tín hiệu.



Hình 1: [yn, yorigin] = delay ([1, -2, 3, 6], 3, 1).

4.1.2 Bài tập số 2

Dịch đề bài: Hàm [yn, yorigin] = advance(xn, xorigin, k) thực hiện phép dịch tiến (advance) với phương trình $y(n) = x(n + k)$, trong đó $k > 0$, với:

- Tín hiệu rời rạc $x(n)$ được biểu diễn bằng vector xn.

- xorigin chỉ ra vị trí gốc (origin) của tín hiệu $x(n)$.

- yn là vector của tín hiệu đầu ra $y(n)$.

- yorigin chỉ ra vị trí gốc của tín hiệu $y(n)$.

- Cả hai tín hiệu $x(n)$ và $y(n)$ được hiển thị trên cùng một hình (figure).

Bài làm:

Giải thích cách làm:

1. Dịch chuyển tín hiệu:

  - Loại bỏ k phần tử đầu tiên của vector xn (nếu có đủ phần tử) để tạo ra tín hiệu dịch trái yn.

  - Cập nhật vị trí gốc yorigin bằng cách trừ đi k từ xorigin.

2. Tính trục n:

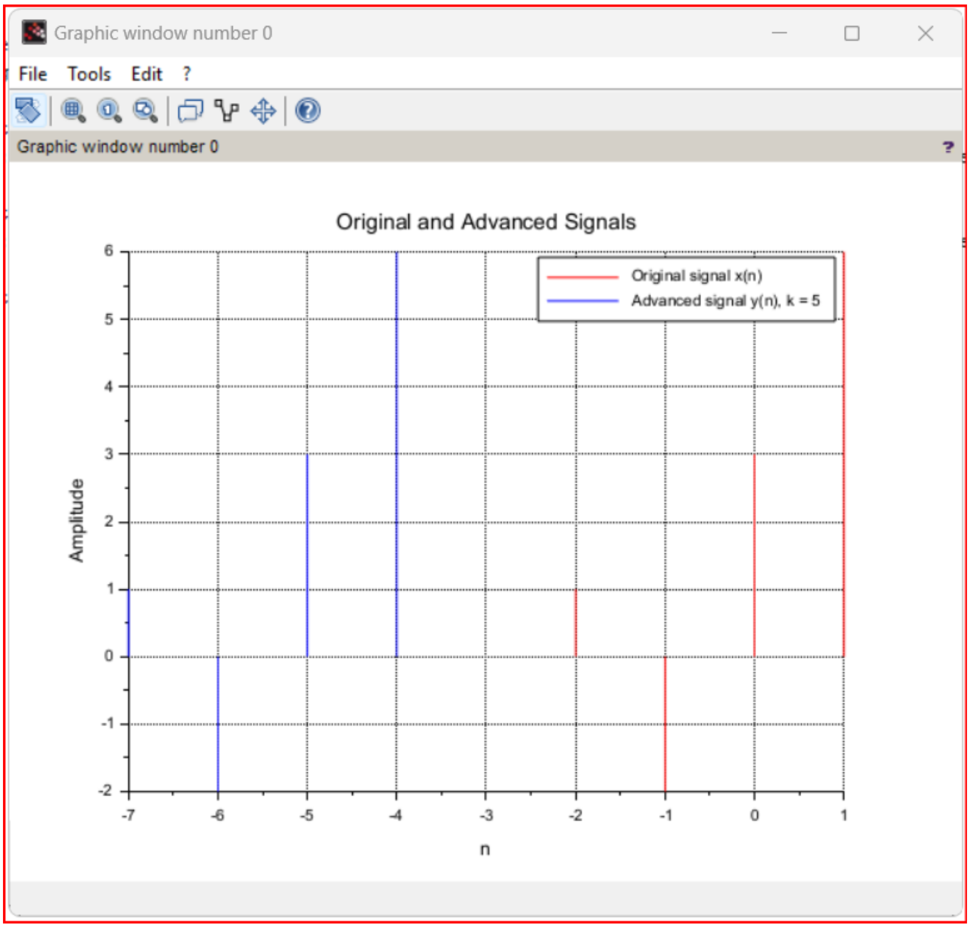
- n_original: Trục thời gian của tín hiệu gốc $x(n)$, với vị trí gốc $n = 0$ nằm tại xorigin.

- n_advanced: Trục thời gian của tín hiệu dịch chuyển $y(n)$, được tính bằng cách dịch n_original sang trái k đơn vị.

3. Vẽ đồ thị:

- Sử dụng hàm plot để vẽ tín hiệu x(n) và y(n) trên cùng một hình.

- Chọn màu sắc và độ dày đường khác nhau để phân biệt hai tín hiệu.



Hình 2: [yn, yorigin] = advance ([1, -2, 3, 6], 3, 1).

4.1.3 Bài tập số 3

Dịch đề bài: Hàm [yn, yorigin] = fold(xn, xorigin) thực hiện phép lật (folding) với phương trình $y(n) = x(-n)$, trong đó:

- Tín hiệu rời rạc $x(n)$ được biểu diễn bằng vector xn.

- xorigin chỉ ra vị trí gốc (origin) trong vector x(n).

- yn là vector của tín hiệu đầu ra $y(n)$.

- yorigin chỉ ra vị trí gốc trong vector y(n).

- Cả hai tín hiệu $x(n)$ và $y(n)$ được hiển thị trên cùng một hình (figure).

Bài làm:

Giải thích cách làm:

1. Lấy đối xứng tín hiệu:

- Đảo ngược thứ tự các phần tử của vector xn để tạo ra tín hiệu gập yn.
- Cập nhật vị trí gốc yorigin bằng công thức:

$$yorigin = -xorigin$$

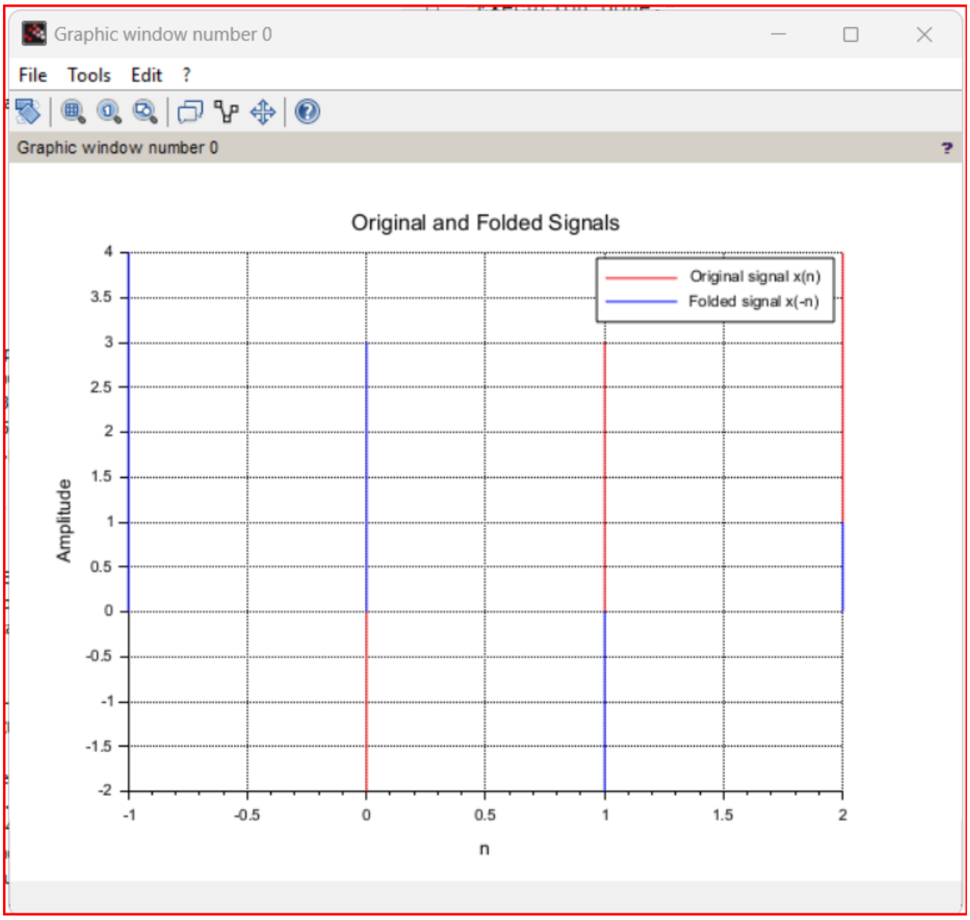
Điều này là do khi gập tín hiệu, giá trị tại xorigin sẽ phản chiếu sang vị trí đối diện qua gốc.

2. Tính trục n:

- n_original: Trục thời gian của tín hiệu gốc $x(n)$, với vị trí gốc $n = 0$ nằm tại xorigin.
- n_folded: Trục thời gian của tín hiệu gập $y(n)$, được tính bằng cách nhân toàn bộ trục với -1 và điều chỉnh theo yorigin.

3. Vẽ đồ thị:

- Sử dụng hàm plot để vẽ tín hiệu x(n) và y(n) trên cùng một hình.
- Chọn màu sắc và độ dày đường khác nhau để phân biệt hai tín hiệu.



Hình 3: [yn, yorigin] = fold([1, -2, 3, 4],2);

4.1.4 Bài tập số 4

Dịch đề bài: Hàm [yn, yorigin] = add(x1n, x1origin, x2n, x2origin)' thực hiện phép cộng với phương trình:

$$y(n) = x_1(n) + x_2(n)$$

trong đó:

- Tín hiệu rời rạc $x_1(n)$ và $x_2(n)$ được biểu diễn bằng các vector x1n và x2n tương ứng.

- x1origin và x2origin chỉ ra vị trí gốc (origin) của tín hiệu $x_1(n)$ và $x_2(n)$.

- yn là vector của tín hiệu đầu ra $y(n)$.

- yorigin chỉ ra vị trí gốc của tín hiệu $y(n)$.

- Cả ba tín hiệu $x_1(n)$, $x_2(n)$ và $y(n)$ được hiển thị trên cùng một hình (figure).

Ví dụ:

Xét phép toán cộng:

$$y(n) = x_1(n) + x_2(n)$$

với:

$$x_1(n) = \{0 \uparrow, 1, 3, -2\}$$

$$x_2(n) = \{1, 1 \uparrow, 2, 3\}$$

Có thể gọi hàm add như sau: [yn, yorigin] = add([0, 1, 3, -2], 1, [1, 1, 2, 3], 2);

Kết quả trả về:

- yn = [1, 1, 3, 6, -2]
- yorigin = 1

Ngoài ra, đồ thị của các tín hiệu $x_1(n)$, $x_2(n)$ và $y(n)$ cũng được hiển thị trên cùng một hình.

Bài làm:

Giải thích cách làm:

1. Căn chỉnh hai tín hiệu trước khi cộng

Hai tín hiệu $x_1(n)$ và $x_2(n)$ có thể có các trục thời gian khác nhau (bắt đầu từ các vị trí khác nhau). Vì vậy, trước khi thực hiện phép cộng, ta cần:

- Xác định khoảng thời gian chung sao cho cả hai tín hiệu đều có thể được căn chỉnh chính xác.
- Tạo các vector tín hiệu có cùng độ dài bằng cách thêm số 0 vào đầu hoặc cuối của vector ngắn hơn.

Cách tính:

- Xác định khoảng thời gian chung:
- Chuyển đổi $x_1(n)$ và $x_2(n)$ thành các vector có cùng độ dài bằng cách thêm số 0 vào đầu hoặc cuối.
- Cập nhật vị trí gốc yorigin của tín hiệu tổng

2. Thực hiện phép cộng tín hiệu

   - Sau khi căn chỉnh tín hiệu, ta có thể thực hiện phép cộng theo công thức:

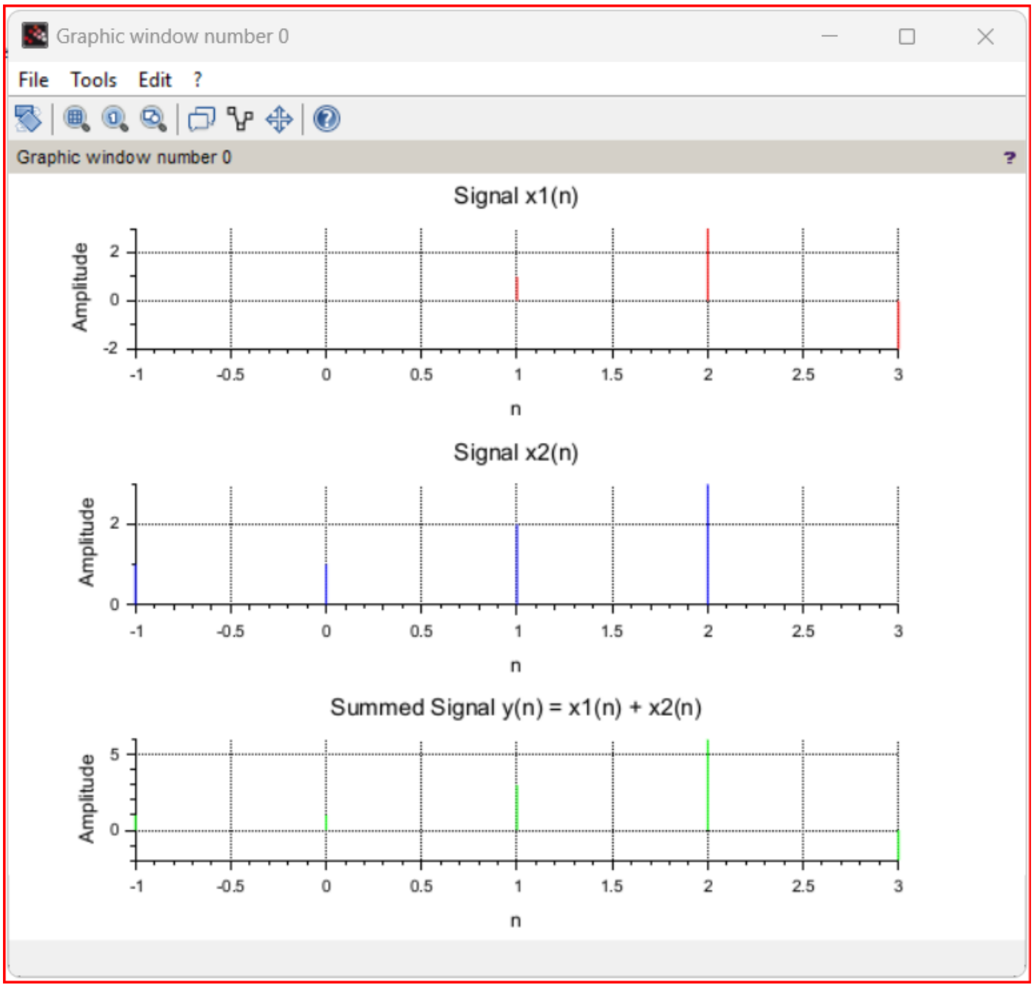
$$y(n) = x_1(n) + x_2(n)$$

   - Phép cộng được thực hiện từng phần tử một giữa hai vector $x_1(n)$ và $x_2(n)$.

3. Vẽ đồ thị

   - Sử dụng plot hoặc stem để hiển thị cả ba tín hiệu: $x_1(n)$, $x_2(n)$, $y(n)$

   - Chọn màu sắc và độ dày đường khác nhau để phân biệt các tín hiệu.



Hình 4: [yn, yorigin] = add([0, 1, 3, -2], 1, [1, 1, 2, 3], 2)

4.1.5 Bài tập số 5

Dịch đề bài: Hàm [yn, yorigin] = multi(x1n, x1origin, x2n, x2origin) thực hiện phép nhân với phương trình:

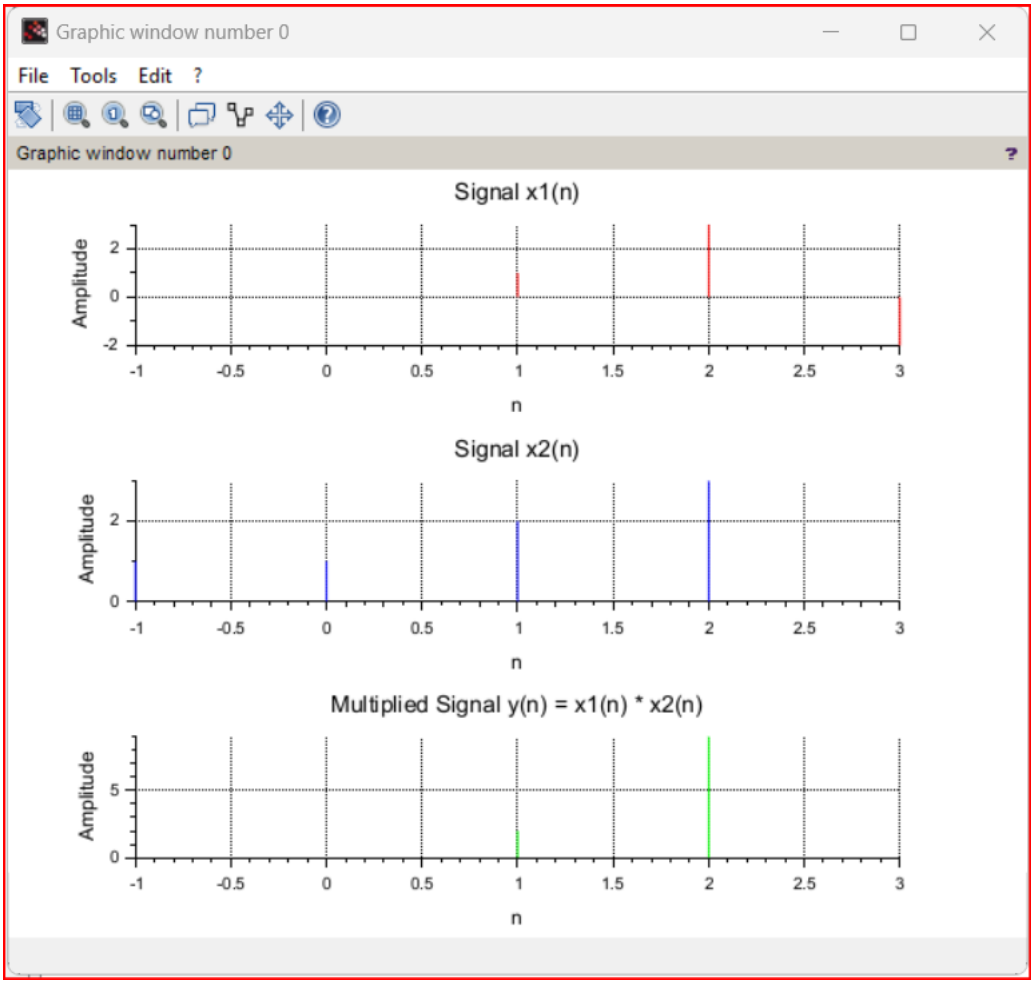
$$y(n) = x_1(n) \cdot x_2(n)$$

trong đó:

- Tín hiệu rời rạc $x_1(n)$ và $x_2(n)$ được biểu diễn bằng các vector x1n và x2n tương ứng.
- x1origin và x2origin chỉ ra vị trí gốc (origin) của tín hiệu $x_1(n)$ và $x_2(n)$.
- yn là vector của tín hiệu đầu ra $y(n)$.
- yorigin chỉ ra vị trí gốc của tín hiệu $y(n)$.
- Cả ba tín hiệu $x_1(n)$, $x_2(n)$ và $y(n)$ được hiển thị trên cùng một hình (figure).

