



**FPT SCHOOL OF BUSINESS
& TECHNOLOGY**

Digital Signal Processing

Bài 3: Thiết kế bộ lọc FIR

PhD. Trần Thanh Trúc

Ôn lại

- Phép chấp là gì ?
- Các đặc tính của bộ lọc: quan hệ biên độ - tần số, pha - tần số
- Khác nhau giữa bộ lọc FIR và IIR

Lý thuyết: Thiết kế bộ lọc FIR

Thiết kế bộ lọc FIR

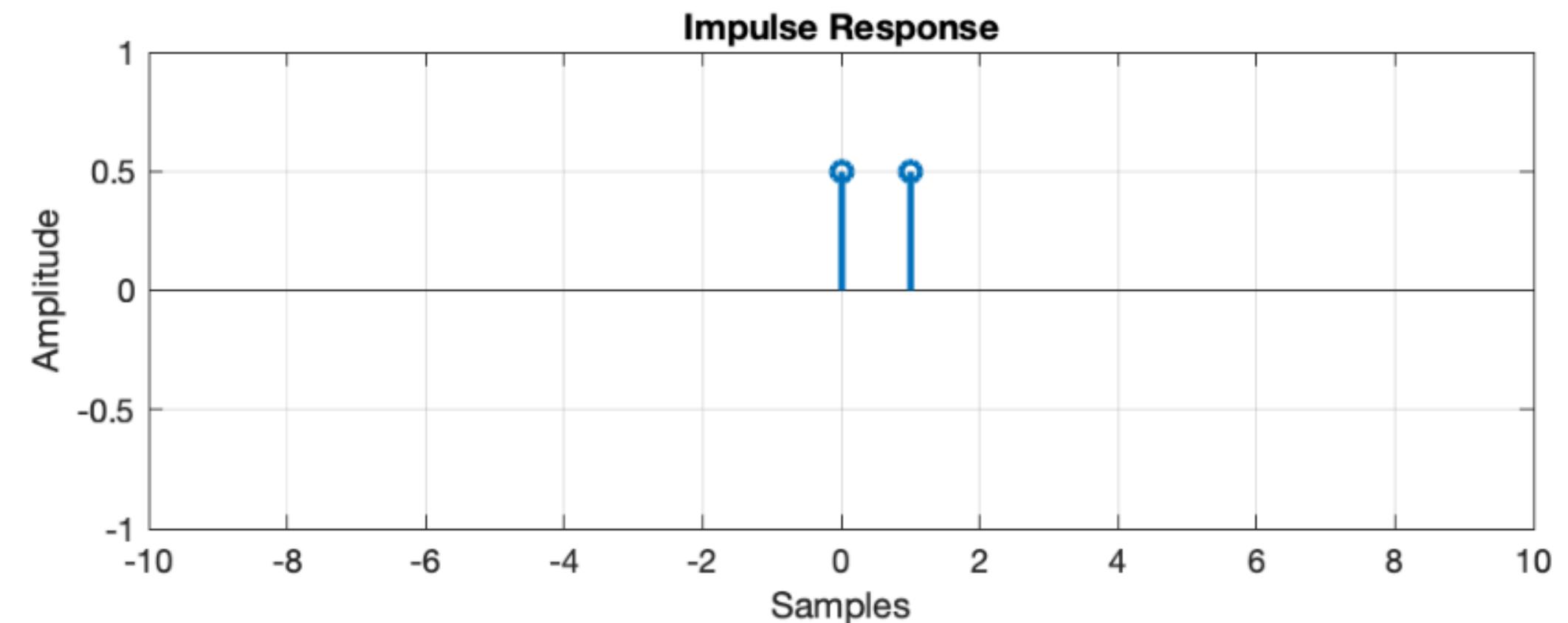
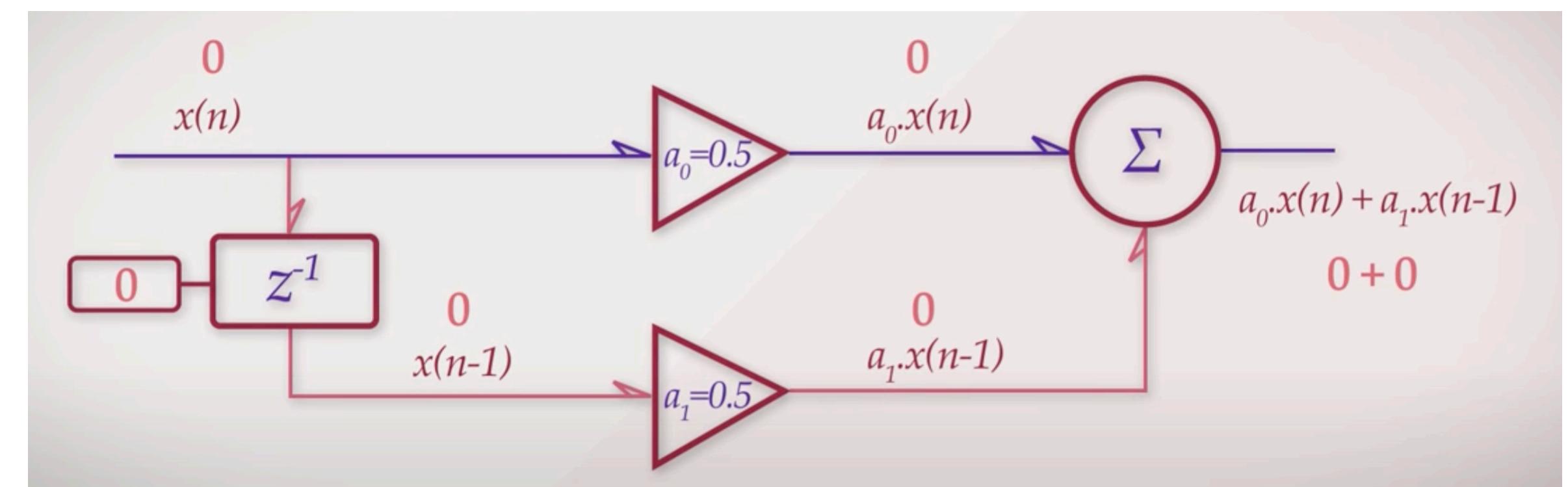
Mối quan hệ giữa đáp ứng tần số và đáp ứng thời gian

