

# BÀI 21

## TỔNG HỢP BỘ LỘC FIR PHA TUYẾN TÍNH SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP CỬA SỎ

Khoa Kỹ thuật máy tính

## ❑ Nội dung bài học

---

1. Thiết kế FIR dùng phương pháp cửa sổ.
2. Một số cửa sổ thường dùng.

## ❏ Mục tiêu bài học

---

Sau khi học xong bài này, các em sẽ nắm được những vấn đề sau:

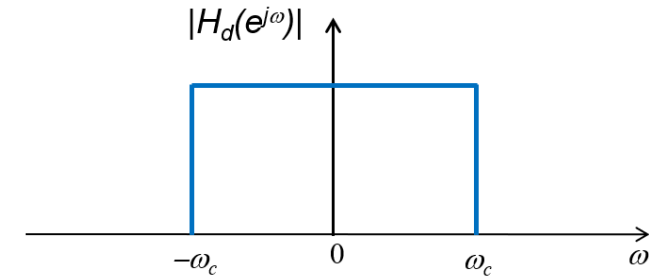
- Phương pháp thiết kế bộ lọc FIR dùng phương pháp cửa sổ.
- Một số loại cửa sổ thường dùng và các thông số kỹ thuật của chúng.

# 1. Thiết kế FIR dùng cửa sổ

- Phương pháp:
  - Chọn bộ lọc lý tưởng thích hợp (Không nhân quả, chiều dài đáp ứng xung vô hạn)
  - Sau đó hạn chế chiều dài đáp ứng xung (bằng cách nhân với hàm cửa sổ) để có bộ lọc FIR nhân quả, pha tuyến tính.

- Đáp ứng tần số của bộ lọc thông thấp lý tưởng:

$$H_d(\omega) = \begin{cases} 1 \cdot e^{-j\alpha\omega}, & |\omega| \leq \omega_c \\ 0, & \omega_c < |\omega| \leq \pi \end{cases}$$

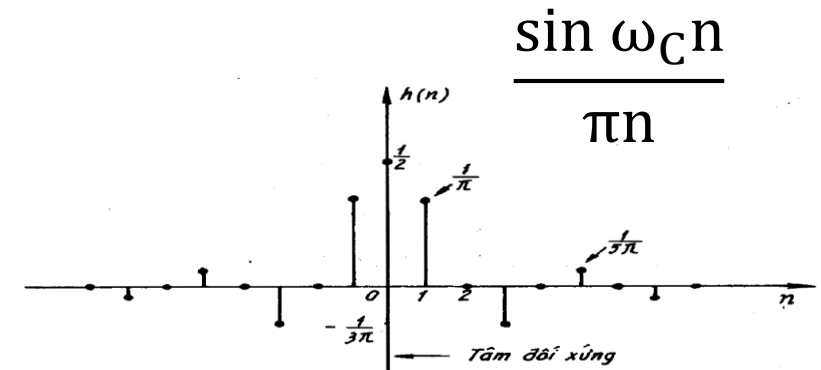


- $\omega_c$ : tần số cắt,  $\alpha$ : độ trễ mẫu ( $e^{-j\alpha\omega}$ : tương ứng với trễ  $\alpha$  mẫu trong miền thời gian)

# Thiết kế FIR dùng cửa sổ

- Đáp ứng xung có chiều dài vô hạn:

$$\begin{aligned}h_d(n) &= F^{-1}\{H_d(e^{j\omega})\} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} H_d(e^{j\omega}) e^{j\omega n} d\omega \\&= \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} 1 \cdot e^{-j\alpha n} \cdot e^{j\omega n} d\omega = \frac{\sin[\omega_c(n - \alpha)]}{\pi(n - \alpha)}\end{aligned}$$