Bài làm:

Cách làm tương tự với bài tập số 4



Hình 5: [yn, yorigin] = multiply([0, 1, 3, -2], 1, [1, 1, 2, 3], 2)

4.1.6 Bài tập số 6

Hàm [yn, yorigin] = convolution(xn, xorigin, hn, horigin) thực hiện phép tích chập (convolution) với phương trình:

$$y(n) = x(n) * h(n)$$

trong đó:

- $x(n)$ là tín hiệu đầu vào, và $h(n)$ là hàm đặc trưng của hệ thống.
- xorigin và horigin chỉ ra vị trí gốc (origin) của tín hiệu $x(n)$ và $h(n)$.
- yn là vector của tín hiệu đầu ra $y(n)$.
- yorigin chỉ ra vị trí gốc của tín hiệu $y(n)$.

Bài làm:

Giải thích cách làm:

1. Xác định phạm vi thời gian của kết quả tích chập:

   - Nếu $x(n)$ có độ dài L và $h(n)$ có độ dài M, thì $y(n)$ sẽ có độ dài $L + M - 1$.
   - Tính toán vị trí gốc mới $yorigin$.

2. Thực hiện tích chập:

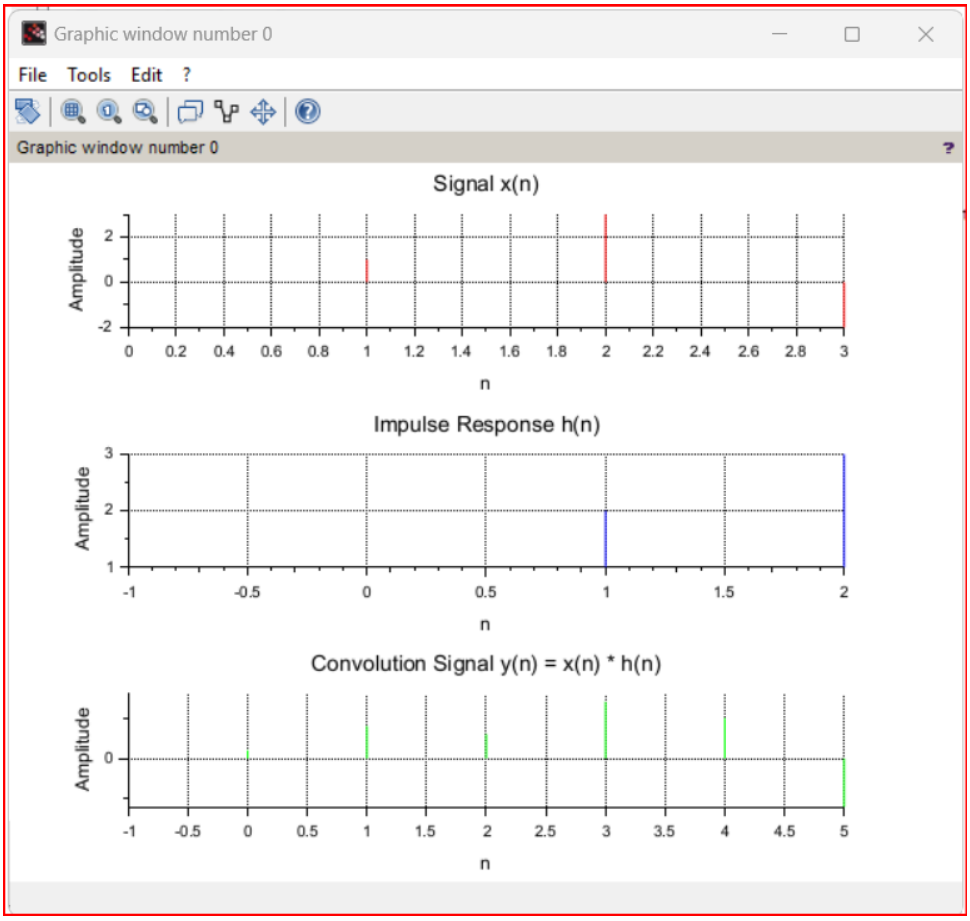
   - Dùng công thức:

   $$y(n) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k)h(n-k)$$

   - Triển khai bằng cách sử dụng vòng lặp hoặc hàm ‘conv()‘.

3. Vẽ đồ thị:

   - Hiển thị cả ba tín hiệu $x(n)$, $h(n)$, và $y(n)$ để dễ dàng so sánh.



Hình 6: [yn, yorigin] = convolution([0, 1, 3, -2], 1, [1, 1, 2, 3], 2)

4.2 Bài tập Lab 3 - Phần 2

4.2.1 Bài tập 2.1

Dịch đề bài: Đề bài yêu cầu như sau:

Một tín hiệu rời rạc $x(n)$ được định nghĩa bởi:

$$x(n) = \begin{cases} 1 + \frac{n}{3}, & -3 \leq n \leq -1 \\ 1, & 0 \leq n \leq 3 \\ 0, & \text{ở nơi khác} \end{cases}$$

Các yêu cầu:

(a) Xác định các giá trị của tín hiệu và vẽ đồ thị của $x(n)$.

(b) Vẽ các tín hiệu thu được nếu:

1. Trước tiên fold $x(n)$ và sau đó dịch kết quả sang phải 4 đơn vị .
2. Trước tiên dịch $x(n)$ sang phải 4 đơn vị và sau đó fold kết quả.

(c) Vẽ tín hiệu $x(-n + 4)$.

(d) So sánh kết quả ở phần (b) và (c), sau đó tìm quy tắc để xác định tín hiệu $x(-n+k)$ từ $x(n)$.

(e) Biểu diễn tín hiệu $x(n)$ bằng các tín hiệu bước $u(n)$ và xung $\delta(n)$.

