



**FPT SCHOOL OF BUSINESS  
& TECHNOLOGY**

# Digital Signal Processing

Bài 2 - Bộ lọc số : Khái niệm Bộ lọc FIR và IIR

Phd. Trần Thanh Trúc

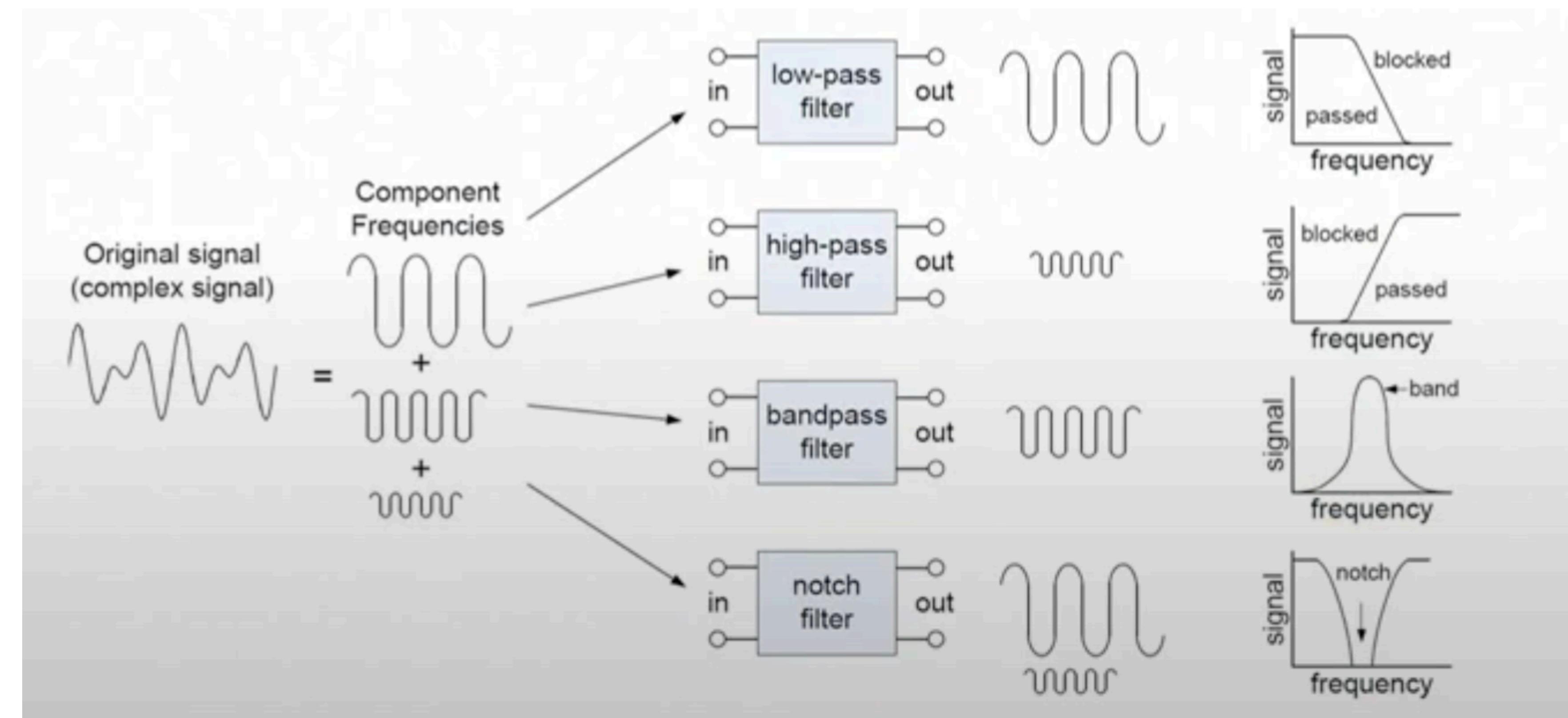
# **Phần lý thuyết:**

## **Bộ lọc số: FIR và IIR**

# Bộ lọc số

## Tổng quan

- Câu hỏi 1:
  - Trong đời thường, chúng ta thấy các bộ lọc tín hiệu ở đâu?
  - Nguyên tắc của các bộ lọc tín hiệu là gì?

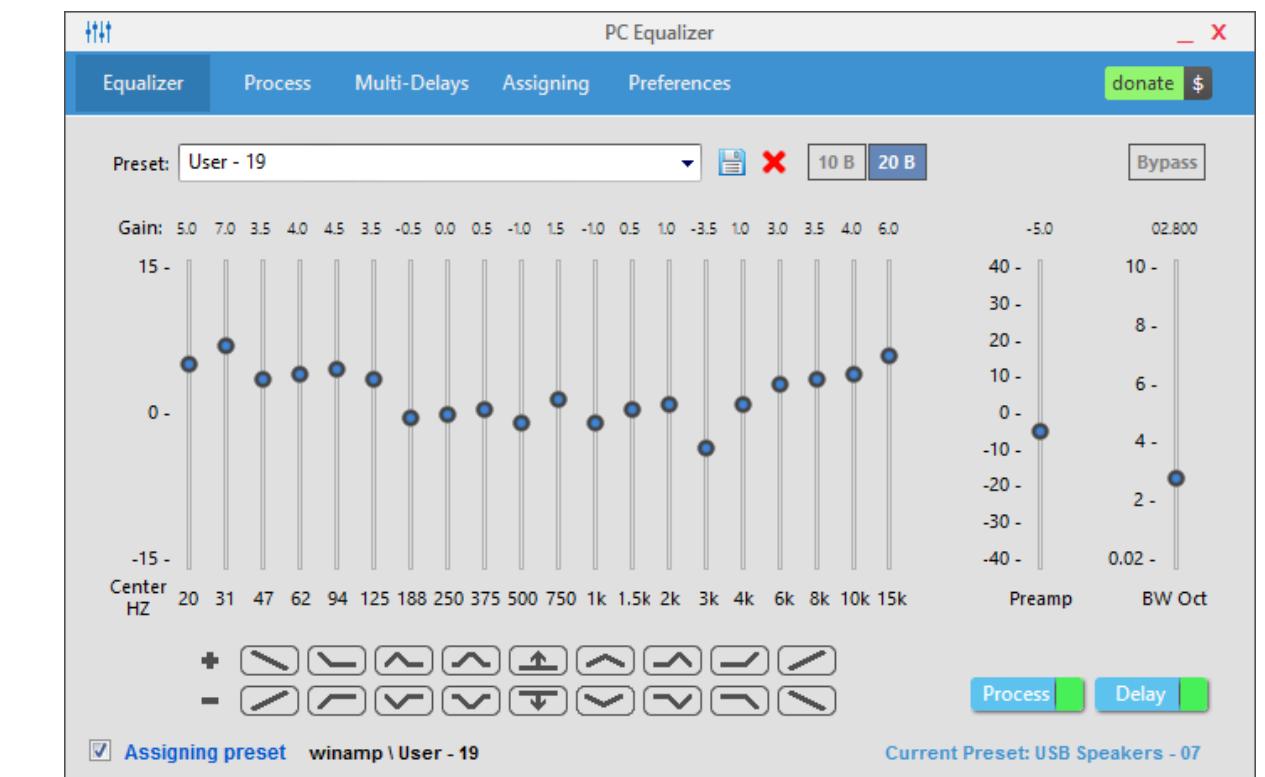


# Bộ lọc số

## Bộ lọc tương tự vs Bộ lọc số



Bộ lọc tương tự



Bộ lọc số

Câu hỏi 1: Khác nhau về nguyên lý của bộ lọc tương tự và bộ lọc số là gì?