- Để có bộ lọc FIR từ  $h_d(n)$ , cần cắt  $h_d(n)$  cả về hai phía.
- Để có bộ lọc FIR pha tuyến tính, nhân quả, đáp ứng xung  $h(n)$  chiều dài  $M$  ta cần thực hiện:

$$h(n) = \begin{cases} h_d(n), & 0 \leq n \leq M - 1 \\ 0, & n \text{ còn lại} \end{cases}$$

$$\alpha = \frac{M - 1}{2}$$

$$h(n) = h_d(n) \cdot w(n)$$

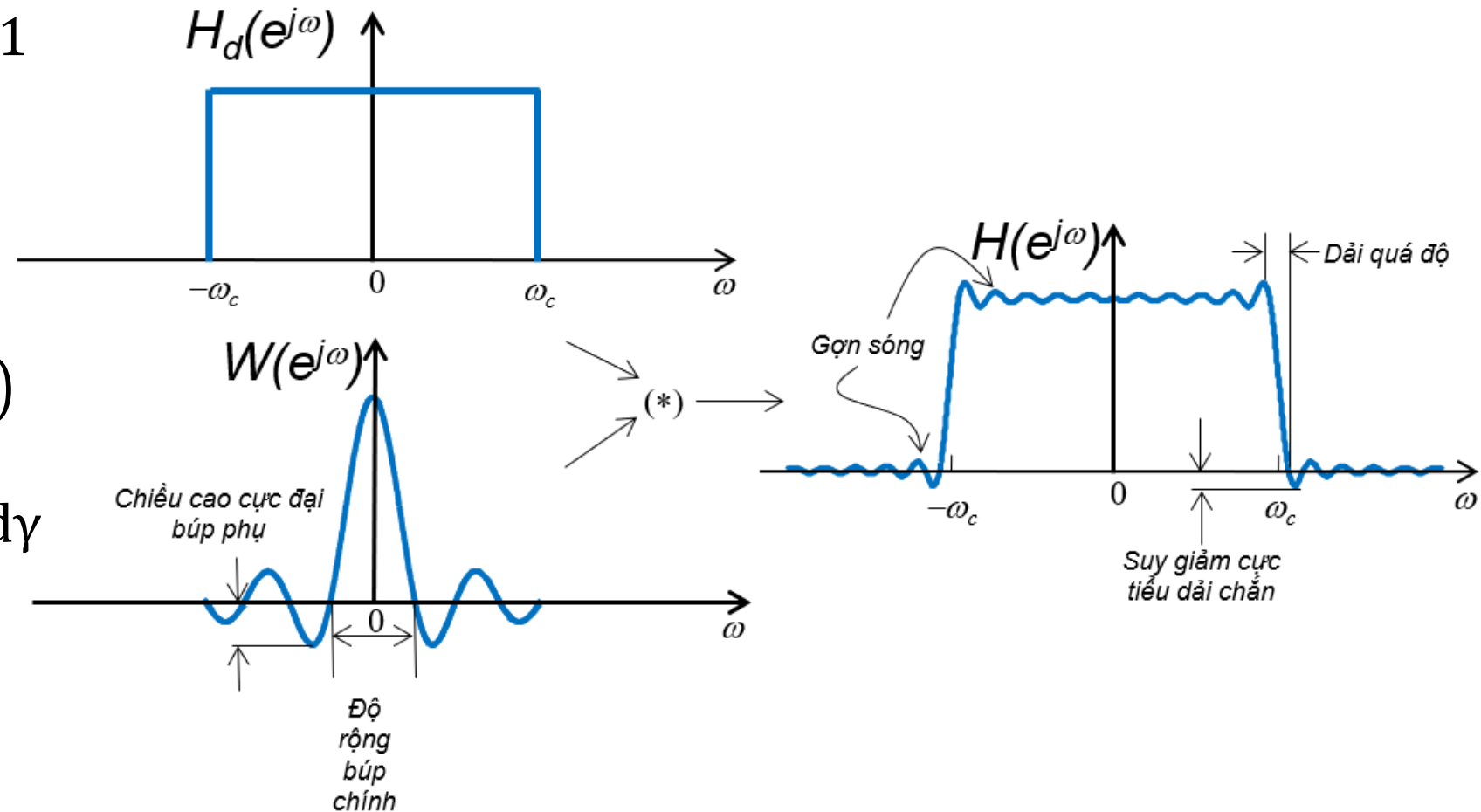
# Thiết kế FIR dùng cửa sổ

- Đây là thao tác nhân với hàm cửa sổ:

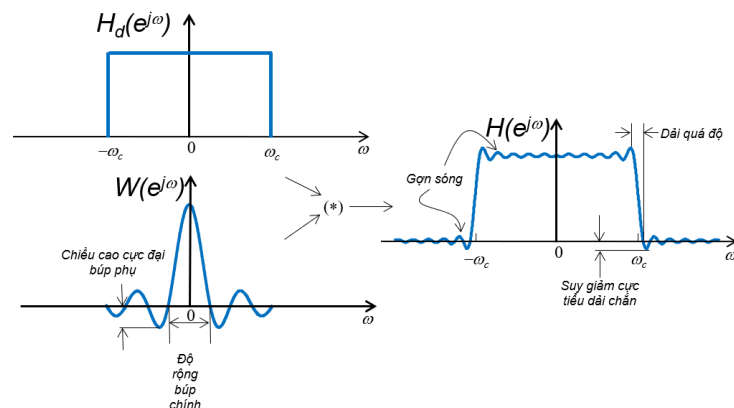
$$w(n) = \begin{cases} 1 & 0 \leq n \leq M-1 \\ 0, & n \text{ còn lại} \end{cases}$$

- Trong miền tần số:

$$\begin{aligned} H(e^{j\omega}) &= H_d(e^{j\omega}) * W(e^{j\omega}) \\ &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} W(e^{j\gamma}) H_d(e^{j(\omega-\gamma)}) d\gamma \end{aligned}$$



# Nhận xét



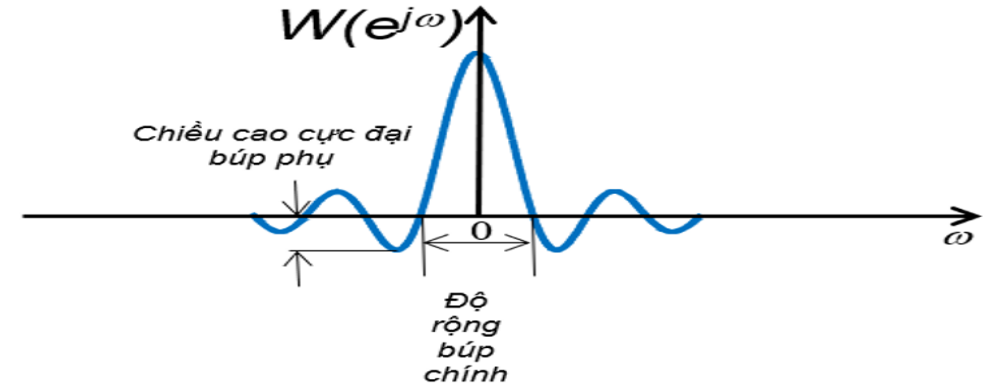
- Cửa sổ chữ nhật có chiều dài hữu hạn  $M$  nên búp sóng chính có bề rộng tỷ lệ với  $\frac{1}{M}$ , các búp phụ có chiều cao nhỏ hơn búp chính.
- Búp sóng chính tạo ra dải quá độ. Bề rộng búp chính quyết định độ rộng dải quá độ.
- Các búp phụ tạo ra các gợn sóng có dạng giống nhau trong dải thông và dải chắn

# Cửa sổ chữ nhật

$$w(n) = \begin{cases} 1, & 0 \leq n \leq M-1 \\ 0, & n \text{ còn lại} \end{cases}$$