- Đáp ứng thời gian là gì:
- Dự đoán đáp ứng tần số của mạch FIR sau:

Thiết kế bộ lọc FIR

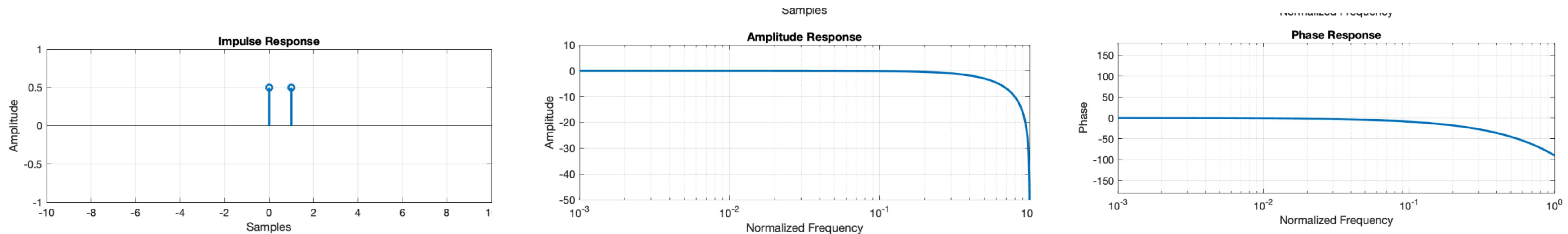
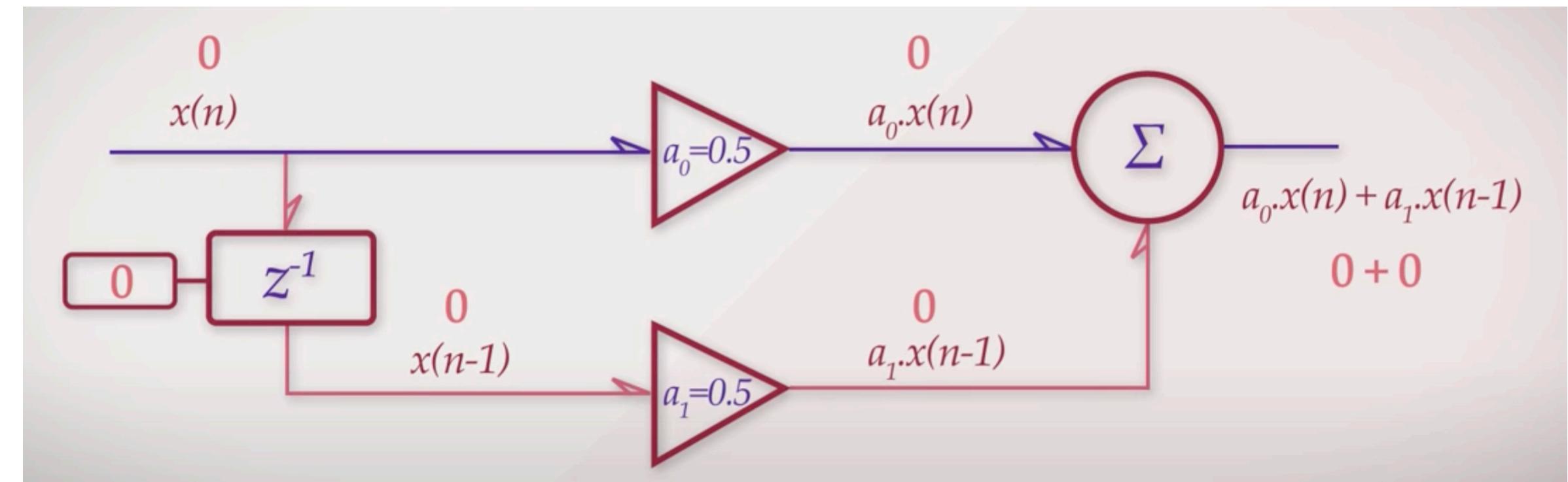
Mối quan hệ giữa đáp ứng tần số và đáp ứng thời gian

- Đáp ứng thời gian của bộ lọc là gì?
 - mô tả cách một bộ lọc phản ứng lại một tín hiệu đầu vào thay đổi theo thời gian
- Đáp ứng **xung** thời gian (impulse response):
 - Ở bộ lọc số, tín hiệu đã được rời rạc hóa nên đáp ứng thời gian của bộ lọc cũng bị rời rạc.



