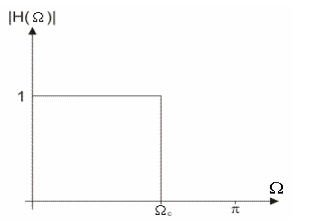
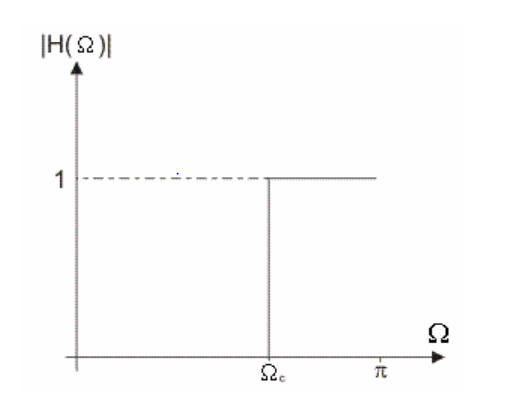
**Chương 3. Lọc số và ứng dụng**

**3.1 Tổng quan về thiết kế bộ lọc số**

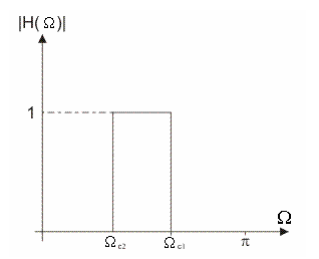
**3.1.1 Phân loại bộ lọc dựa vào đáp ứng tần số:**

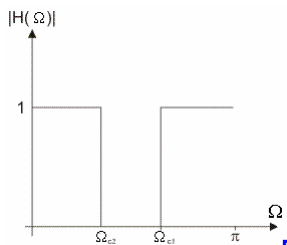
* Dựa vào đáp ứng tần số, có thể chia bộ lọc ra làm các loại sau:
* Bộ lọc thông thấp LPF (Low Pass Filter)
* Bộ lọc thông cao HPF (High Pass Filter)
* Bộ lọc thông dải BPF (Band Pass Filter)
* Bộ lọc chận dải BSF (Band Stop Filter)
* Đáp ứng tần số và đáp ứng xung của các bộ lọc lý tưởng
* Bộ lọc thông thấp lý tưởng
* Đáp ứng tần số:

* Đáp ứng xung



* Bộ lọc thông cao lý tưởng:
* Đáp ứng tần số
* Đáp ứng xung:

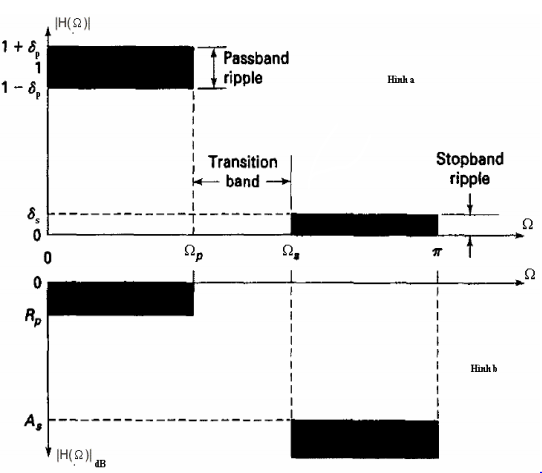
* Bộ lọc thông dải lý tưởng:
* Đáp ứng tần số:
* Đáp ứng xung:



* Bộ lọc chận dải lý tưởng
* Đáp ứng tần số:

* Đáp ứng xung:

**3.1.2 Các đặc tả bộ lọc số:**

* Các tham số của bộ lọc: dải thông, dải chận, dải chuyển tiếp, độ gợn dải thông, suy hao dải chận.
* Xét bộ lọc thông thấp:
* Đặc tả tuyệt đối (H.a):

: độ lệch dải thông

: độ lệch dải chận

* Đặc tả tương đối (H.b):

: độ gợn dải thông [dB]

: suy hao dải chận [dB]

>> Công thức liên hệ:

* Quá trình thiết kế bộ lọc số gồm 3 bước:
* Xác định các đặc tả của bộ lọc:
* Tùy theo yêu cầu ứng dụng, ở bước này cần tiến hành xác định các đặc tả của bộ lọc: ,vv…
* Xác định giá trị các hệ số của bộ lọc:
* Sau khi đã có đặc tả của bộ lọc, sử dụng các phương pháp thiết kế khác nhau: phương pháp dùng cửa sổ, phương pháp lấy mẫu tần số, phương pháp thiết kế tối ưu,vv… để xác định các hệ số của bộ lọc h(n), 0≤n≤N.
* Thực hiện mạch lọc:
* Trên cơ sở đã có được các hệ số của bộ lọc, vấn đề thiết kế chỉ còn là việc lựa chọn sơ đồ thực hiện (dạng trực tiếp, dạng chính tắc) Æ xây dựng giải thuật tương ứng > viết chương trình > cài đặt.
* Quá trình này có thể được thực hiện bằng phần cứng hay phần mềm.