Bài làm:

(a)

$$x(n) = [0, \frac{1}{3}, \frac{2}{3}, 1\uparrow, 1, 1, 1]$$

(b)

1. Fold tín hiệu:

$$x(-n) = [1, 1, 1, 1\uparrow, \frac{2}{3}, \frac{1}{3}, 0]$$

Delay 4 đơn vị:

$$x(-n+4) = [0\uparrow, 1, 1, 1, 1, \frac{2}{3}, \frac{1}{3}, 0]$$

2. Delay 4 đơn vị:

$$x(n-4) = [0\uparrow, 0, \frac{1}{3}, \frac{2}{3}, 1, 1, 1, 1]$$

Fold tín hiệu:

$$x(-n-4) = [1, 1, 1, 1, \frac{2}{3}, \frac{1}{3}, 0, 0\uparrow]$$

(d) So sánh kết quả và rút ra quy luật:

Fold->Delay $\neq$ Delay->Fold

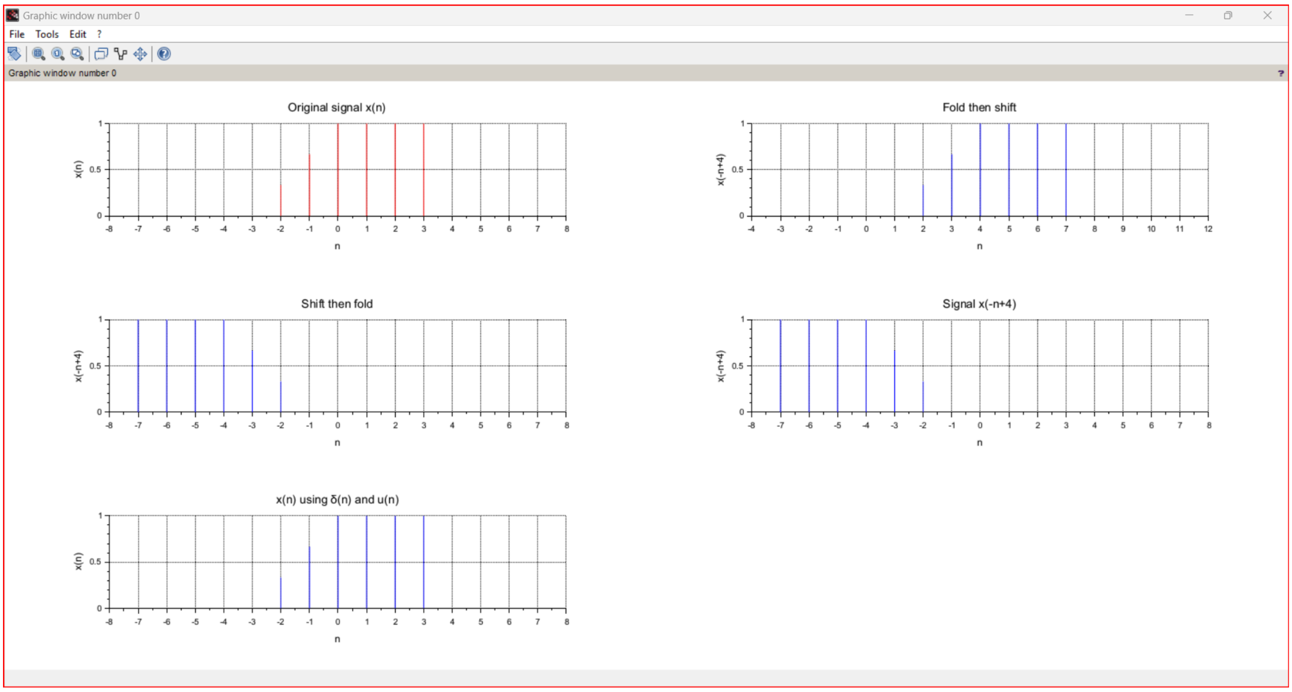
Quy luật tổng quát:

$$x(-n+k) = \text{Fold tín hiệu, sau đó dịch } k \text{ mẫu.}$$

- Nếu $k > 0$, tín hiệu dịch phải.
- Nếu $k < 0$, tín hiệu dịch trái.

(e)

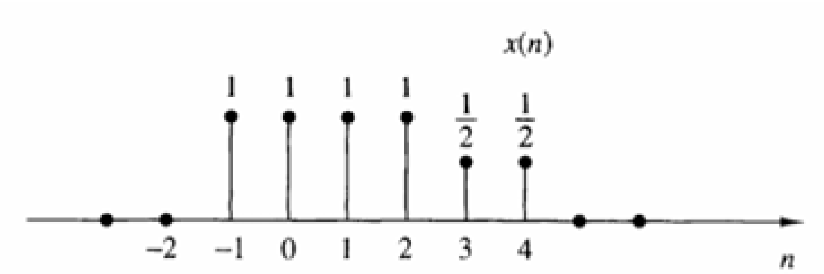
$$x(n) = 0 \cdot \delta(n+3) + \frac{1}{3}\delta(n+2) + \frac{2}{3}\delta(n+1) + [u(n) - u(n-4)]$$



Hình 7: Mô phỏng bài tập 2.1

4.2.2 Bài tập 2.2

Dịch đề bài: Một tín hiệu rời rạc theo thời gian $x(n)$ được thể hiện trong hình dưới đây. Vẽ đồ thị và ghi nhãn từng tín hiệu sau đây.



Hình 8: Enter Caption

(a) $x(n-2)$

(b) $x(4-n)$

(c) $x(n+2)$

(d) $x(n)u(2-n)$

(e) $x(n-1)\delta(n-3)$

(f) $x(n^2)$

(g) Phần chẵn của $x(n)$

(h) Phần lẻ của $x(n)$

Bài làm:

$$x(n) = \{0, 0, 1, 1 \uparrow, 1, 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0, 0\}$$

(a) Delay 2 đơn vị:

$$x(n-2) = \{0, 0 \uparrow, 1, 1, 1, 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0, 0\}$$

(b) Fold -> Delay 4 đơn vị:

$$x(4-n) = \{0, 0, \frac{1}{2} \uparrow, \frac{1}{2}, 1, 1, 1, 1, 0, 0\}$$

(c) Advance 2 đơn vị:

$$x(n+2) = \{0, 0, 1, 1, 1, 1 \uparrow, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0, 0\}$$

(d)

$$x(n)u(2-n) = \{0, 0, 1, 1 \uparrow, 1, 1, 0, 0, 0, 0\}$$

(e)

$$x(n-1)\delta(n-3) = \{0, 0, 0 \uparrow, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0\}$$

