

- Exam duration: 120 minutes.
- Students are allowed to bring to the exam any materials, except from laptops and phones.

- Thời gian làm bài: 120 phút.
- Sinh viên được mang tài liệu vào phòng thi, trừ laptop và điện thoại.

1. [2 marks]

- (i) The time and frequency responses of 4 filters are shown in Fig. 1. Compare and explain the quality of the filters in (a) and (b), in (c) and (d).
- (ii) Give an interpretation of the group delay and give remark on the group delay of a causal FIR filter.

2. [3 marks] A LTI system is given in Fig. 2.

- (i) Determine the transfer function.
- (ii) Determine the impulse response.
- (iii) Determine the direct form II structure of the system.

3. [2 marks] Design an IIR digital lowpass Butterworth filter, using the bilinear transformation, given that: attenuation at the passband cutoff frequency of 3 KHz is at most 3 dB, attenuation at the stopband cutoff frequency of 6.4 KHz is at least 35 dB, the sampling frequency is 20 KHz.

4. [3 marks] An FIR filter of type I has the following specifications:

$$|H_{id}|(\omega) = \begin{cases} 0, & |\omega| < 0, 3\pi, \\ 1, & \text{otherwise,} \end{cases}$$

passband ripple of at most 0.5 dB, stopband ripple of at least 45 dB, and transition band of 0.18π rads/sample.

- (i) Determine the impulse response.
- (ii) Determine the system function.
- (iii) Determine the magnitude and phase responses.

1. [2 điểm]

- (i) Đáp ứng thời gian và tần số của 4 bộ lọc số được cho trên hình 1. Hãy so sánh chất lượng của các bộ lọc (a) và (b), (c) và (d), và giải thích lý do.
- (ii) Hãy diễn giải ý nghĩa của trễ nhóm và nhận xét về trễ nhóm của một bộ lọc FIR nhân quả.

2. [3 điểm] Cho hệ LTI như hình 2.

- (i) Xác định hàm truyền của hệ thống.
- (ii) Xác định đáp ứng xung của hệ thống.
- (iii) Xác định cấu trúc trực tiếp II của hệ thống.

3. [2 điểm] Sử dụng phương pháp biến đổi song tuyến tính để thiết kế một bộ lọc số thông thấp IIR dạng Butterworth với các đặc tả sau: tại tần số cắt dải thông 3 KHz có độ suy hao tối đa là 3 dB; tại tần số cắt dải triệt 6,4 KHz có độ suy hao tối thiểu là 35 dB; tần số lấy mẫu là 20 KHz.

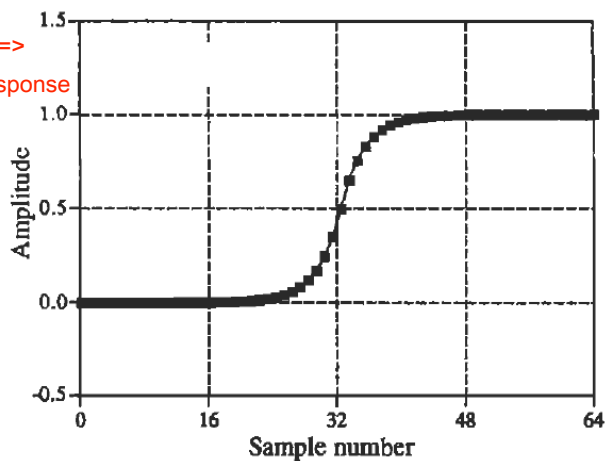
4. [3 điểm] Cho bộ lọc FIR loại I có đặc tả sau:

$$|H_{id}|(\omega) = \begin{cases} 0, & |\omega| < 0, 3\pi, \\ 1, & \text{khác,} \end{cases}$$

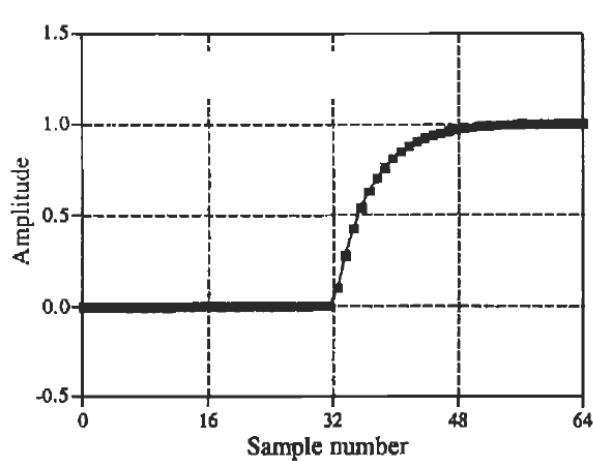
độ gợn sóng dải thông là 0,5 dB, độ gợn sóng dải triệt ít nhất là 45 dB, độ rộng dải chuyển tiếp $0,18\pi$ rads/sample.