Câu hỏi 2: Bạn hãy kể các ưu điểm và nhược điểm của từng loại bộ lọc.

# Bộ lọc số

## Ưu nhược của bộ lọc số

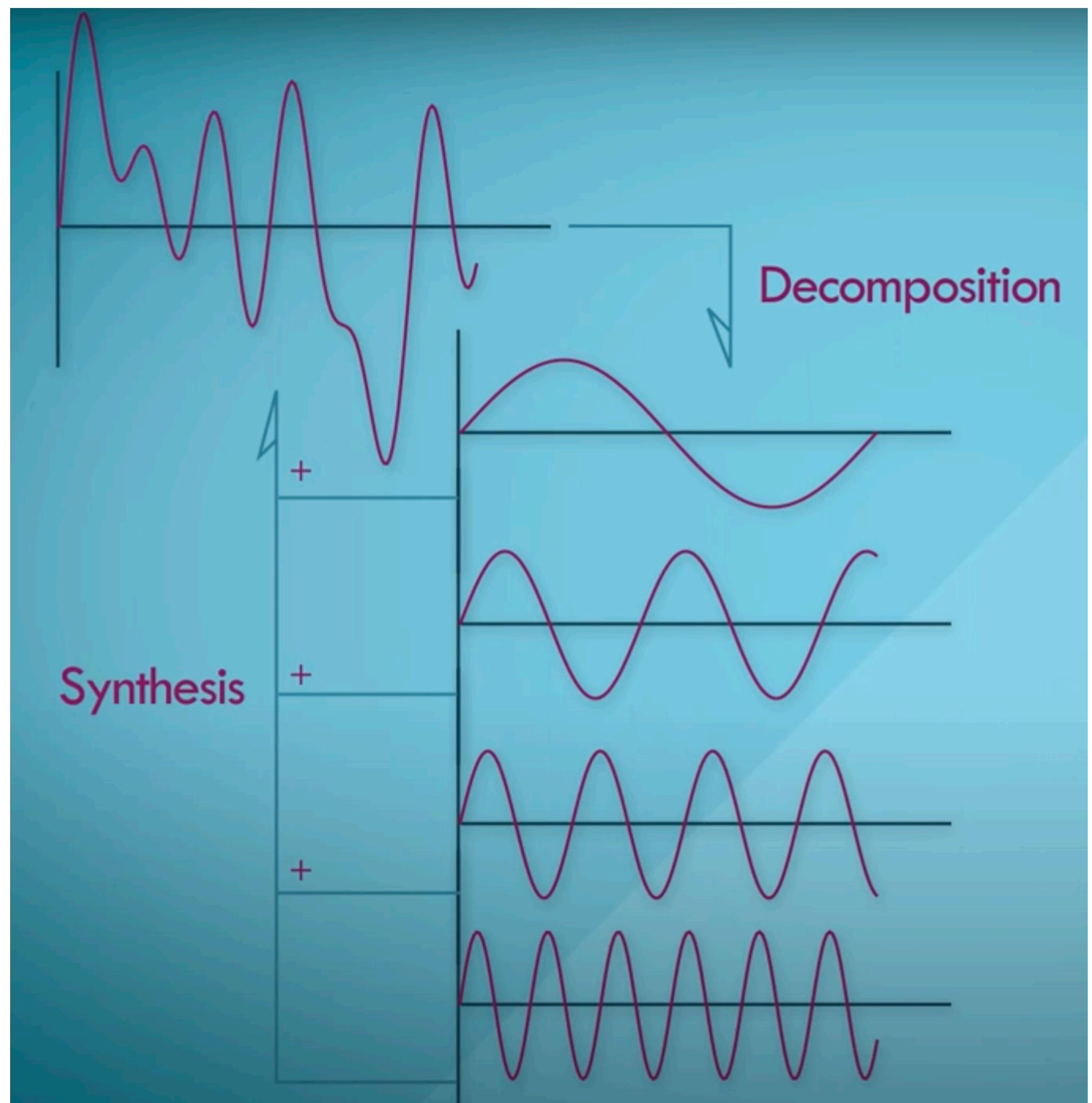
---

- **ƯU ĐIỂM**
  - Thiết bị nhỏ gọn, hoặc trên máy tính
  - Xử lý được nhiều inputs
  - Trích được nhiều đặc trưng: pha, spectrogram, STSF, biên, rms, ...
  - Xử lý các đặc tính cao cấp: trích chọn đặc trưng (mạng CNN), nhận dạng
- **NHƯỢC ĐIỂM**
  - Băng thông hạn chế
  - Nhiễu lượng tử hóa
  - Phụ thuộc vào độ phân giải bit/sample
  - Cần nhiều kiến thức trong quá trình thiết kế