(f)

$$x(n^2) = \{0, \frac{1}{2}, 1, 1 \uparrow, 1, \frac{1}{2}, 0, 0, 0, 0\}$$

(g)

$$\frac{1}{2}[x(n) + x(-n)] = \frac{1}{2}\left[\{0, 0, 1, 1 \uparrow, 1, 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0, 0\} + \{0, 0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 1, 1, 1 \uparrow, 1, 0, 0\}\right] = \{\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, 1, 1 \uparrow, 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}\}$$

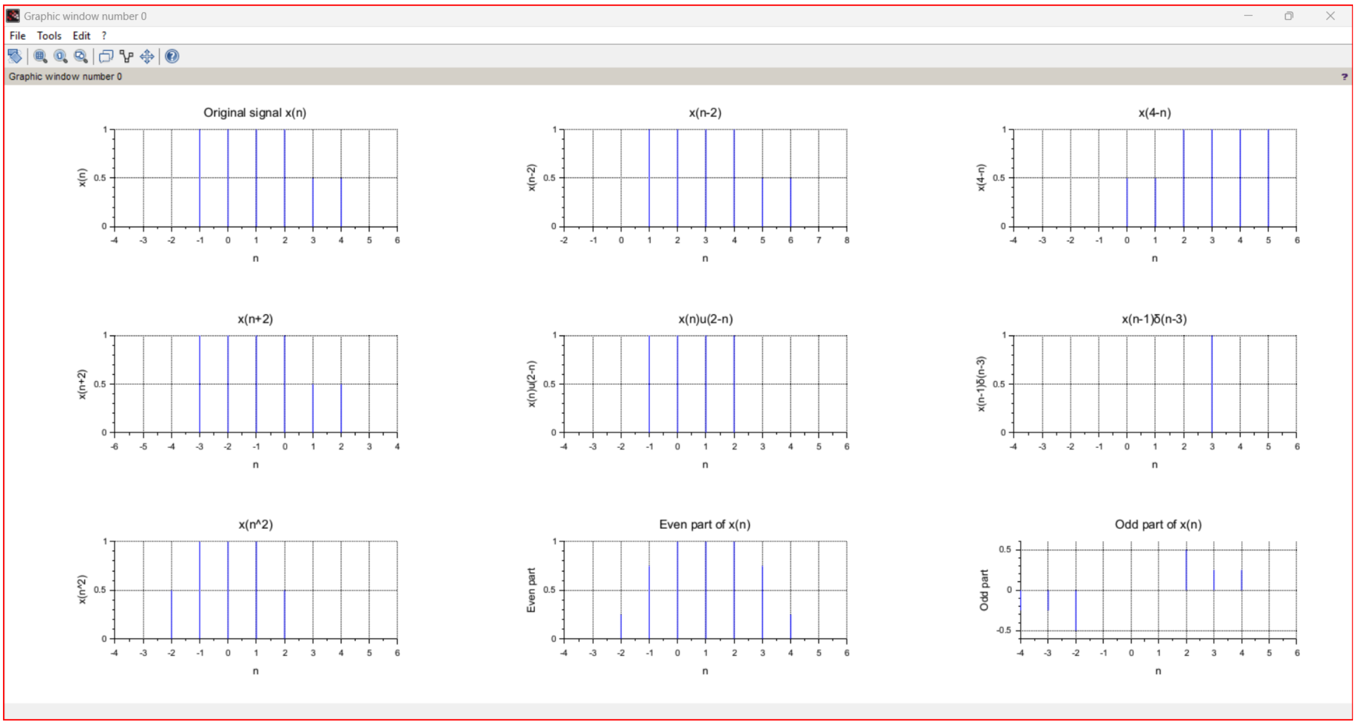
(h)

$$\frac{1}{2}[x(n) - x(-n)] = \frac{1}{2}[x(n) + x(-n)]$$

$$= \frac{1}{2}\left[\{0, 0, 1, 1 \uparrow, 1, 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0, 0\} - \{0, 0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 1, 1, 1 \uparrow, 1, 0, 0\}\right]$$

$$= \{-\frac{1}{4}, -\frac{1}{4}, -\frac{1}{2}, 0, 0 \uparrow, 0, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}\}$$

Dưới đây là mô phỏng bài tập 2.2:



Hình 9: Bài tập 2.2

4.2.3 Bài tập 2.4

Dịch đề bài: Chứng minh rằng bất kỳ tín hiệu nào cũng có thể được phân tích thành một thành phần chẵn và một thành phần lẻ. Phân tích này có duy nhất không? Minh họa các lập luận bằng tín hiệu:

$$x(n) = \{2, 3, 4\uparrow, 5, 6\}$$

Bài làm:

Bất kỳ tín hiệu rời rạc theo thời gian $x(n)$ nào cũng có thể được phân tích thành hai thành phần: phần chẵn và phần lẻ.

- Phần chẵn:

$$x_e(n) = \frac{x(n) + x(-n)}{2}$$

- Phần lẻ:

$$x_o(n) = \frac{x(n) - x(-n)}{2}$$

Những thành phần này là duy nhất vì phần chẵn chỉ chứa các phần tử đối xứng, trong khi phần lẻ thể hiện các phần tử bất đối xứng.

Với tín hiệu:

$$x(n) = \{2, 3, 4\uparrow, 5, 6\}$$

$$x(-n) = \{6, 5, 4\uparrow, 3, 2\}$$

Tách thành phần chẵn và thành phần lẻ của tín hiệu $x(n)$:

- Phần chẵn:

$$x_e(n) = \frac{x(n) + x(-n)}{2} = \frac{\{2, 3, 4\uparrow, 5, 6\} + \{6, 5, 4\uparrow, 3, 2\}}{2} = \{4, 4, 4\uparrow, 4, 4\}$$

- Phần lẻ:

$$x_o(n) = \frac{x(n) - x(-n)}{2} = \frac{\{2, 3, 4\uparrow, 5, 6\} - \{6, 5, 4\uparrow, 3, 2\}}{2} = \{-2, -1, 0\uparrow, 1, 2\}$$

Như vậy, tín hiệu $x(n)$ có thể được biểu diễn dưới dạng tổng của hai thành phần:

$$x(n) = x_e(n) + x_o(n)$$

Trong đó:

- $x_e(n)$ là phần chẵn, chỉ chứa các thành phần đối xứng.

- $x_o(n)$ là phần lẻ, chỉ chứa các thành phần bất đối xứng.