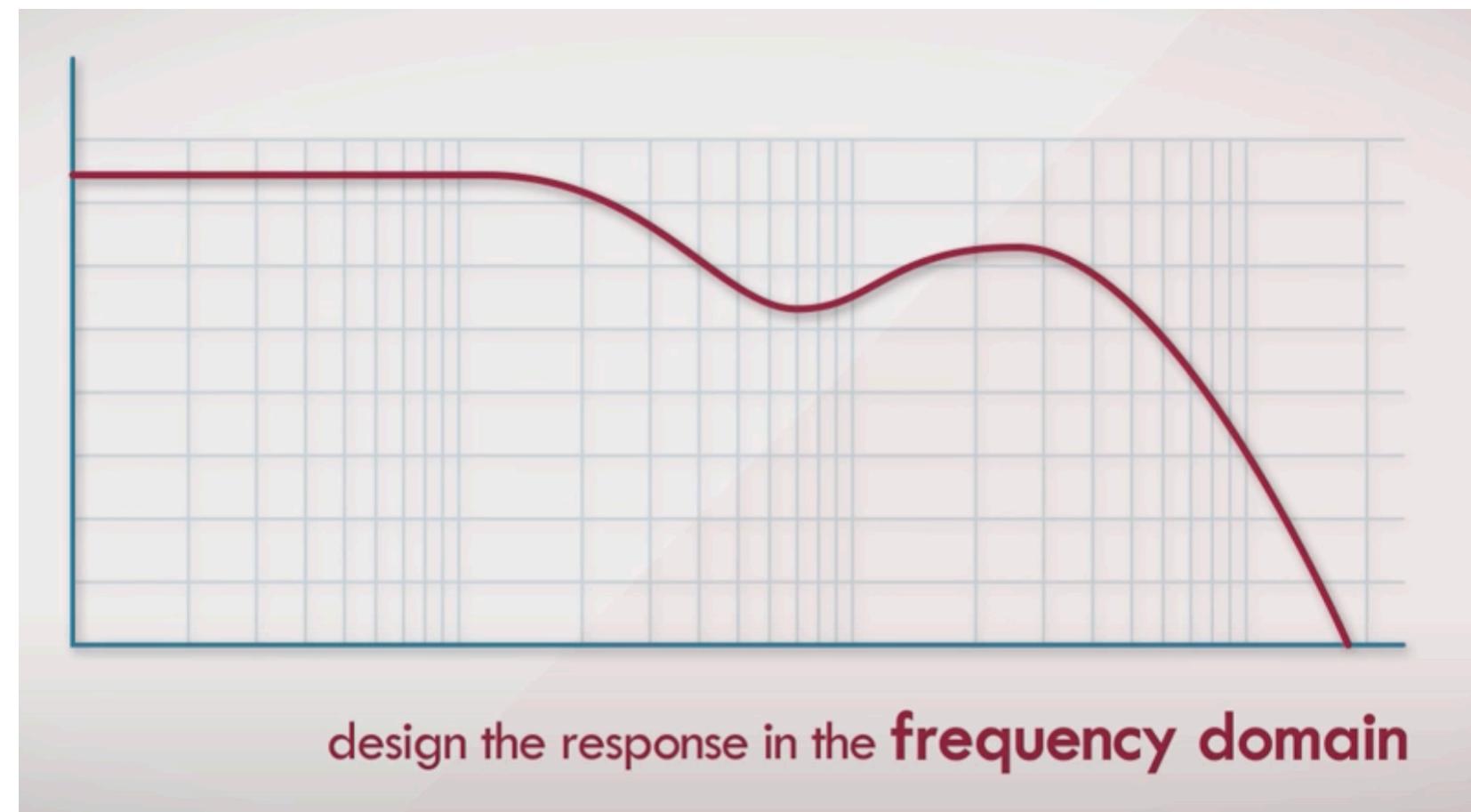
Thiết kế bộ lọc FIR

Mối quan hệ giữa đáp ứng tần số và đáp ứng thời gian

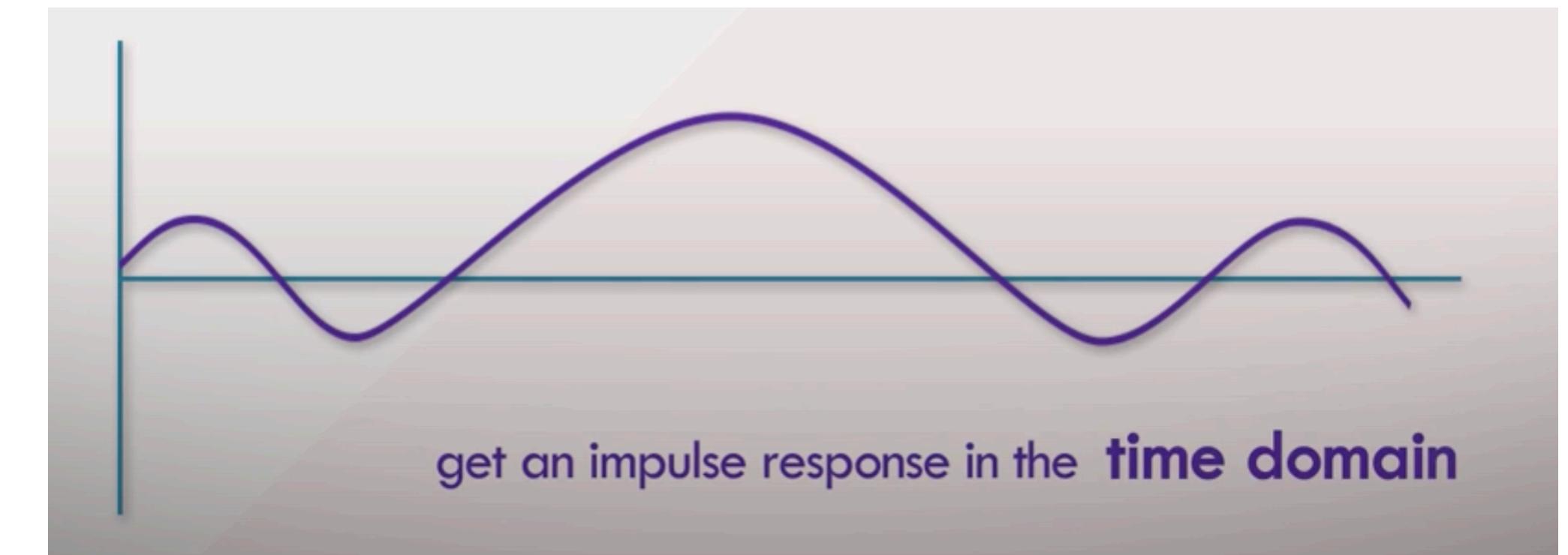
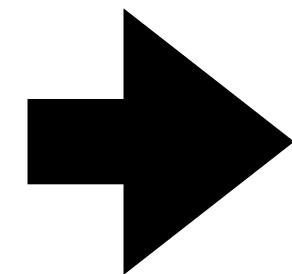