# Bộ lọc số

## Đáp ứng tần số

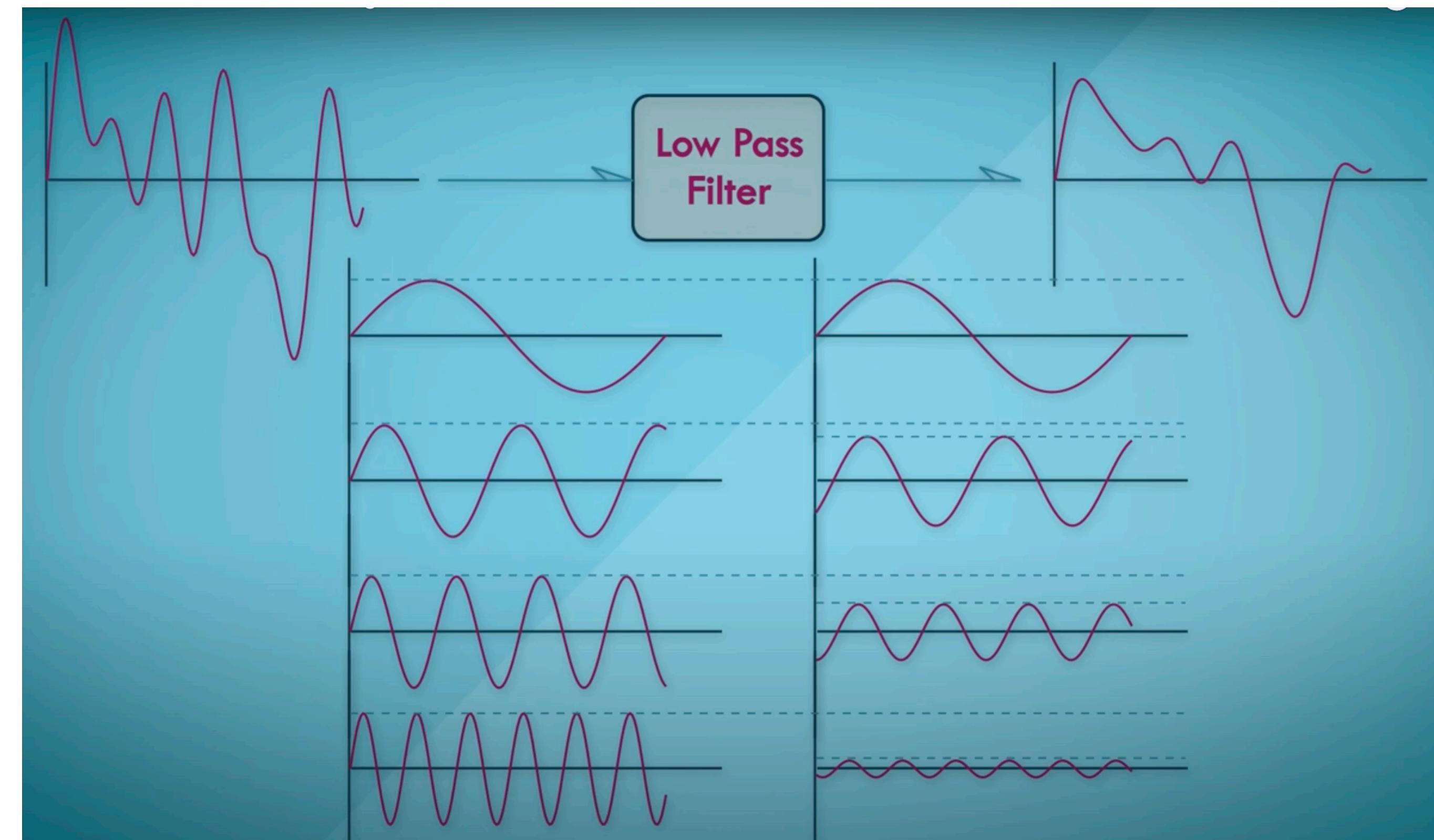
- Đặc tính của tín hiệu:
  - Bất kỳ tín hiệu nào là sự cộng của rất nhiều sóng sin tại các tần số  $f$  khác nhau.



# Bộ lọc số

## Đáp ứng tần số

- **Nhiệm vụ của bộ lọc** là **hạn chế** hoặc **loại bỏ** sự xuất hiện của tín hiệu **sin** ở các tần số không mong muốn, và **tăng cường** hoặc **giữ nguyên** những tín hiệu **sin** ở tần số yêu thích.



# Bộ lọc số

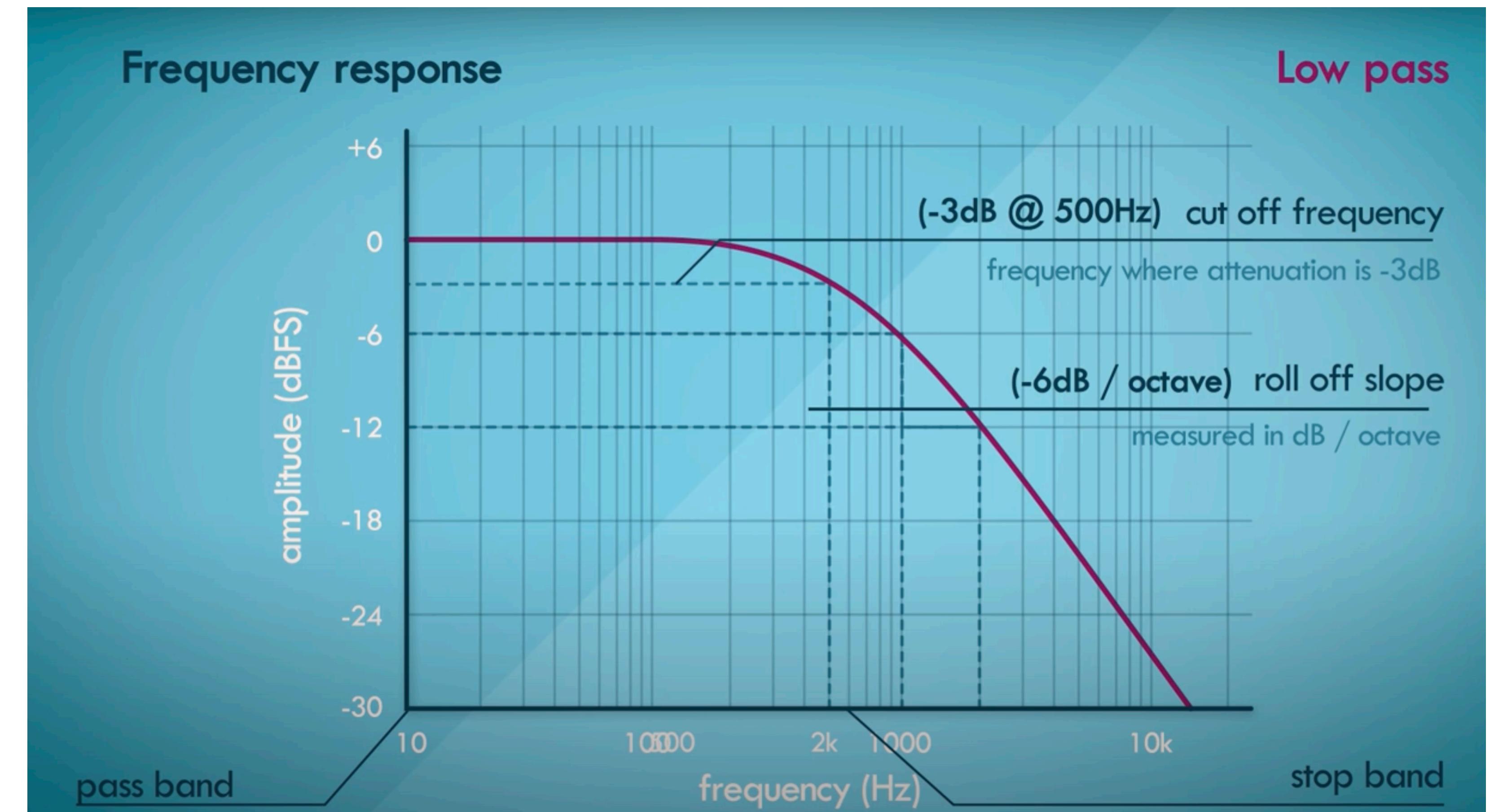
## Đáp ứng tần số

- Quan hệ tần số và biên độ

Ví dụ bộ lọc thông thấp

Câu hỏi: anh chị hãy đoán ý nghĩa của đường cong.