4.2.4 Bài tập 2.6

Dịch đề bài: Xét hệ thống:

$$y(n) = \mathcal{T}[x(n)] = x(n^2)$$

(a) Xác định xem hệ thống này có bất biến theo thời gian hay không.

(b) Để làm rõ kết quả trong phần (a), giả sử tín hiệu

$$x(n) = \begin{cases} 1, & 0 \le n \le 3 \\ 0, & \text{ở nơi khác} \end{cases}$$

được đưa vào hệ thống.

1. Vẽ đồ thị tín hiệu $x(n)$.
2. Xác định và vẽ đồ thị tín hiệu $y(n) = \mathcal{T}[x(n)]$.
3. Vẽ đồ thị tín hiệu $y_2'(n) = y(n-2)$.
4. Xác định và vẽ đồ thị tín hiệu $x_2(n) = x(n-2)$.
5. Xác định và vẽ đồ thị tín hiệu $y_2(n) = \mathcal{T}[x_2(n)]$.
6. So sánh các tín hiệu $y_2(n)$ và $y(n-2)$. Bạn rút ra kết luận gì?

(c) Lặp lại phần (b) cho hệ thống

$$y(n) = x(n) - x(n-1)$$

Bạn có thể sử dụng kết quả này để đưa ra bất kỳ nhận xét nào về tính bất biến theo thời gian của hệ thống này không? Tại sao?

(d) Lặp lại các phần (b) và (c) cho hệ thống

$$y(n) = \mathcal{T}[x(n)] = nx(n)$$

Bài làm:

(a)

Hệ thống:

$$y(n) = \mathcal{T}[x(n)] = x(n^2)$$

1. Output hệ thống:

$$y(n) = x(n^2)$$

2. Dịch input 2 đơn vị:

$$x_2(n) = x(n-2)$$

3. Áp dụng vào hệ thống:

$$y_2(n) = \mathcal{T}[x_2(n)] = x_2(n^2) = x(n^2 - 2)$$

4. Dịch output 2 đơn vị:

$$y(n-2) = x((n-2)^2)$$

Do:

$$x(n^2 - 2) \neq x((n-2)^2)$$

Kết quả khác nhau nên hệ thống không bất biến.

(b)

$$x(n) = \begin{cases} 1, & 0 \leq n \leq 3 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

1. Vẽ tín hiệu $x(n)$:
2. Xác định $y(n)$:

$$y(n) = x(n^2)$$

$$y(-3) = x(9) = 0$$
$$y(-2) = x(4) = 0$$
$$y(-1) = x(1) = 1$$
$$y(0) = x(0) = 1$$
$$y(1) = x(1) = 1$$
$$y(2) = x(4) = 0$$
$$y(3) = x(9) = 0$$

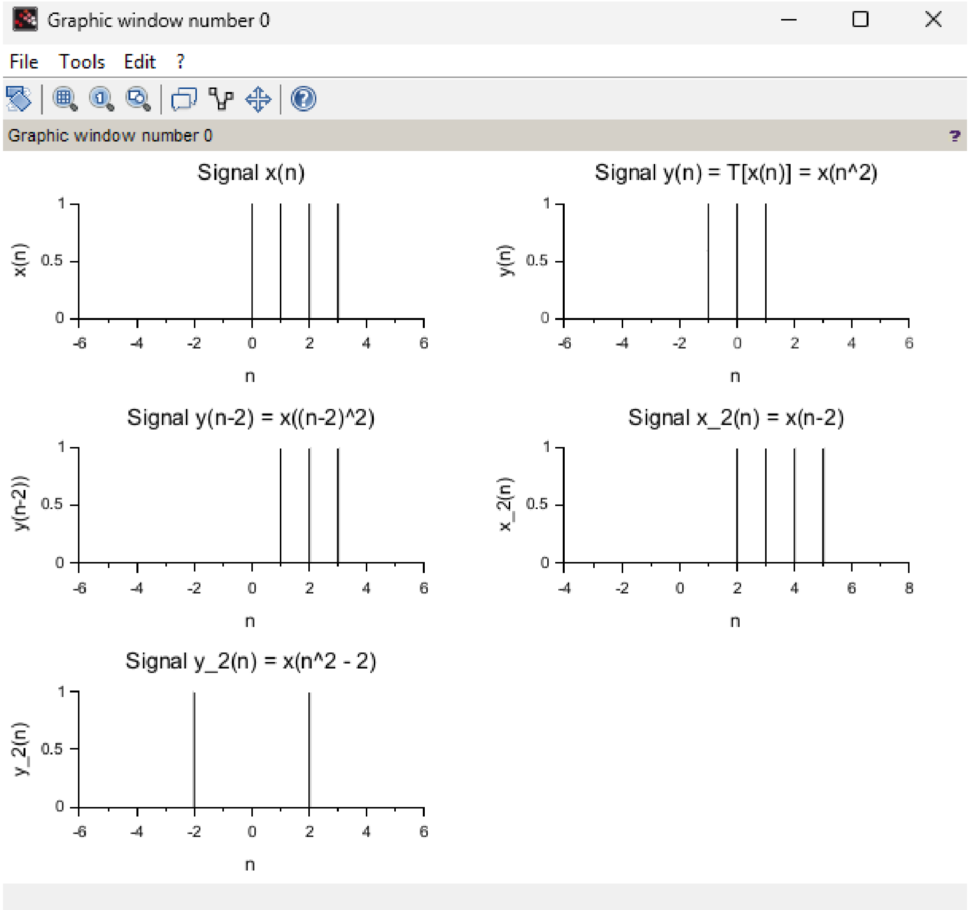
3. Dịch output 2 đơn vị:

$$y(n-2) = x((n-2)^2)$$

4. Dịch input 2 đơn vị và áp dụng vào hệ thống:

$$x_2(n) = x(n-2), \quad y_2(n) = \mathcal{T}[x_2(n)] = x(n^2 - 2)$$

5. Kết luận: Kết quả là khác nhau nên hệ thống không bất biến.



Hình 10: Bài tập 2.6 b

(c)

