

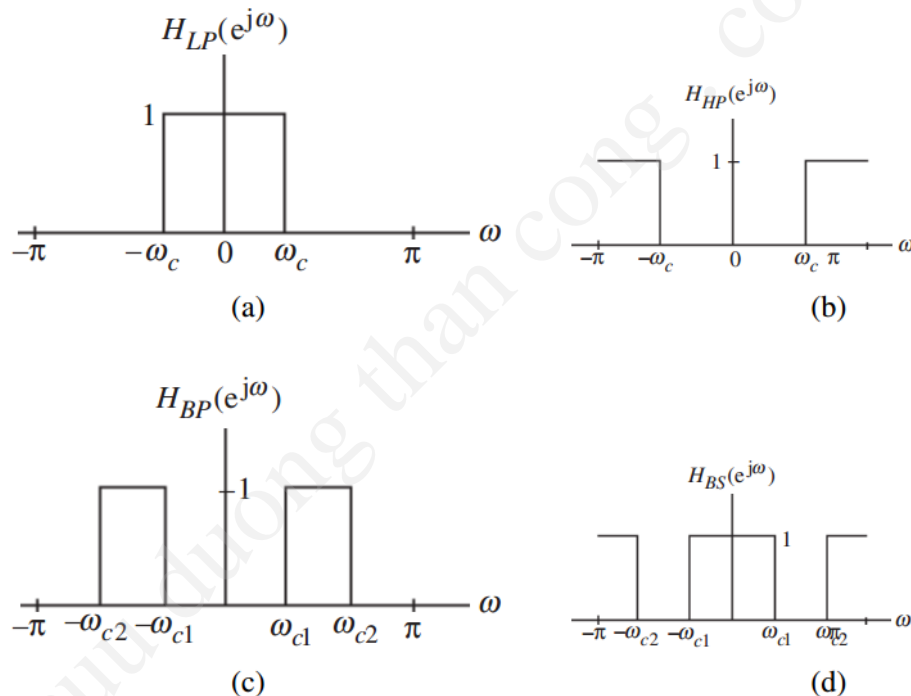
BÀI 3B: THIẾT KẾ LỌC SỐ

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

A. Lọc FIR

1. Lọc lý tưởng

Đáp ứng tần số của bốn loại lọc lý tưởng được cho như trên hình 1. Đáp ứng xung của bốn lọc này được tìm bằng cách lấy biến đổi IDTFT của đáp ứng tần số của chúng. Phương trình của bốn đáp ứng xung được thể hiện ở phương trình 1 – 4. Cả 4 đáp ứng xung này đều kéo dài vô hạn.



Hình 1: Đáp ứng tần số của lọc lý tưởng (a) Thấp qua (b) Cao qua (c) Dải qua (d) Dải chặn

Đáp ứng xung của lọc lý tưởng:

Thấp qua: $h[n] = \frac{\Omega_c}{\pi} \text{sinc}(n\Omega_c)$ (1)

Cao qua: $h[n] = \delta[n] - \frac{\sin n\Omega_c}{n\pi}$ (2)

Dải qua: $h[n] = \frac{\sin n\Omega_{c2} - \sin n\Omega_{c1}}{n\pi}$ (3)

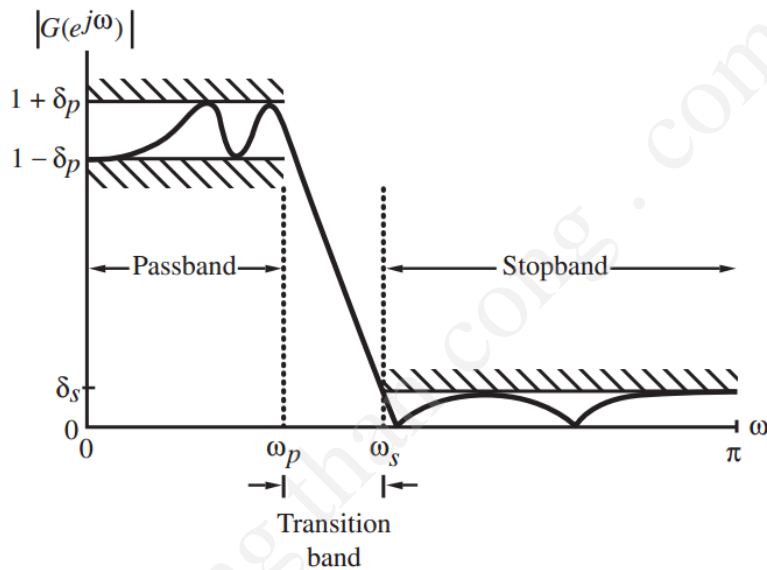
Dải chặn: $h[n] = \delta[n] - \frac{\sin n\Omega_{c2} - \sin n\Omega_{c1}}{n\pi}$ (4)