- Vùng bandpass
- Vùng stoppass
- Độ dốc



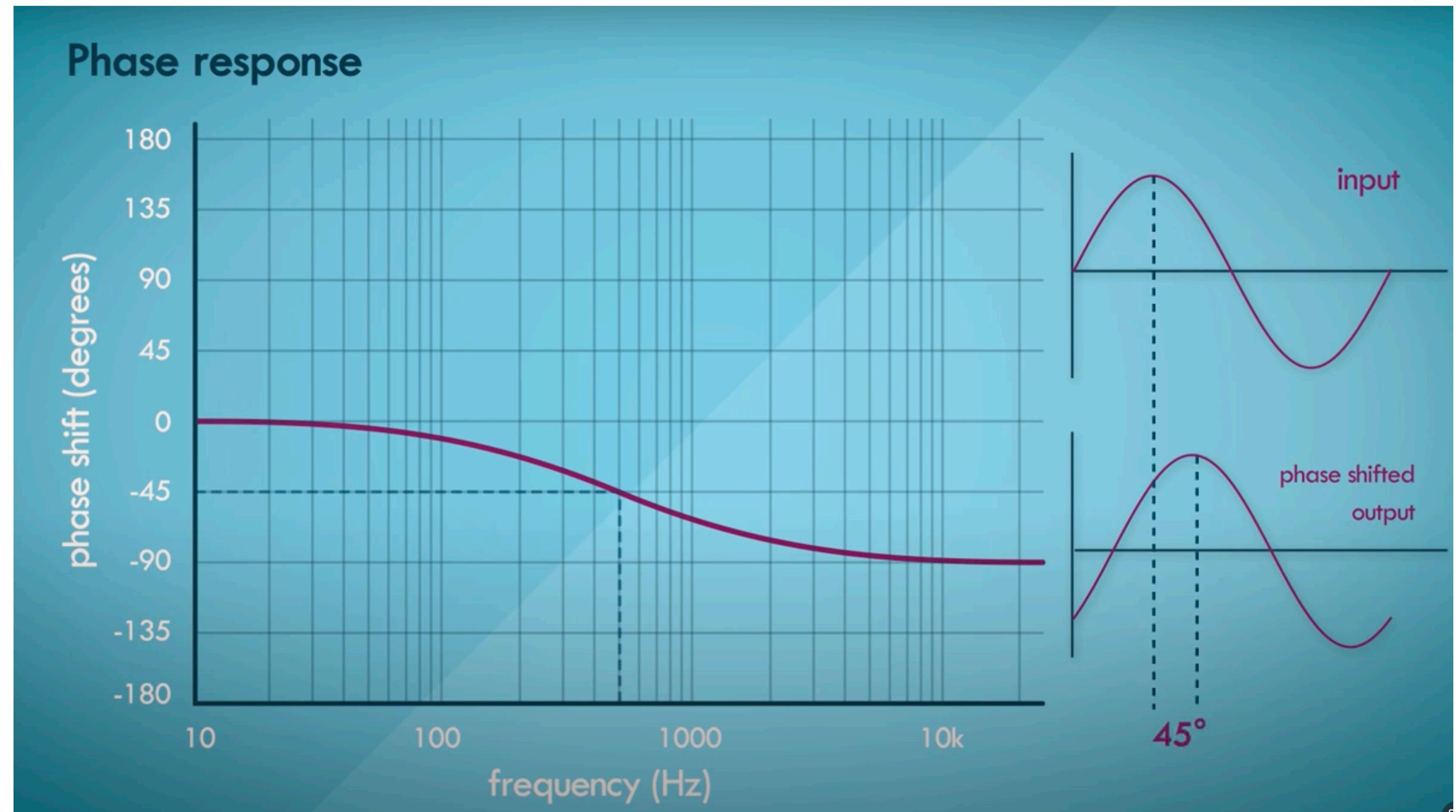
# Bộ lọc số

## Đáp ứng tần số

- Quan hệ tần số và pha

Ví dụ bộ lọc thông thấp

Câu hỏi: anh chị hãy đoán ý nghĩa của đường cong.



# Bộ lọc số

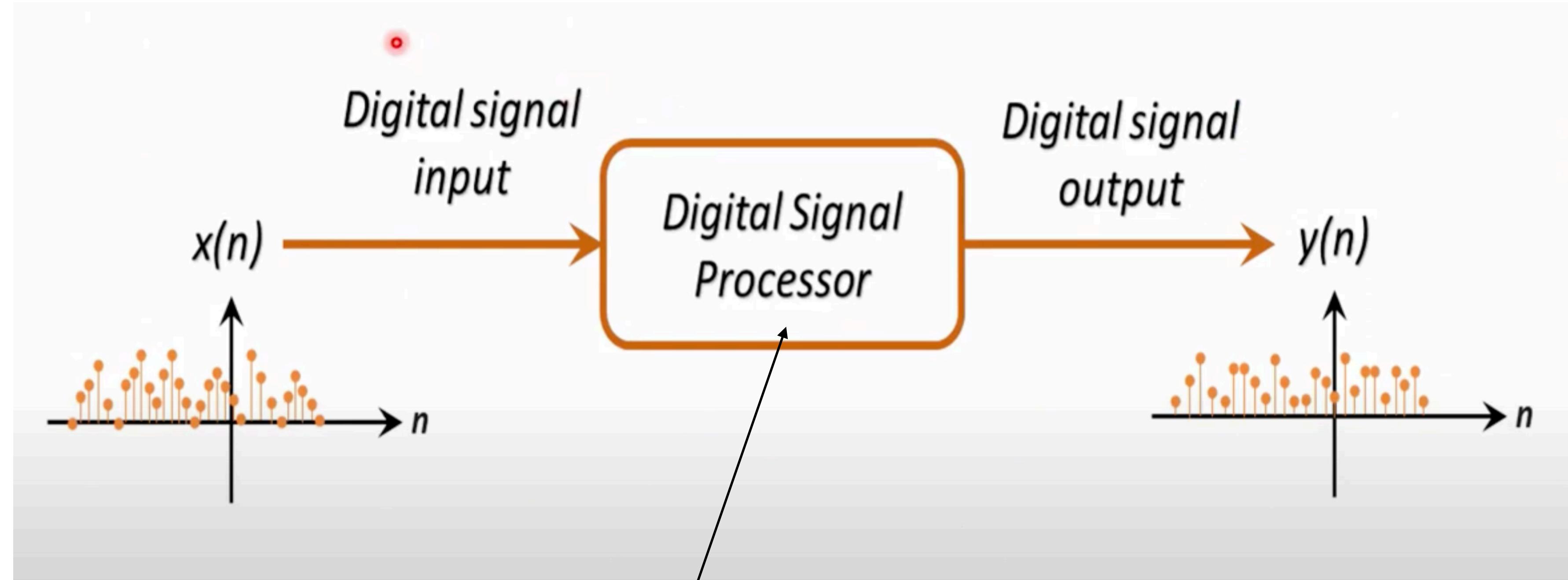
## Xử lý Pipeline đối với hệ thống xử lý số