Thiết kế bộ lọc FIR

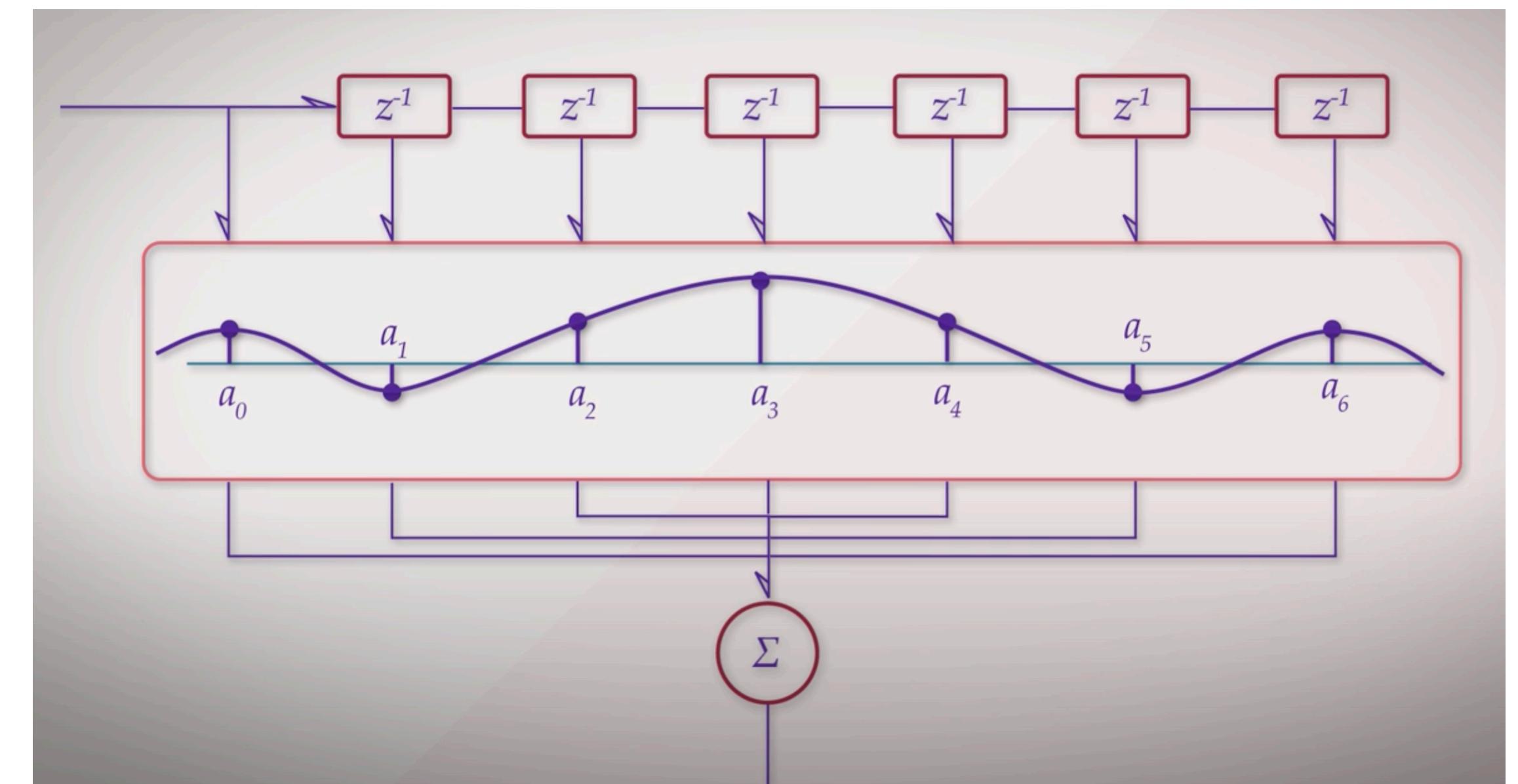
Mối quan hệ giữa đáp ứng tần số và đáp ứng thời gian