2. Phương pháp thiết kế cửa sổ

Đáp ứng xung lý tưởng của lọc được nhân với một “tín hiệu” cửa sổ để tạo thành đáp ứng xung mới:

$$h_t[n] = h[n] \cdot w[n]$$

Đáp ứng xung mới này hữu hạn thời gian nên có thể dễ dàng triển khai. Tuy nhiên đáp ứng tần số của đáp ứng xung mới sẽ khác với đáp ứng tần số lý tưởng. Ví dụ như bộ lọc thấp qua minh họa trên Hình 2. Lọc sẽ có độ rộng chuyển tiếp, trong dải thông và dải chặn xuất hiện các dợn sóng.



Hình 2: Đáp ứng tần số của lọc thấp qua không lý tưởng

Các loại của sổ thường dùng là:

Chữ nhật: $w[n] = 1$ $0 \leq n \leq M$

Tam giác: $w[n] = 2n/M,$ $0 \leq n \leq M/2$

$2 - 2n/M,$ $M/2 \leq n \leq M$

Hann: $w[n] = 0.5 - 0.5\cos(2\pi n/M),$ $0 \leq n \leq M$

Hamming: $w[n] = 0.54 - 0.46\cos(2\pi n/M),$ $0 \leq n \leq M$

Blackman: $w[n] = 0.42 - 0.5\cos(2\pi n/M) + 0.08\cos(4\pi n/M),$ $0 \leq n \leq M$

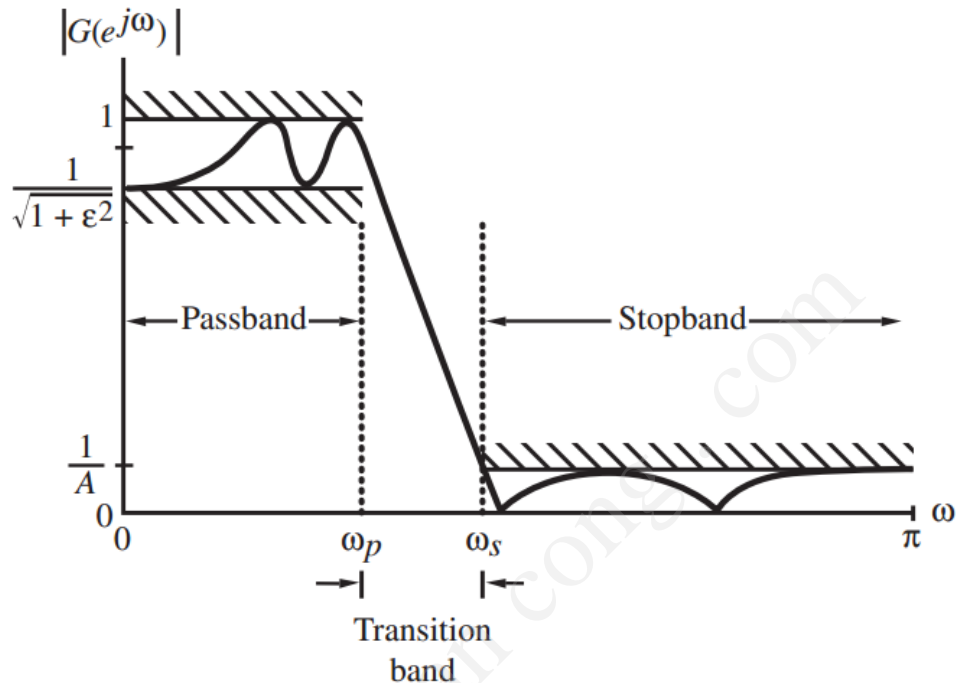
Kaiser: $w[n] = \frac{I_0(\beta\sqrt{1-(n/N)^2})}{I_0(\beta)}$ $0 \leq n \leq M$

Trong đó $I_0(x)$ là hàm Bessel cải đối loại nhất bậc không.