- Xử lý pipeline:
  - Phân tầng xử lý
  - Dịch thời gian
- Ví dụ: xử lý pipeline với 5 tầng xử lý.

Time slot	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 5	Results
t0	Instr 1					
t1	Instr 2	Instr 1				
t2	Instr 3	Instr 2	Instr 1			
t3	Instr 4	Instr 3	Instr 2	Instr 1		
t4	Instr 5	Instr 4	Instr 3	Instr 2	Instr 1	complete
t6	Instr 6	Instr 5	Instr 4	Instr 3	Instr 2	complete

# Bộ lọc số

## Phép chập và mô hình xử lý pipeline



Phép chập giữa hai hàm  $h(n)$  và  $x(n)$ :

$$y(n) = h(0)x(n) + h(1)x(n-1) + h(2)x(n-2) + \dots + h(k)x(n-k)$$

# BỘ LỌC SỐ

## Phép chập và mô hình xử lý pipeline

### Convolution

	<i>f</i>							<i>w rotated 180°</i>				
	0	0	0	1	0	0	0	8	2	3	2	1

	<i>f</i>							<i>w rotated 180°</i>				
<i>w</i>	8	2	3	2	1	0	0	0	1	0	0	0

↓  
 starting position alignment

• • •

	<i>w * f</i>										
Cropping	—	0	0	1	2	3	2	8	0	0	0
<i>f</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	—

# BỘ LỌC SỐ

Phép chập và mô hình xử lý pipeline > Phép chập vs Phép tương quan

## Correlation

	<i>f</i>									<i>w</i>				
	0	0	0	1	0	0	0	0		1	2	3	2	8

<i>f</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	<i>w</i>	1	2	3	2	8
	0	0	0	1	0	0	0	0		0	0	0	0	0

↓  
↑ starting position alignment

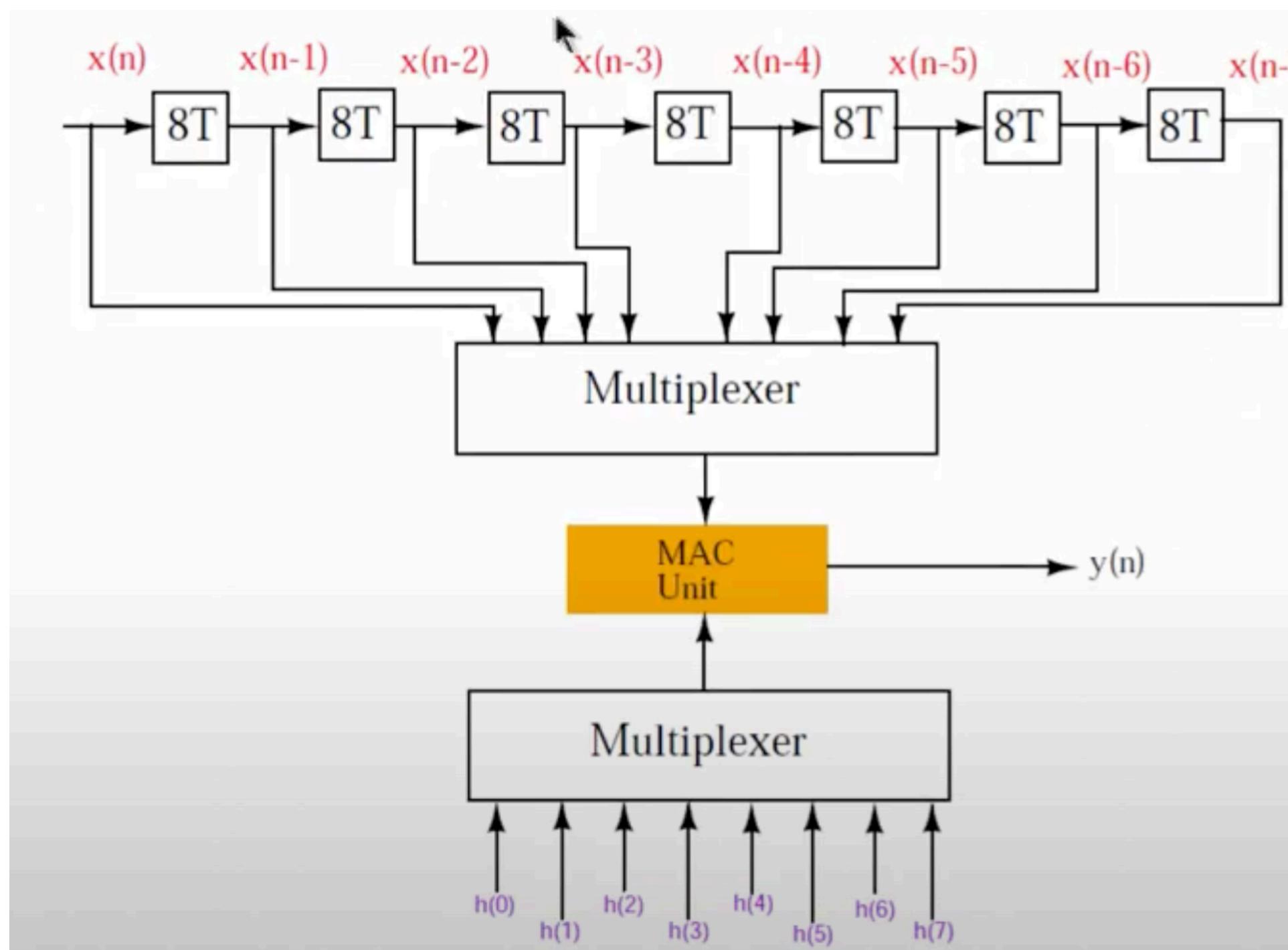
<i>f</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>w</i>	1	2	3	2	8									