- (i) Xác định đáp ứng xung.
- (ii) Xác định hàm truyền.
- (iii) Tính đáp ứng biên độ và đáp ứng pha.

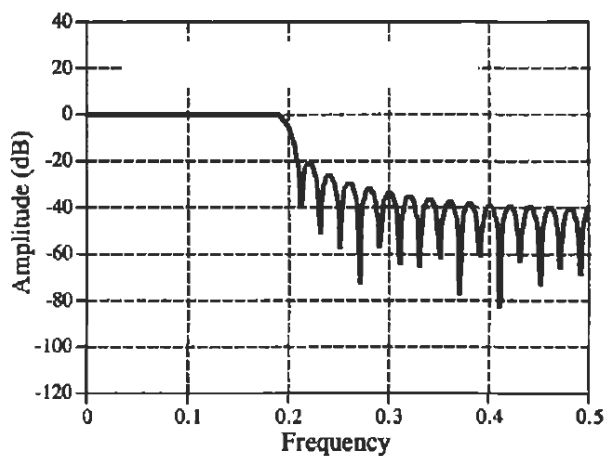
$u(n) \Rightarrow \text{FIR} \Rightarrow$
 step response



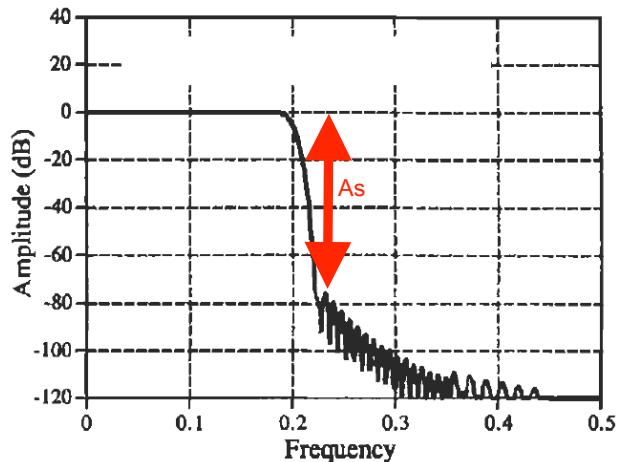
(a)



(b)

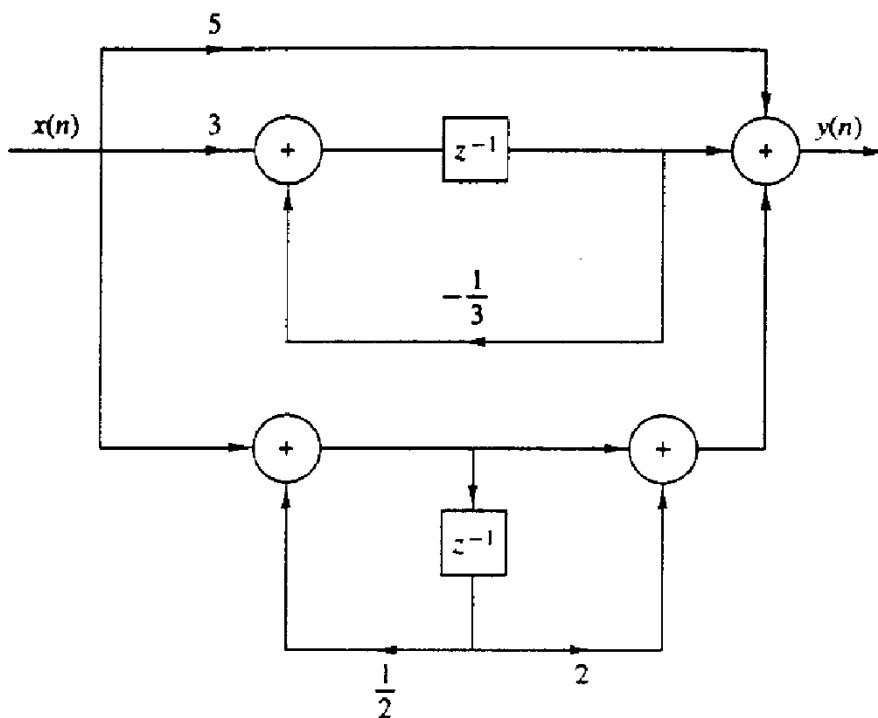


(c)