Phép FFT nghịch



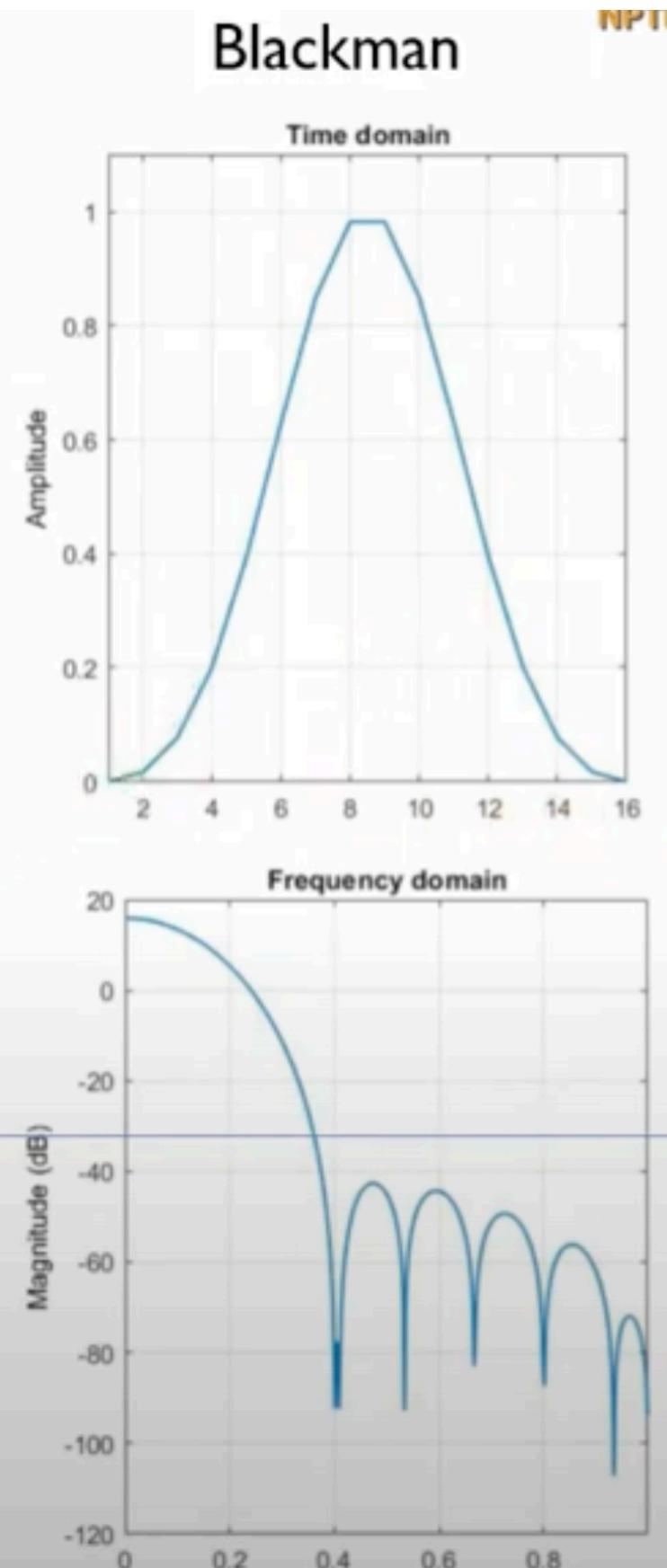
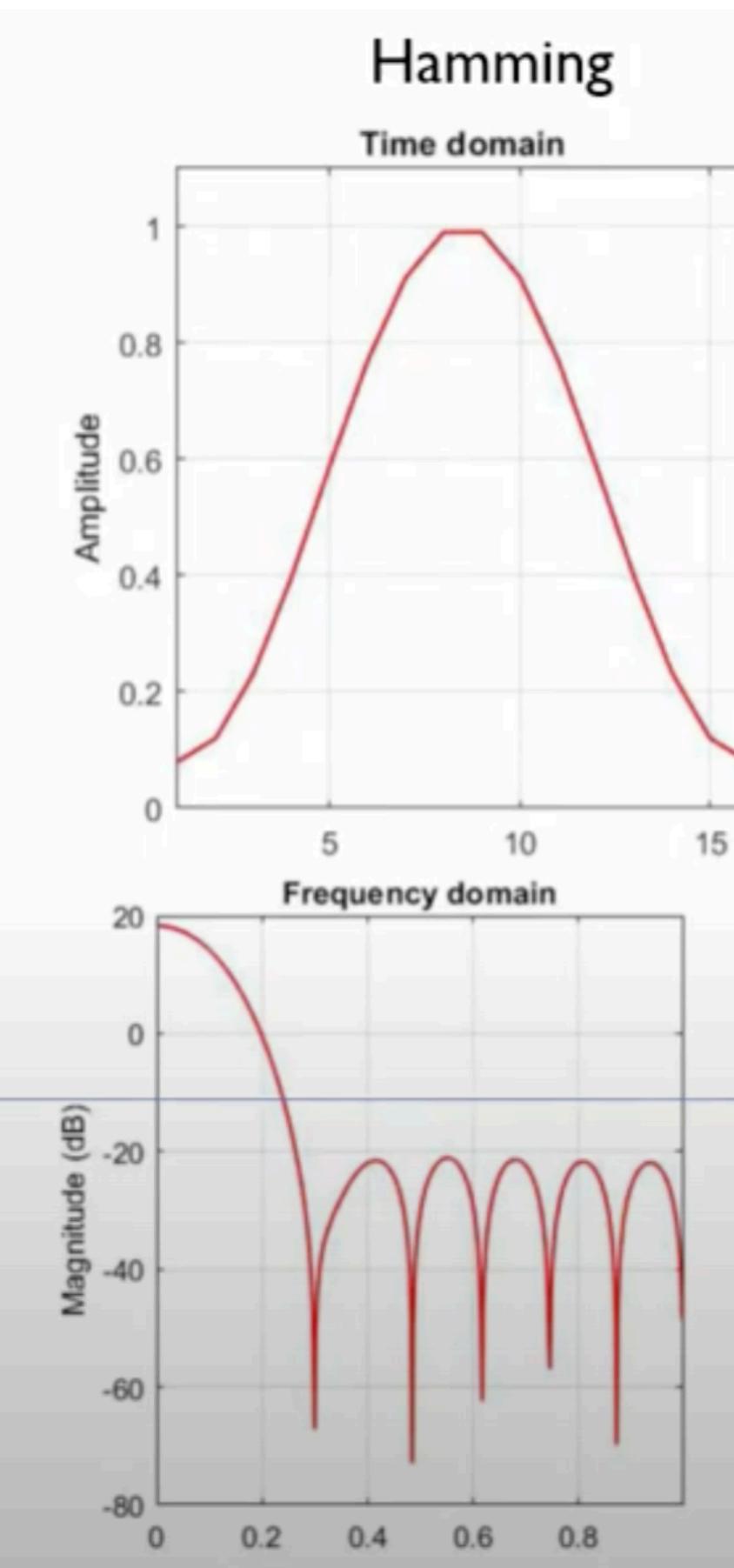