zero padding

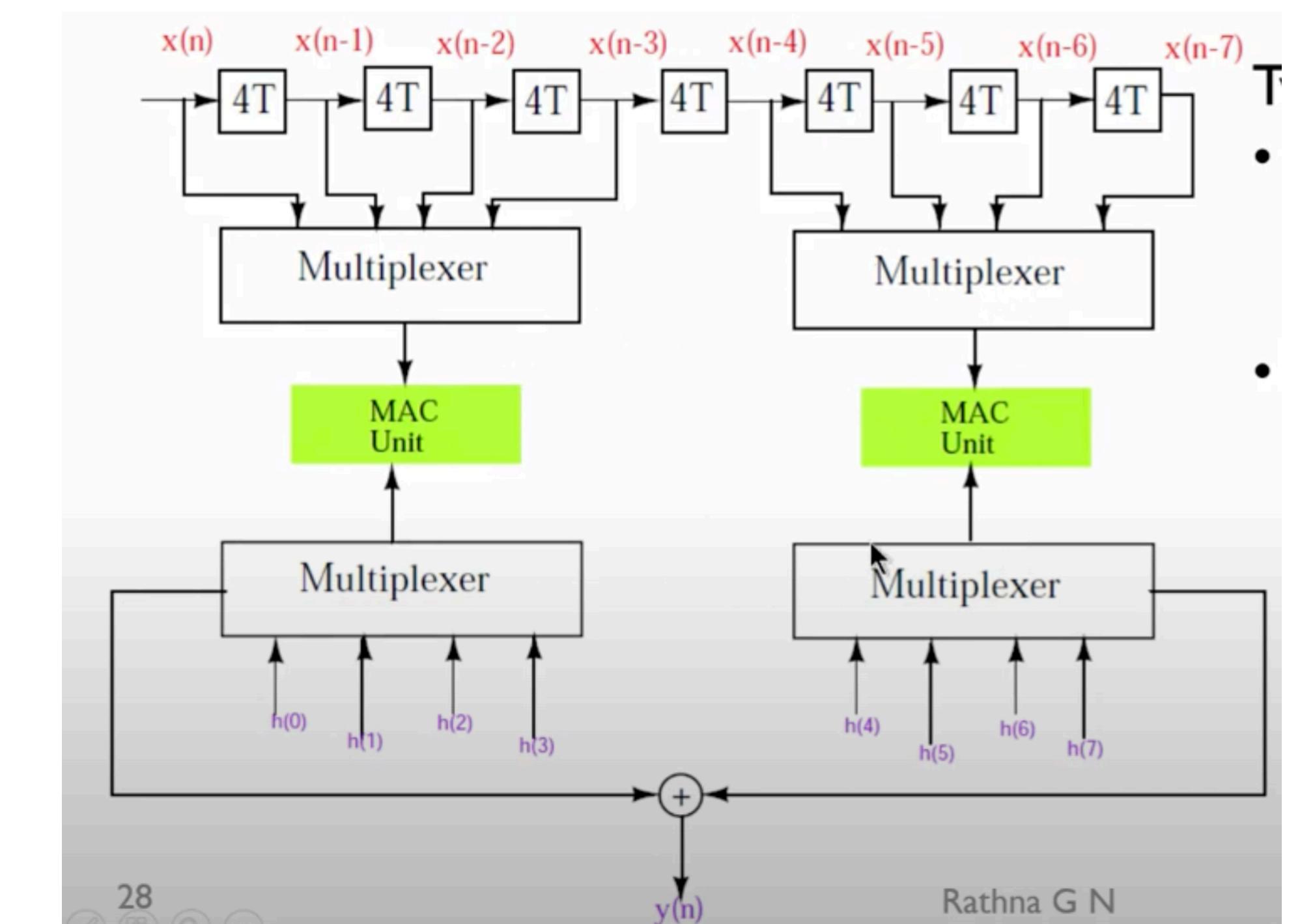
# BỘ LỌC SỐ

## Phép chập và mô hình xử lý pipeline

xử lý tuần tự



xử lý song song



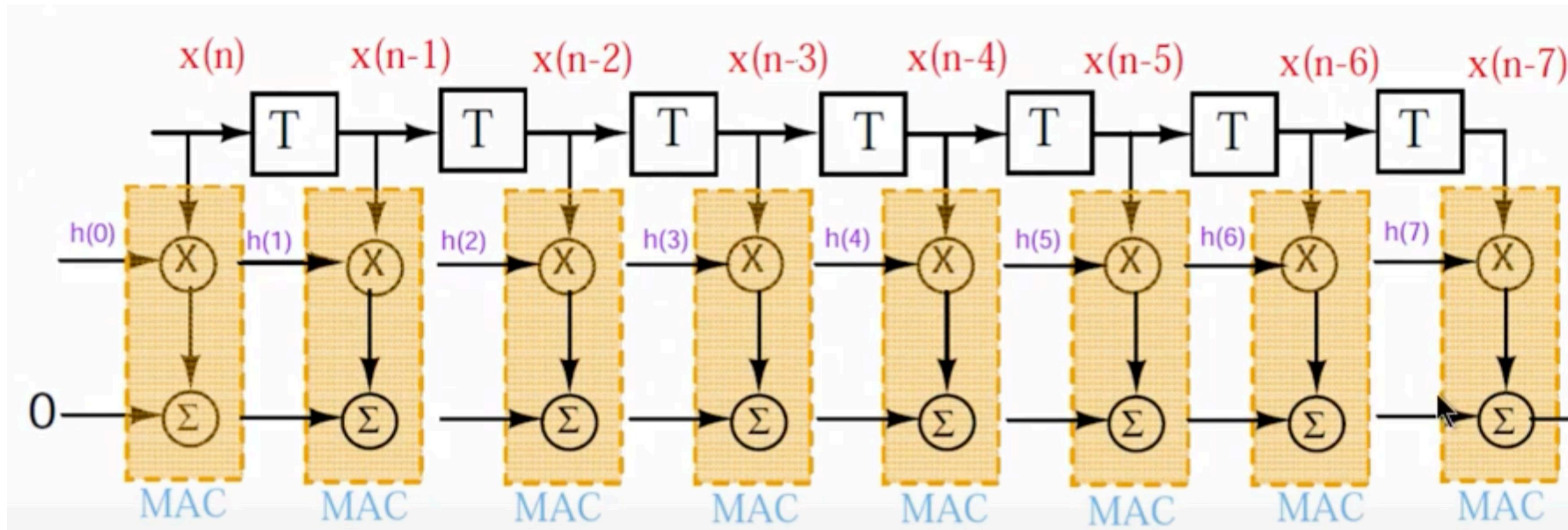
01 bộ nhân và cộng tích luỹ (MAC)