B. Lọc IIR

1. Các thông số dùng trong thiết kế lọc

Thông thường, các yêu cầu thiết kế lọc được miêu tả bởi các thông số trong Hình 3.



Hình 3: Các thông số thiết kế lọc

Từ các thông số này, người ta định nghĩa:

- Dải thông là khoảng tần số $0 \leq \omega \leq \omega_p$
- Dải chặn là khoảng tần số $\omega_s \leq \omega \leq \pi$
- Độ rộng chuyển tiếp $\Delta = \omega_s - \omega_p$
- Độ dợn sóng dải thông đỉnh (theo dB): $R_p = 20 \log_{10} \sqrt{1 + \epsilon^2}$
- Độ suy hao dải chặn nhỏ nhất (theo dB): $R_s = 20 \log_{10} A$

2. Phương pháp thiết kế: Phương pháp biến đổi lưỡng tuyến

Phương pháp biến đổi lưỡng tuyến ánh xạ các điểm từ mặt phẳng s đến mặt phẳng z : trục tần số tương tự $j\omega$ đến chu vi vòng tròn đơn vị và ánh xạ nửa mặt phẳng trái đến bên trong vòng tròn đơn vị. Do tất cả các phương pháp thiết kế tương tự đều cho lọc ổn định và nhân quả nên ánh xạ như trên cũng sẽ cho lọc số ổn định và nhân quả.

Ánh xạ từ mặt phẳng s qua mặt phẳng z :

$$s = \frac{2}{T} \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}} \quad (5)$$

Ánh xạ ngược lại là:

$$z = \frac{2+sT}{2-sT} \quad (6)$$

Liên hệ giữa hàm chuyển số và hàm chuyển tương tự:

$$H(z) = [H_a(s)]_{s=\frac{2(1-z^{-1})}{T(1+z^{-1})}} \quad (7)$$

PHỤ LỤC

CÁC CÂU LỆNH MATLAB ĐƯỢC SỬ DỤNG TRONG BÀI THỰC HÀNH

Phép toán

Lệnh	Miêu tả
freqz (num,den,w)	Tính DTFT tại các giá trị w.
h = fir1 (N,Wn, WIN)	Thiết kế lọc cửa sổ: h là đáp ứng xung, N là bậc lọc, Wn là tần số cắt, WIN là vector cửa sổ
rectwin(N)	Tạo cửa sổ chữ nhật chiều dài N
triang (N)	Tạo cửa sổ tam giác chiều dài N
hann(N)	Tạo cửa sổ hann chiều dài N
hamming(N)	Tạo cửa sổ hamming chiều dài N
blackman(N)	Tạo cửa sổ blackman chiều dài N
kaiser(N,β)	Tạo cửa sổ kaiser chiều dài N
[N,Wn] = buttord(W_p,W_s,R_p,R_s)	Xác định bậc lọc cho lọc Butterworth: N là bậc lọc, Wn là tần số cắt
[num,den] = butter(N,Wn,'low')	Thiết kế lọc thông thấp Butterworth: num, den là các hệ số của lọc
[N,Wp] = cheb1ord(W_p,W_s,R_p,R_s)	Xác định bậc lọc cho lọc Chebyshev loại 1: N là bậc lọc
[num,den] = cheby1(N,R_p,W_p, 'low')	Thiết kế lọc thông thấp Chebyshev loại 1: num, den là các hệ số của lọc
[N,Ws] = cheb2ord(W_p,W_s,R_p,R_s)	Xác định bậc lọc cho lọc Chebyshev loại 2: N là bậc lọc
[num,den] = cheby2(N,R_s,W_s, 'low')	Thiết kế lọc thông thấp Chebyshev loại 2: num, den là các hệ số của lọc
[N,Wp] = ellipord(W_p,W_s,R_p,R_s)	Xác định bậc lọc cho lọc ellip: N là bậc lọc
[num,den] = cheby2(N,R_p,R_s,W_p, 'low')	Thiết kế lọc thông thấp ellip: num, den là các hệ số của lọc
sptool	Công cụ xử lý tín hiệu, giao diện GUI, có thể sử dụng để tạo lọc số

Note: W_p, W_s, W_n là các tần số đã chuẩn hóa. Chúng có giá trị trong khoảng (0,1)

Các lệnh khác

Lệnh	Miêu tả
unwrap	Không chồng lấn góc phase