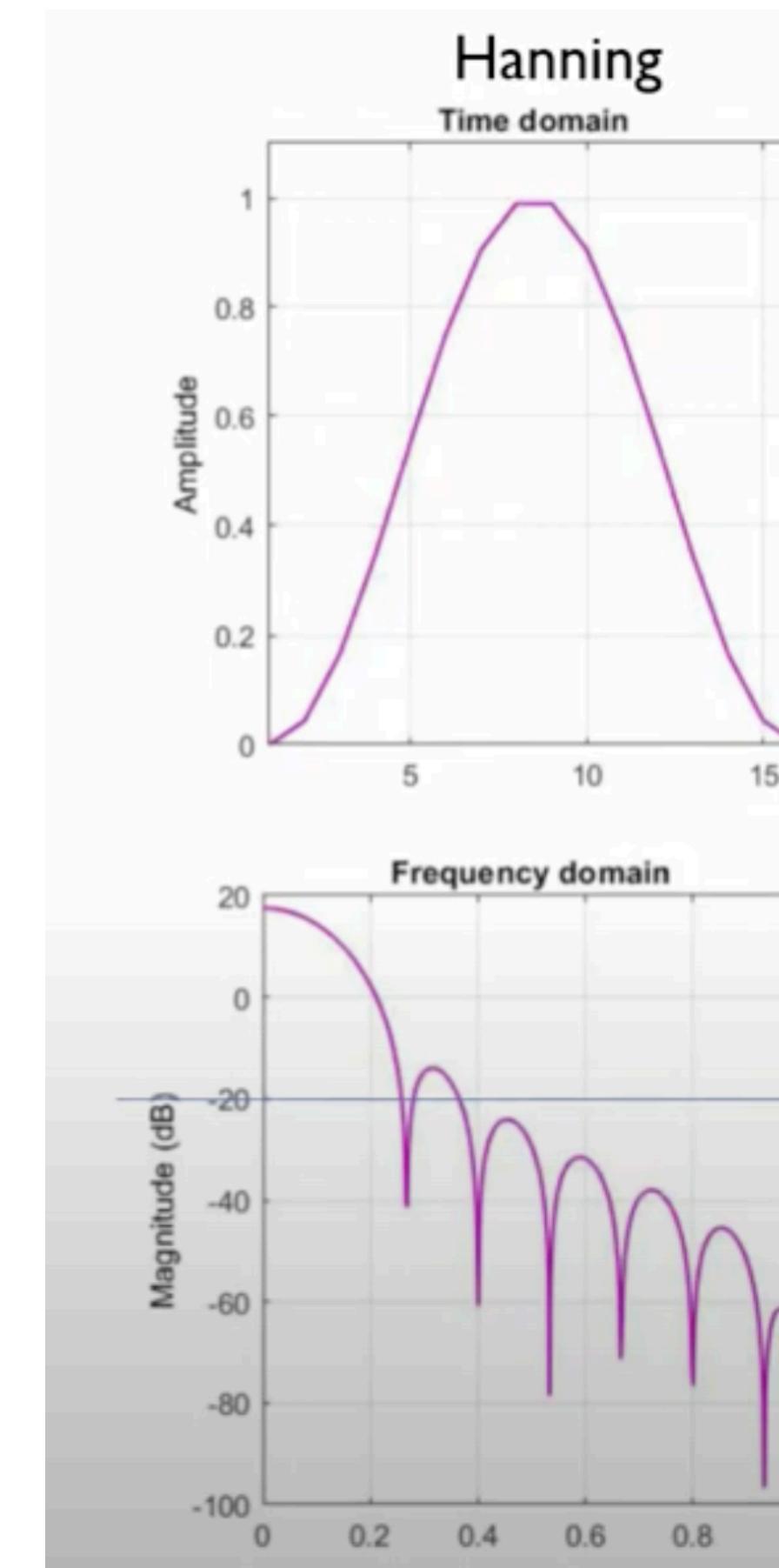
Đáp ứng xung của bộ lọc số