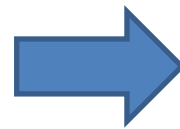
- Đáp ứng tần số và đáp ứng biên độ:

$$W(e^{j\omega}) = \left[ \frac{\sin\left(\frac{\omega M}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\omega}{2}\right)} \right] e^{-j\omega \frac{M-1}{2}} \rightarrow W_r(e^{j\omega}) = \frac{\sin\left(\frac{\omega M}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\omega}{2}\right)}$$



- Đáp ứng biên độ  $W_r(\omega)$  có điểm không đầu tiên tại  $\omega = \omega_1$ :

$$\frac{\omega_1 M}{2} = \pi \rightarrow \omega_1 = \frac{2\pi}{M}$$



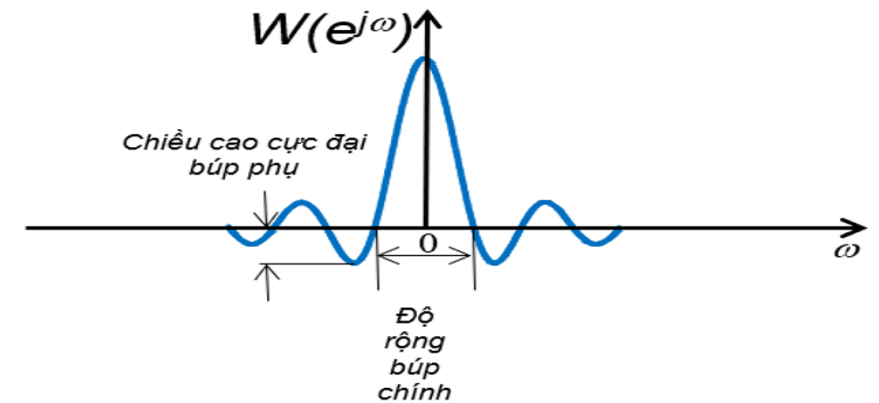
$$\text{Bề rộng búp chính } \Delta\Omega \\ 2\omega_1 = 4\pi/M$$



# Cửa sổ chữ nhật

- Biên độ của búp phụ đầu tiên tại  $\omega = 3\pi/M$  nên

$$|W_r(\omega = 3\pi/M)| = \left| \frac{\sin\left(\frac{3\pi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{3\pi}{2M}\right)} \right| \approx \frac{2M}{3\pi}, \quad M \gg 1$$



- Tỷ số biên độ đỉnh thứ cấp đầu tiên và đỉnh trung tâm (dB):

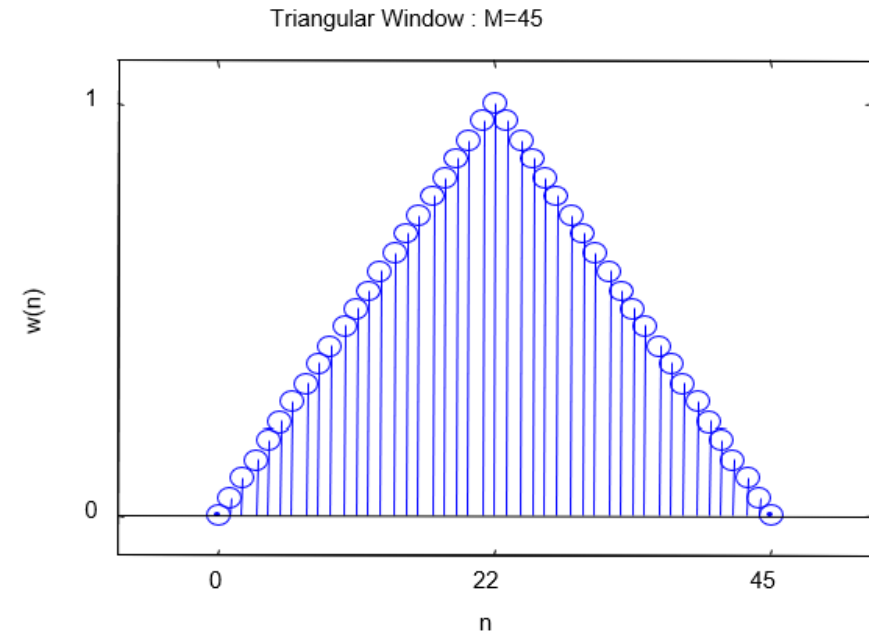
$$\lambda_R = 20 \cdot \log_{10} \frac{2M/3\pi}{M} \approx -13dB$$