02 bộ nhân và cộng tích luỹ (MAC)  
01 bộ cộng tổng hợp

# BỘ LỌC SỐ

## Phép chập và mô hình xử lý pipeline

xử lý song song



08 bộ nhân và cộng tích luỹ (MAC)

Câu hỏi 1:

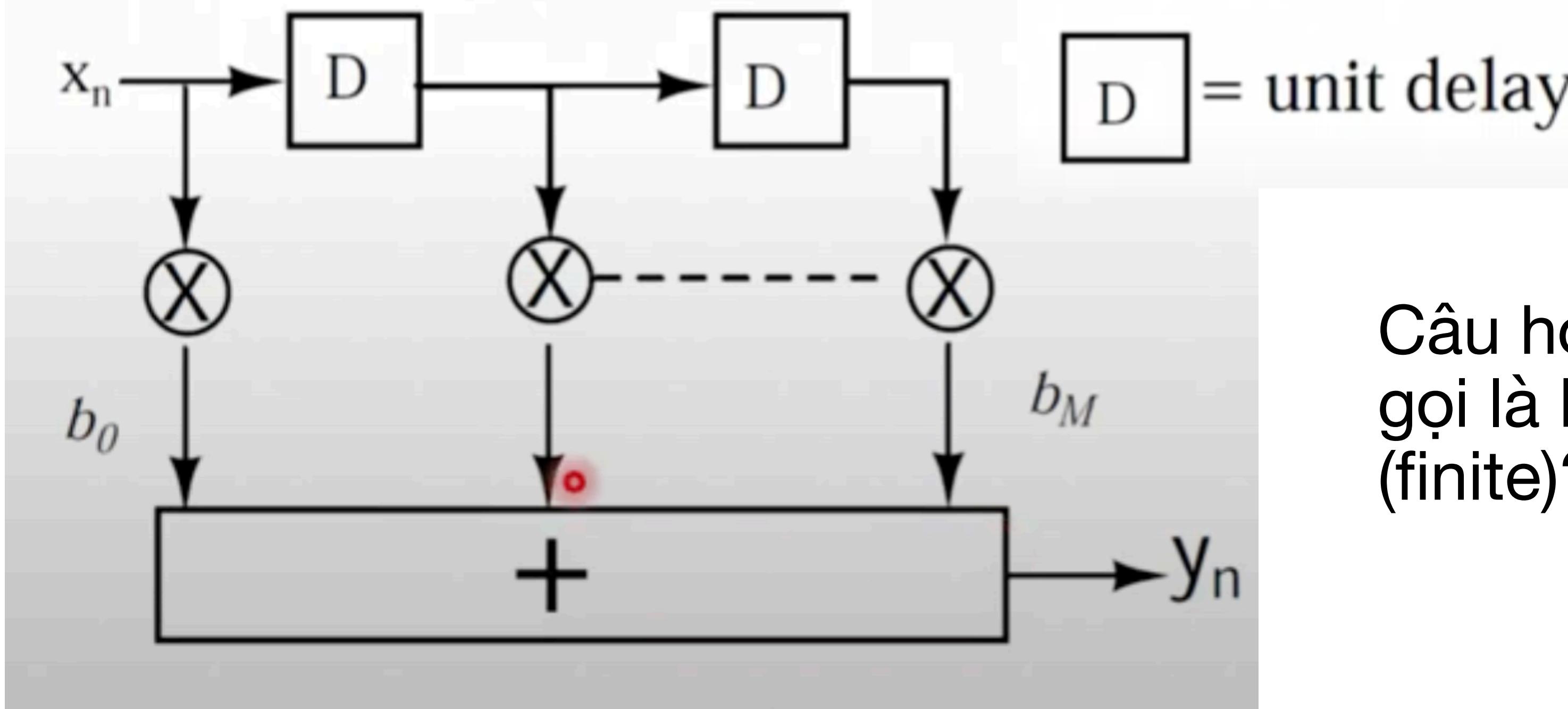
- Các bạn đánh giá độ trễ khi thực hiện phép chập ở 03 mô hình

# BỘ LỌC SỐ

## Bộ lọc FIR

- FIR = Finite Impulse Response

$$y(n) = h(0)x(n) + h(1)x(n-1) + h(2)x(n-2) + \dots + h(M-1)x(n-k) = \sum_{m=0}^{M-1} h(m)x(n-m)$$



Câu hỏi: tại sao gọi bộ lọc này  
gọi là bộ lọc đáp ứng hữu hạn  
(finite)?