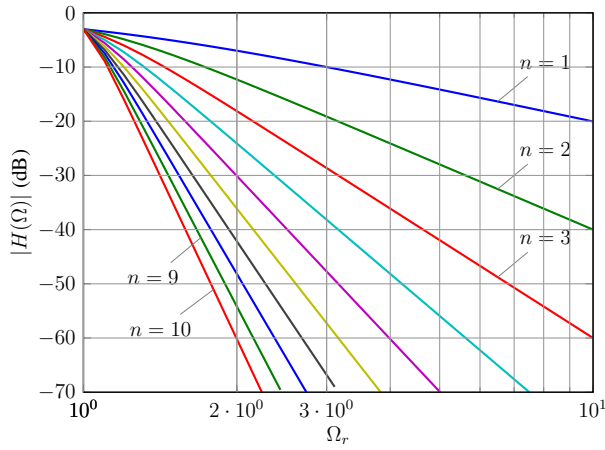


(d)

Hình 1:



Hình 2:



Hình 3: Butterworth filter with n poles | Bộ lọc Butterworth với n nghiệm cực

n	$1/H(s)$	Cửa sổ	A_p (dB)	A_s (dB)	$\delta_p = \delta_s$	C
1	$s + 1$	Chữ nhật	0,742	21	0,0819	0,60
2	$s^2 + 1.4142s + 1$	Hanning	0,055	44	0,0063	3,21
3	$(s + 1)(s^2 + s + 1)$	Hamming	0,019	53	0,0022	3,47
4	$(s^2 + 0.7654s + 1)(s^2 + 1.8478s + 1)$	Blackman	0,0015	75,3	0,00017	5,71
5	$(s + 1)(s^2 + 0.6180s + 1)(s^2 + 1.6180s + 1)$					
6	$(s^2 + 0.5176s + 1)(s^2 + 1.4142s + 1)(s^2 + 1.9319s + 1)$					

(a) Butterworth polynomial | Đa thức Butterworth

(b) Some FIR design parameters | Một số thông số thiết kế FIR

Hình 4:

Tên cửa sổ	$w_0(n), -(L-1)/2 \leq n \leq (L-1)/2$	$w(n) = w_0\left(n - \frac{L-1}{2}\right), 0 \leq n \leq L-1$
Chữ nhật	1	1
Tam giác	$1 - \frac{2 n }{L-1}$	$\begin{cases} \frac{2n}{L-1}, & \text{với } 0 \leq n \leq \frac{L-1}{2} \\ 2 - \frac{2n}{L-1}, & \text{với } \frac{L-1}{2} < n \leq (L-1) \end{cases}$
Cosine	$\cos\left(\frac{\pi n}{L-1}\right)$	$\cos\left(\frac{\pi n}{L-1} - \frac{\pi}{2}\right)$
Reimann	$\text{sinc}^L\left(\frac{2n}{L-1}\right)$	$\text{sinc}^L\left(\frac{2n}{L-1} - 1\right)$
Hanning	$0,5 + 0,5 \cos\left(\frac{2\pi n}{L-1}\right)$	$0,5 - 0,5 \cos\left(\frac{2\pi n}{L-1}\right)$
Hamming	$0,54 + 0,46 \cos\left(\frac{2\pi n}{L-1}\right)$	$0,54 - 0,46 \cos\left(\frac{2\pi n}{L-1}\right)$
Blackman	$0,42 + 0,5 \cos\left(\frac{2\pi n}{L-1}\right) + 0,08 \cos\left(\frac{4\pi n}{L-1}\right)$	$0,42 - 0,5 \cos\left(\frac{2\pi n}{L-1}\right) + 0,08 \cos\left(\frac{4\pi n}{L-1}\right)$
Kaiser	$\frac{I_0\left(\beta \sqrt{1 - \left(\frac{2n}{L-1}\right)^2}\right)}{I_0(\beta)}$	$\frac{I_0\left(\beta \sqrt{1 - \left(\frac{2n}{L-1} - 1\right)^2}\right)}{I_0(\beta)}$

Hình 5: Window functions || Hàm cửa sổ