- Các thông số kỹ thuật của cửa sổ chữ nhật:  **$\Delta\Omega = 4\pi / M$ ,  $\lambda_R = -13dB$**

## 2. Một số cửa sổ thường dùng

- Cửa sổ Bartlett (tam giác):

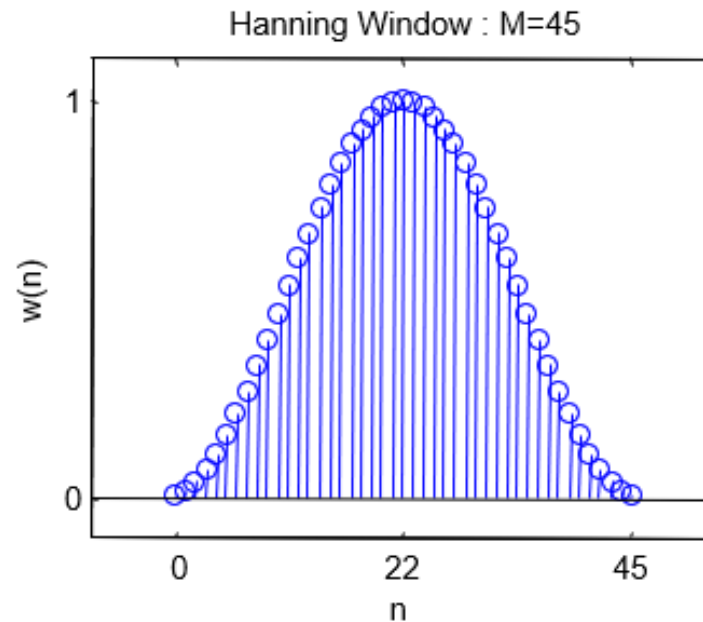
$$w(n) = \begin{cases} \frac{2n}{M-1}, & 0 \leq n \leq \frac{M-1}{2} \\ 2 - \frac{2n}{M-1}, & \frac{M-1}{2} \leq n \leq M-1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$



# Một số cửa sổ thường dùng

- Cửa sổ Hanning:

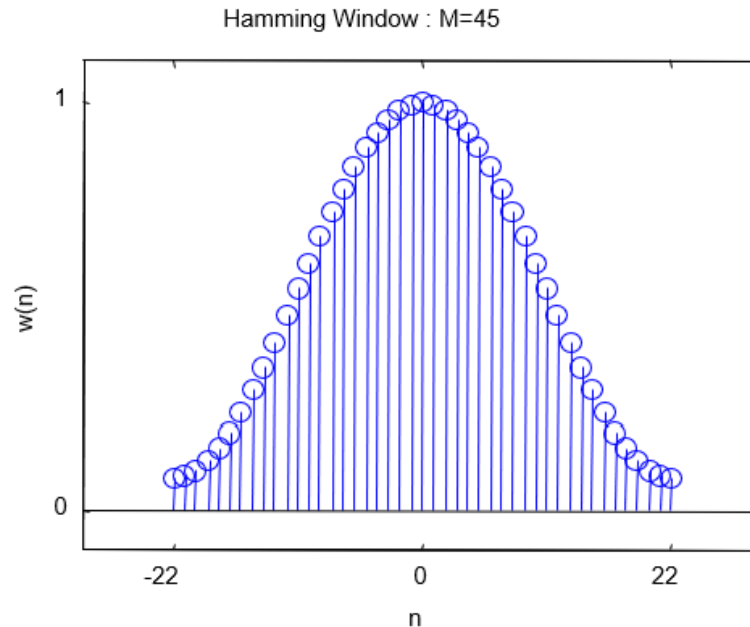
$$w(n) = \begin{cases} 0,5 \left[ 1 - \cos \left( \frac{2\pi n}{M-1} \right) \right], & 0 \leq n \leq M-1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$