Thiết kế bộ lọc FIR

Phương pháp cửa sổ để thiết kế bộ lọc

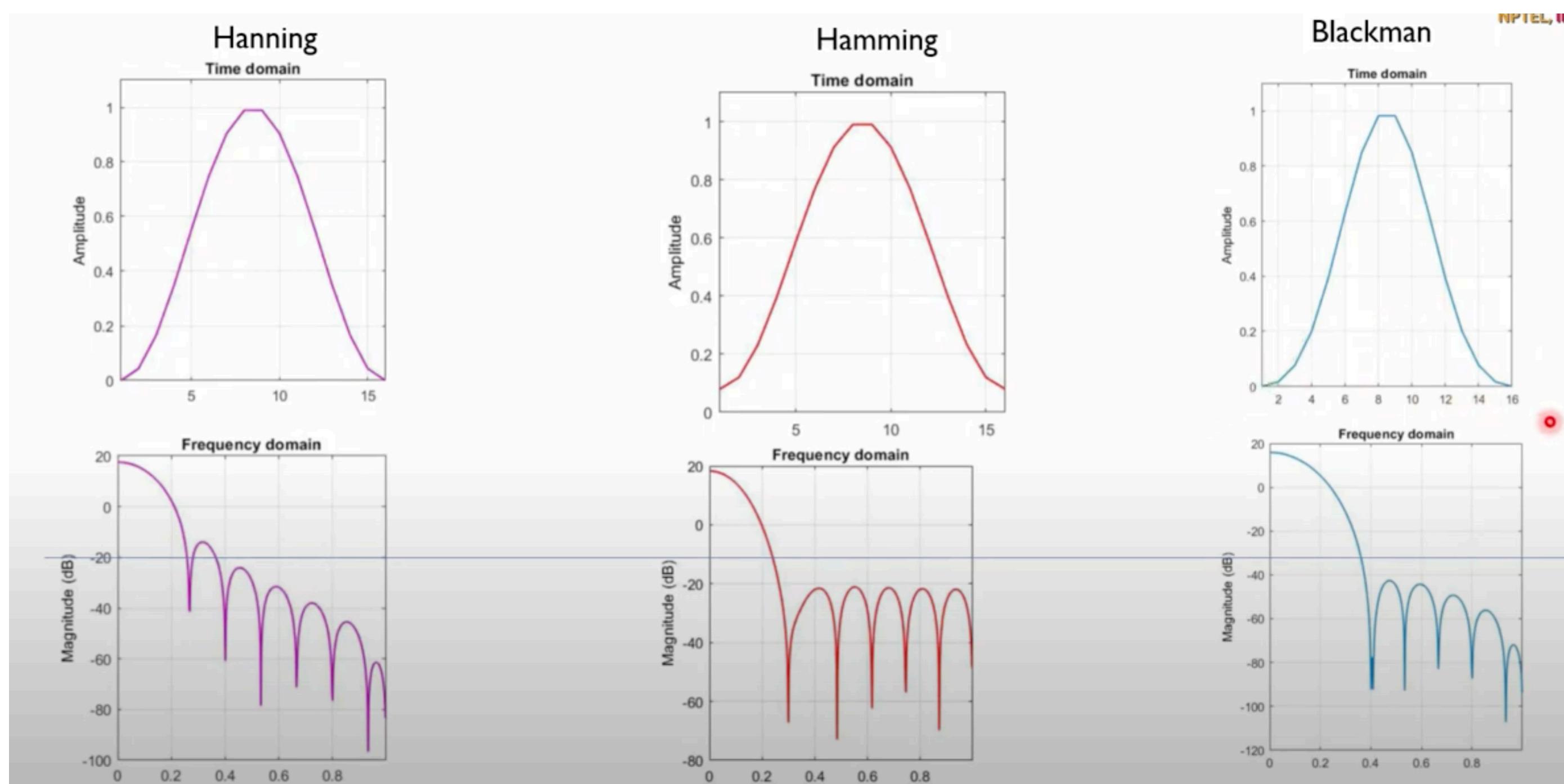
- Cửa sổ Hanning
- Cửa sổ Hamming
- Cửa sổ Blackman
- Cửa sổ Barlett
- Cửa sổ hình chữ nhật



Thiết kế bộ lọc FIR

Phương pháp cửa sổ để thiết kế bộ lọc

Window's Name	Mainlobe	Mainlobe/Sidelobe	Peak $20 \log_{10} \delta$
Rectangular	$4\pi/M$	-13dB	-21dB
Hanning	$8\pi/M$	-32dB	-44dB
Hamming	$8\pi/M$	-43dB	-53dB
Blackman	$12\pi/M$	-58dB	-74dB



Câu hỏi 1: các giá trị ở bảng trên có nghĩa gì?

Câu hỏi 2: hiệu quả của bộ lọc nào tốt hơn.

Window type	Mainlobe width	Peak sidelobe (dB)
Rectangular	$4\pi/M$	-13
Barlett	$8\pi/M$	-25
Hanning	$8\pi/M$	-31
Hamming	$8\pi/M$	-41
Blackman	$12\pi/M$	-57

Thiết kế bộ lọc FIR

Phương pháp cửa sổ để thiết kế bộ lọc

- Đáp ứng xung thời gian của các bộ lọc

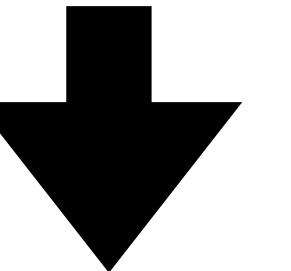
Bước	Mô tả
1. Chọn tần số cắt lý tưởng f_c	Chọn tần số cắt f_c mong muốn cho bộ lọc, thường được chuẩn hóa theo tần số Nyquist ($0 \leq f_c \leq 0.5$).
2. Xác định hàm lý tưởng	Tính đáp ứng xung lý lý tưởng của bộ lọc FIR. Đối với bộ lọc thông thấp, đáp ứng xung lý lý tưởng là hàm sinc: $h_{ideal}[n] = \frac{\sin(2\pi f_c(n - \frac{N-1}{2}))}{\pi(n - \frac{N-1}{2})}$.
3. Chọn và áp dụng cửa sổ	Chọn một loại cửa sổ như Hanning, Hamming, Blackman, Kaiser,... Sau đó, tính cửa sổ tương ứng và nhân với đáp ứng xung lý lý tưởng để thu được đáp ứng xung thực tế: $h[n] = h_{ideal}[n] \cdot w[n]$.
4. Xác định tần số cắt thực tế	Tần số cắt thực tế sẽ gần với f_c nhưng có một dải chuyển tiếp Δf , phụ thuộc vào loại cửa sổ. Độ rộng dải chuyển tiếp Δf có thể được tính gần đúng với các công thức dưới đây:
5. Độ rộng dải chuyển tiếp Δf	Độ rộng Δf phụ thuộc vào loại cửa sổ và độ dài N của bộ lọc. Một số công thức cho Δf cho các cửa sổ phổ biến:

Rectangular	$w(n) = \begin{cases} 1 & 0 \leq n \leq N \\ 0 & \text{else} \end{cases}$
Hanning ¹	$w(n) = \begin{cases} 0.5 - 0.5 \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right) & 0 \leq n \leq N \\ 0 & \text{else} \end{cases}$
Hamming	$w(n) = \begin{cases} 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right) & 0 \leq n \leq N \\ 0 & \text{else} \end{cases}$
Blackman	$w(n) = \begin{cases} 0.42 - 0.5 \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right) + 0.08 \cos\left(\frac{4\pi n}{N}\right) & 0 \leq n \leq N \\ 0 & \text{else} \end{cases}$

Thiết kế bộ lọc FIR

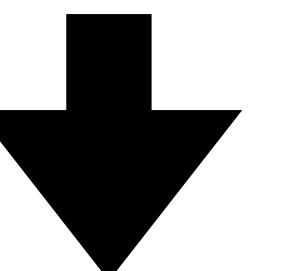
Mối quan hệ giữa đáp ứng xung thời gian và Biến đổi Z

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



Đáp ứng xung
thời gian:

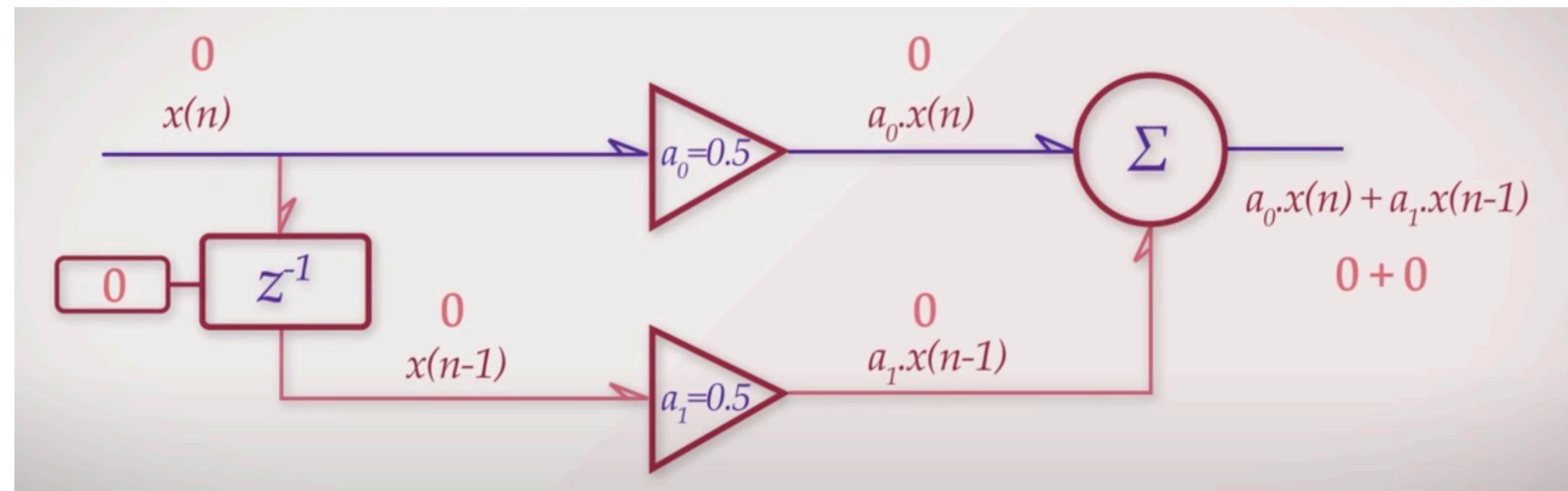
$$h(n) = [h(0), h(1), h(2), \dots, h(M-1)]$$



Đáp ứng miền Z: $H(z) = h[0] + h[1]z^{-1} + h[2]z^{-2} + \dots + h[M-1]z^{-(M-1)}$

Thiết kế bộ lọc FIR

Mối quan hệ giữa đáp ứng xung thời gian và Biến đổi Z



Phương trình $y(n) = a_0x(n) + a_1x(n - 1)$

Đáp ứng xung
thời gian:

$$h(n) = [a_0, a_1]$$

Đáp ứng miền Z: $H(z) = a_0 + a_1z^{-1}$

Quiz và Lab

Quiz và Lab

Nội dung

- Thiết kế bộ lọc theo nguyên lý sử dụng đáp ứng tần số
 - Đáp ứng tần số lý tưởng \rightarrow Đáp ứng xung
 - Đáp ứng tần số với slope cụ thể \rightarrow Đáp ứng xung
- Thiết kế bộ lọc theo phương pháp cửa sổ chữ nhật Hanning, Hamming, Blackman
 - Vẽ lại đáp ứng tần số của tín hiệu
 - Đưa các tín hiệu input để tìm output
 - Sử dụng thư viện có sẵn/ tự viết chương trình bộ lọc