$$y(n) = x(n) - x(n-1)$$

$$y(0) = 1$$

$$y(4) = -1$$

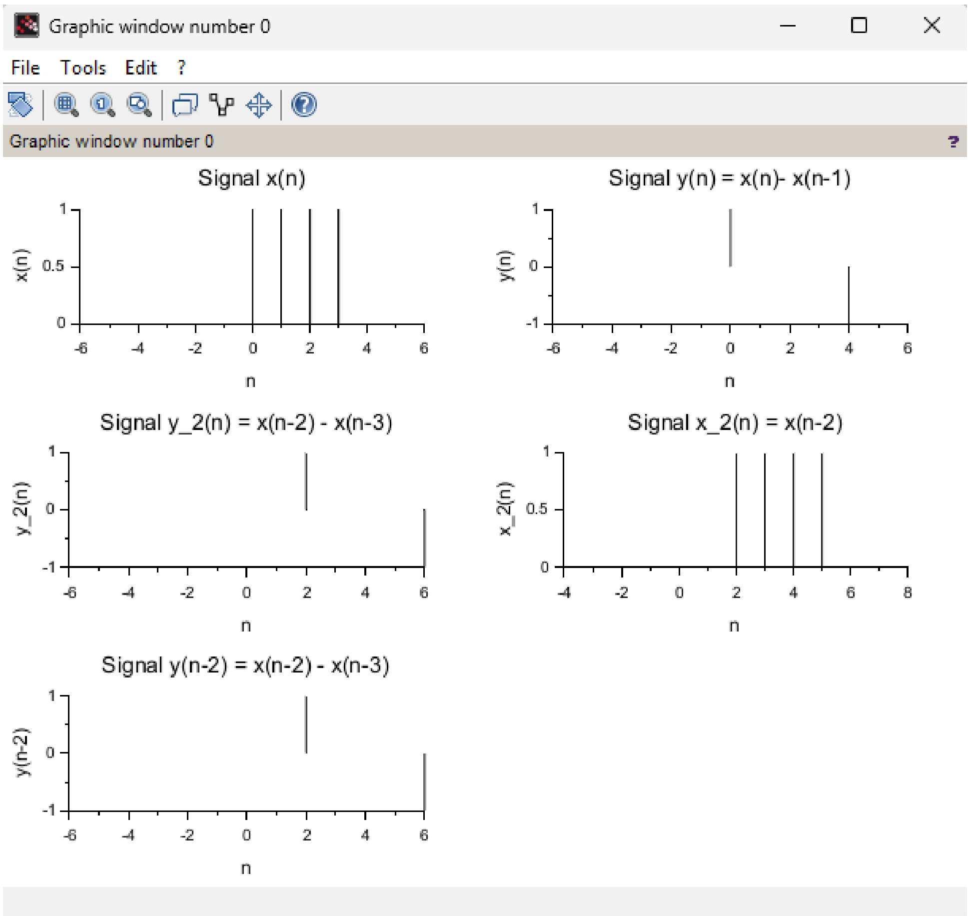
1. Dịch input 2 đơn vị: $x(n-2)$.
2. Áp dụng lên hệ thống:

$$y_2(n) = x(n-2) - x(n-3)$$

3. Dịch output 2 đơn vị:

$$y(n-2) = x(n-2) - x(n-3)$$

Bởi vì kết quả giống nhau nên hệ thống là bất biến.



Hình 11: Bài tập 2.6 c

(d)

$$y(n) = \mathcal{T}[x(n)] = n \cdot x(n)$$

$$y(1) = 1$$

$$y(2) = 2$$

$$y(3) = 3$$

1. Dịch input 2 đơn vị:

$$x(n-2)$$

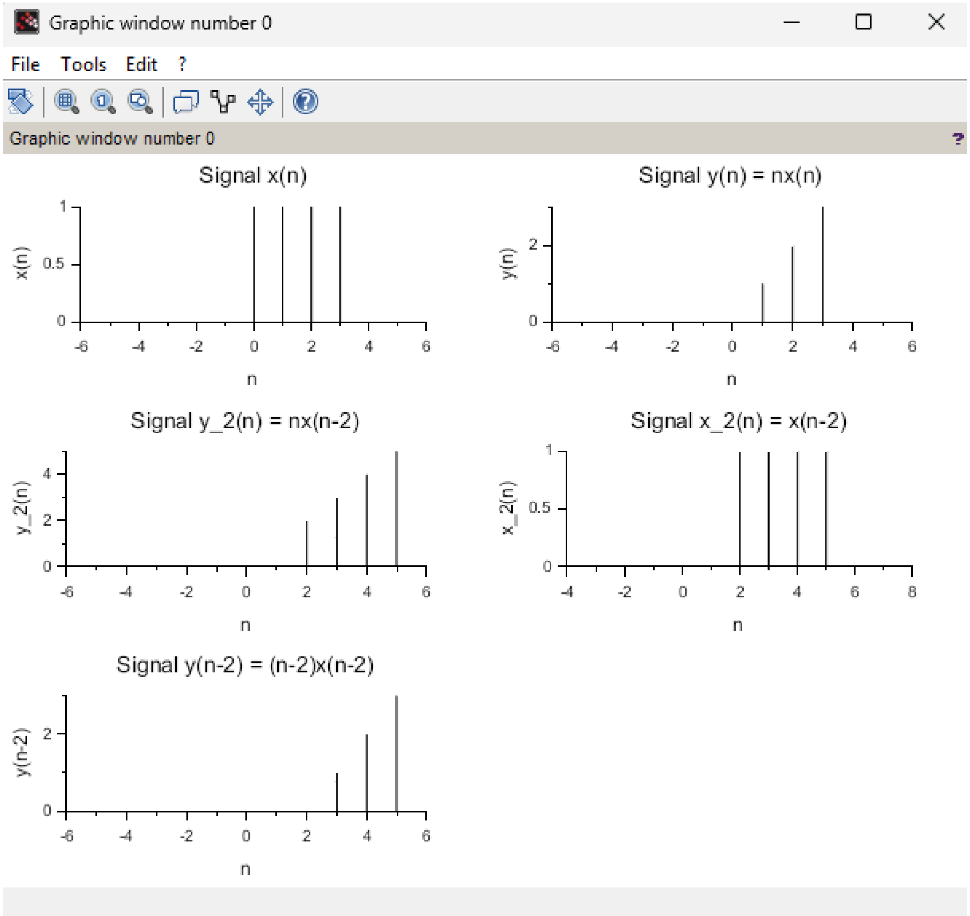
2. Áp dụng lên hệ thống:

$$y_2(n) = n \cdot x(n-2)$$

3. Dịch output 2 đơn vị:

$$y(n-2) = (n-2) \cdot x(n-2)$$

Bởi vì kết quả là khác nhau nên hệ thống không bất biến.



Hình 12: Bài tập 2.6 d

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