# Một số cửa sổ thường dùng

- Cửa sổ Hamming:

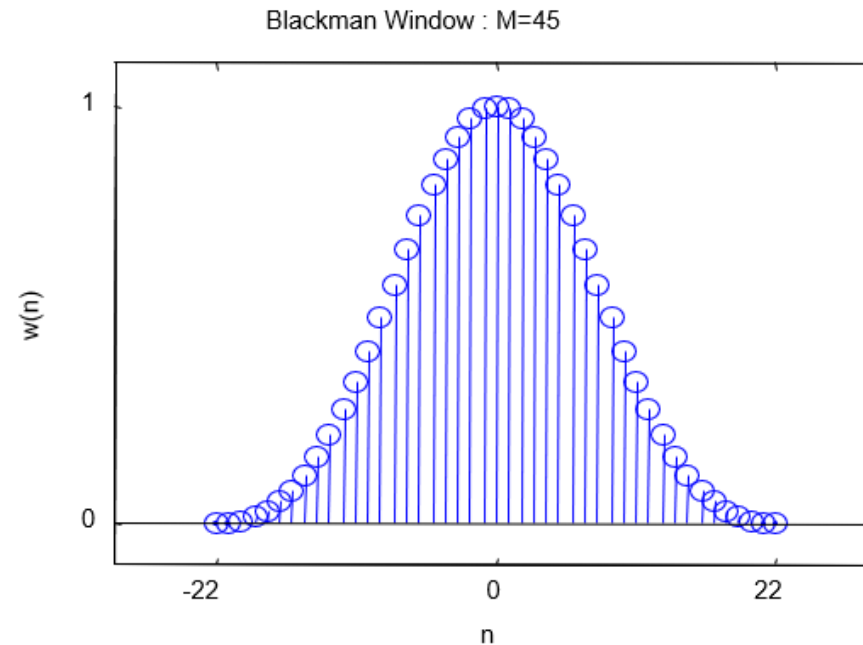
$$w(n) = \begin{cases} 0,54 - 0,46\cos\left(\frac{2\pi n}{M-1}\right), & 0 \leq n \leq M-1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$



# Một số cửa sổ thường dùng

- Cửa sổ Blackman:

$$w(n) = \begin{cases} 0,42 - 0,5\cos\left(\frac{2\pi n}{M-1}\right) + 0,08\left(\frac{4\pi n}{M-1}\right), & 0 \leq n \leq M-1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$



# Thông số kỹ thuật của các cửa sổ

Loại cửa sổ	Bề rộng của búp sóng chính $\Delta\Omega$	Tỷ số biên độ đỉnh thứ cấp đầu tiên và đỉnh trung tâm $\lambda_R$
Cửa sổ chữ nhật	$4\pi/M$	-13 dB
Cửa sổ tam giác	$8\pi/M$	-26 dB
Cửa sổ Hanning	$8\pi/M$	-32 dB
Cửa sổ Hamming	$8\pi/M$	-43 dB
Cửa sổ Blackman	$12\pi/M$	-57dB