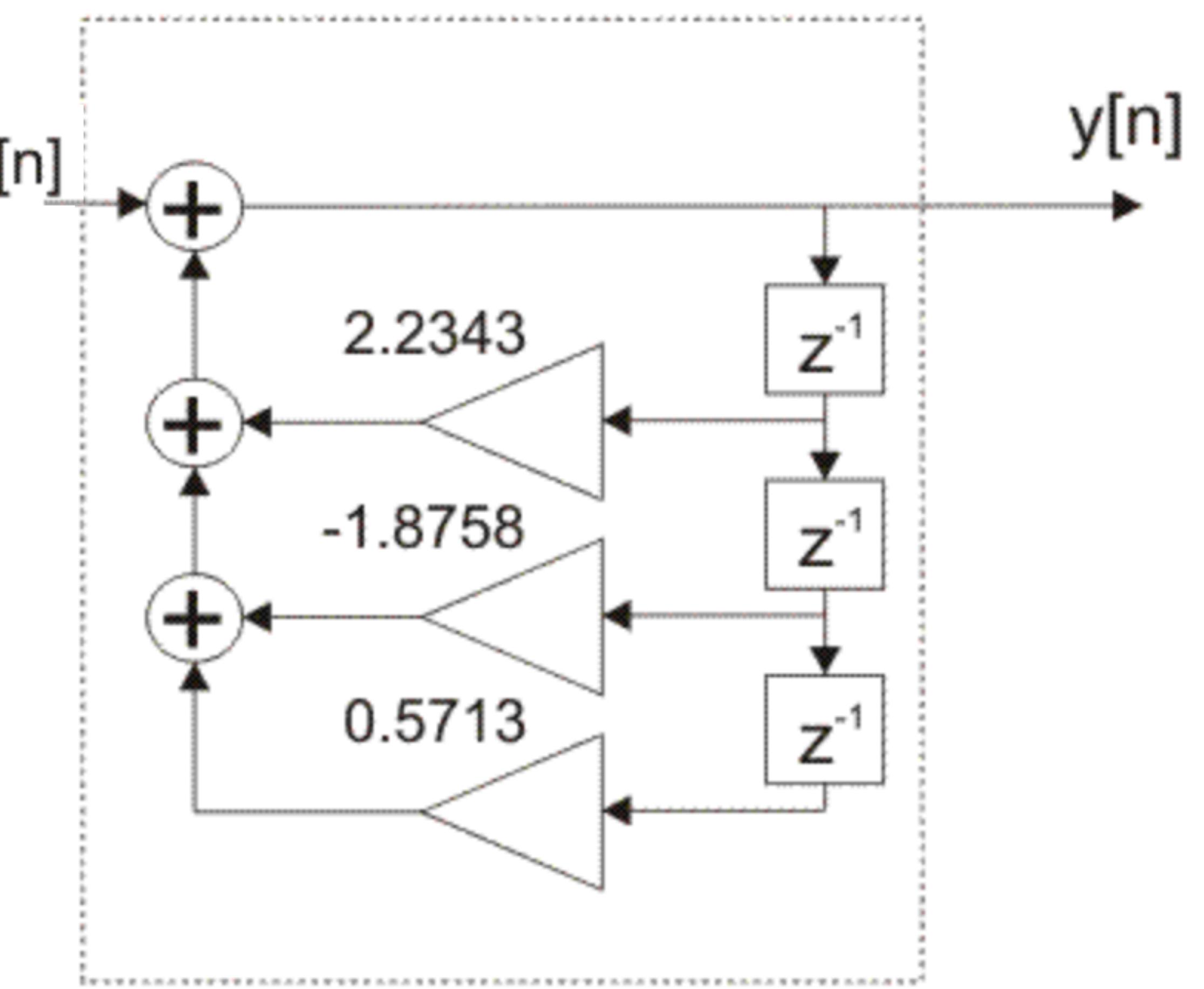
# BỘ LỌC SỐ

## Bộ lọc IIR

- IIR = Infinite Impulse Response

$$x(n) = y(n) + b_1y(n-1) + \dots + b_ky(n-k)$$

Câu hỏi: tại sao gọi bộ lọc này gọi là bộ lọc đáp ứng vô hạn (infinite)?

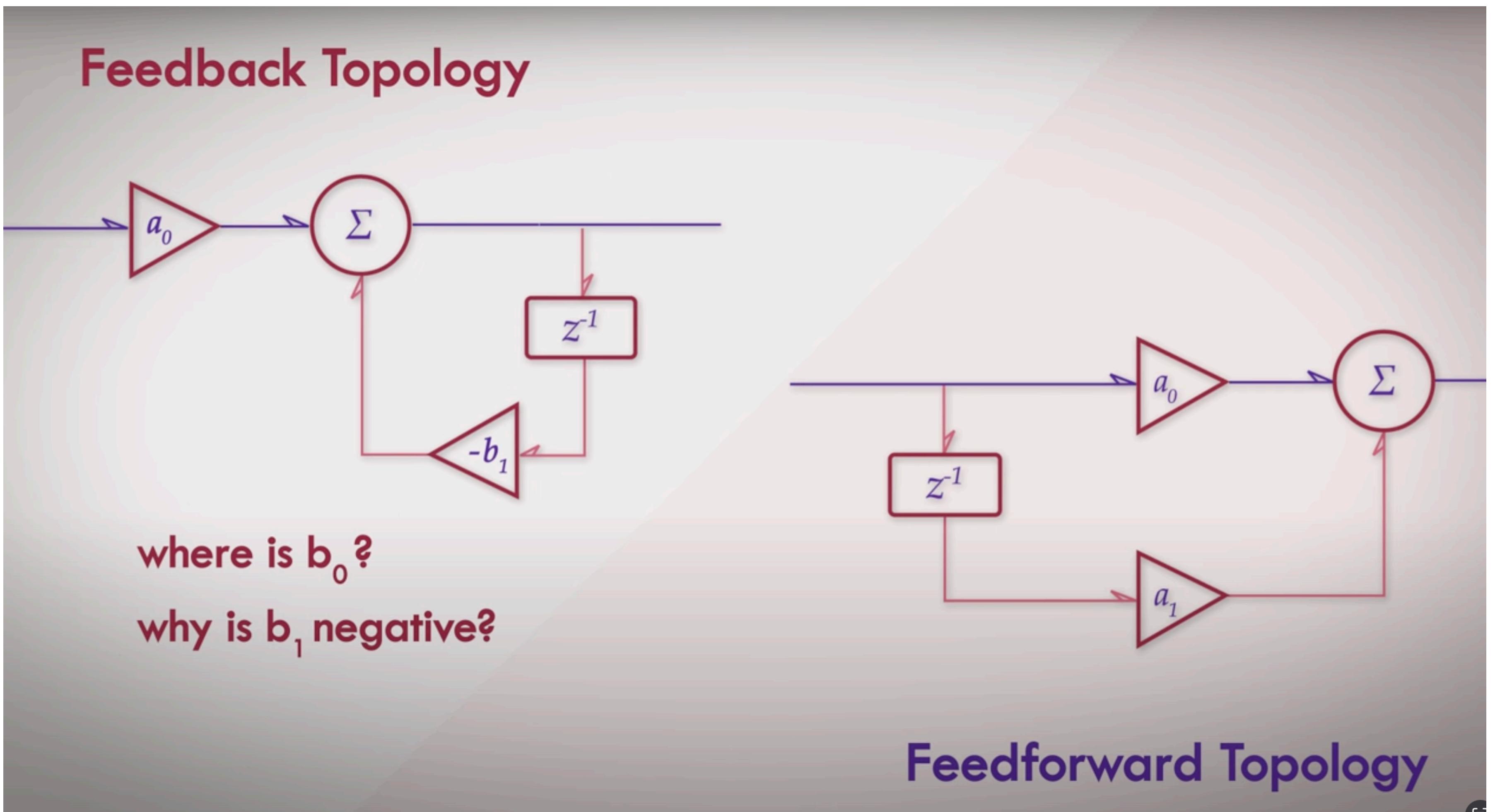


# BỘ LỌC SỐ

## Khác nhau về Mô hình giữa FIR vs IIR

Cái nào là FIR?

Cái nào là IIR?



# **Quiz và Lab:**

# BỘ LỌC SỐ

## Lab

---

- 1. Chứng tỏ các tín hiệu có thể tách thành nhiều sóng **sin** với tần số khác nhau
- 2. Tạo các tín hiệu chồng chập với nhau: tín hiệu + các nhiễu ripple
- 3. Thực hành xác định đặc tính của bộ lọc thông thấp cho trước:
  - Cho tín hiệu input: thay đổi tần số đầu vào để xác định các đặc tính của bộ lọc thông thấp : vùng bandpass, vùng band stop, độ dốc, tần số cắt, pha.
- 4. Thiết kế các tham số của bộ lọc thông thấp FIR hoặc IIR cho trước:
  - Quan sát và đánh giá kết quả hoạt động
- 5. Thực hành phép chập, phép tương quan