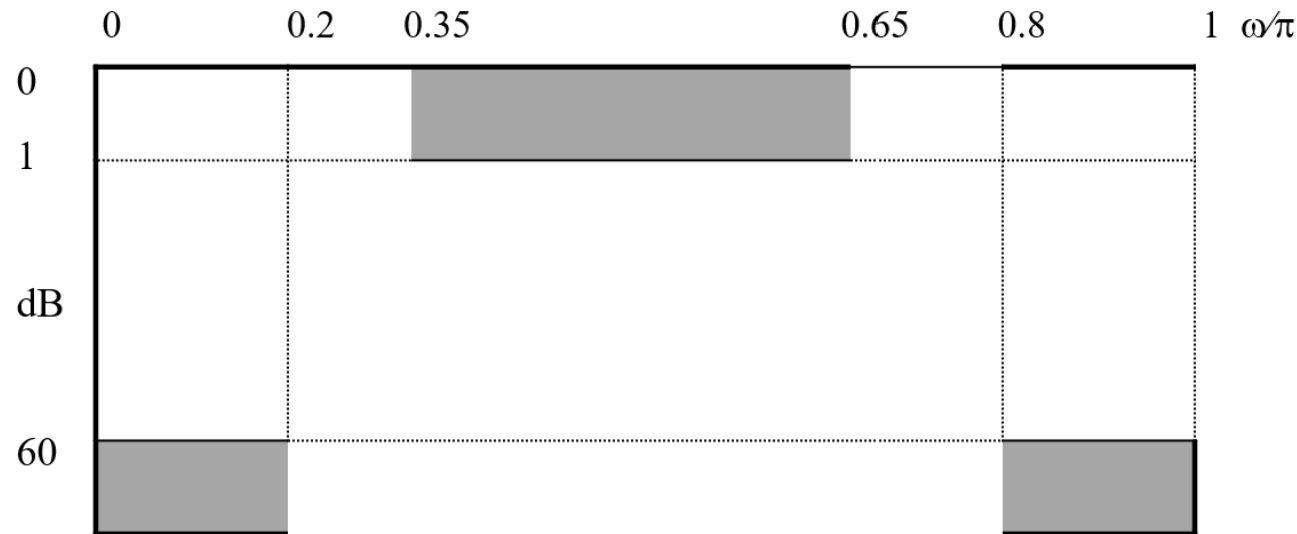
## 4. Tổng kết

- Thiết kế các bộ lọc số FIR bằng phương pháp cửa sổ từ bộ lọc số lý tưởng
- Mỗi cửa sổ được đặc trưng bởi hai tham số : bề rộng của búp sóng chính  $\Delta\Omega$  và tỷ số biên độ đỉnh thứ cấp đầu tiên và đỉnh trung tâm  $\lambda_R$
- Trong số các loại cửa sổ, cửa sổ chữ nhật tuy đơn giản nhất nhưng lại chất lượng kém nhất về độ suy giảm trong dải chắn

# 5. Bài tập

- Bài tập 1

- ❑ Thiết kế bộ lọc thông dải có các tham số:
- ❑ Tần số cắt dưới:  $\omega_{1s}=0,2\pi$ ,  $A_s=60\text{dB}$ . Tần số thông dưới:  $\omega_{1p}=0,35\pi$ ,  $R_p=1\text{dB}$
- ❑ Tần số thông trên:  $\omega_{2p}=0,65\pi$ ,  $R_p=1\text{dB}$ . Tần số cắt trên:  $\omega_{2s}=0,8\pi$ ,  $A_s=60\text{dB}$





# 5. Bài tập

- Bài tập 2

□ Thiết kế bộ lọc thông thấp FIR có các tham số sau:

$$\omega_p = 0.2\pi, R_p = 0.25 \text{ dB}, \omega_s = 0.3\pi, A_s = 50 \text{ dB}$$

# *Bài học tiếp theo. BÀI* 22

## **BỘ LỌC SỐ IIR**

### ***Tài liệu tham khảo:***

- ***Nguyễn Quốc Trung (2008), Xử lý tín hiệu và lọc số, Tập 1, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Chương 1 Tín hiệu và hệ thống rời rạc.***
- ***J.G. Proakis, D.G. Manolakis (2007), Digital Signal Processing, Principles, Algorithms, and Applications, 4<sup>th</sup> Ed, Prentice Hall, Chapter 1 Introduction.***



TRƯỜNG CÔNG NGHỆ THÔNG  
TIN VÀ TRUYỀN THÔNG

*Chúc các bạn học tốt!*