**3.2. Các đặc trưng của bộ lọc FIR pha tuyến tính**

**3.2.1 Đáp ứng tần số của pha ( Đáp ứng pha)**

* Cái lợi cơ bản nhất của bộ lọc FIR khi tính toán h(n) là khả năng tính toán theo bộ lọc pha tuyến tính. Tức là chúng ta có thể gia công bộ lọc FIR bằng cách coi đáp ứng tần số H() của nó có pha tuyến tính. Cũng vậy, tín hiệu qua dải thông của bộ lọc sẽ xuất hiện chính xác ở đầu ra với độ trễ đã cho, bởi vì chúng ta đã biết chính xác đáp ứng pha của nó.
* Giả sử h(n) là đáp ứng xng của bộ lọc FIR xác định với các mẫu n=0;1;…;N-1 tức là

L[h(n)]=[0;N-1]=N

* Hàm truyền đạt
* Đáp ứng tần số

H() =

hoặc

* Nếu h(n) là thực thì theo biến đổi Fourier đối với tín hiệu rời rạc ta có:

= -

hoặc

* Vậy có thể nói:

: là hàm chẵn (đối xứng)

là hàm lẻ (phản đối xứng)

Do tuần hoàn với chu kì 2π vậy chỉ xét và trong khoảng 0≤⍵≤2π

Biểu diễn dưới dạng độ lớn A() va pha θ(⍵):)

**3.2.2 Bộ lọc số FIR pha tuyến tính**

a) Điều kiện pha tuyến tính

H(

Θ(⍵) = β - α⍵ -π≤⍵≤π

* Thời gian lan truyền tín hiệu τ

(5.3.2.1)

Trong trường hợp này τ = -α

* Xét 2 trường hợp
* Trường hợp 1: θ(⍵) = -α⍵ -π≤⍵≤π

[cosα⍵ - jsinα⍵]

Ngoài ra có thể tính theo FT[h(n)]

Vậy ta có

→ 5.3.2.2

Vì sin0 = 0; cos0 = 1 ta có: 5.3.2.3

Đến đây lại xét 2 trường hợp α = 0 và α ≠ 0

* Nếu α = 0 →
* Nếu α ≠ 0 →

sin =

Vậy ta có

Pt có nghiệm α = ; h(n) = h(N – 1 – n ) (0≤n≤N – 1 )

* Trường hợp 2

Chứng minh tương tự như trường hợp 1 ta có:

Pt có nghiệm duy nhất

h(n) = - h(N – 1 – n)

b) Tổng kết

* Từ kết quả ở trên đối với bộ lọc số FIR pha tuyến tính chúng ta cha ra làm 4 loại bộ lọc.
* Bộ lọc loại 1: h(n) đối xứng, N lẻ
* Bộ lọc loại 2: h(n) đối xứng, N chẵn
* Bộ lọc loại 3: h(n) phản đối xứng, N lẻ
* Bộ lọc loại 4: h(n) phản đối xứng, N chẵn

Cả 4 loại bộ lọc số FIR pha tuyến tính ở trên cho phép xác định đáp ứng tần số sao cho thỏa mãn các chỉ tiêu kỹ thuật của bộ lọc.

**3.2.2.1. Trường hợp đáp ứng xung đối xứng, N lẻ (Bộ lọc FIR loại 1)**

* Ta có:

Áp dụng tính đối xứng của h(n), ta chia tổng này ra làm 3 phần:

Đổi biến số ở thành phần thứ 3: n = N – 1 – m

Ta có

Sau đó áp dụng h(n) = h(N – 1 – n) và biến đổi tiếp ta thu được kết quả:

ở đây: a(0) = h

a(n) = 2h (1 ≤ n ≤)

So sánh với biểu thức:

Ta có

**3.2.2.2. Trường hợp đáp ứng xung đối xứng N chẵn (Bộ lọc FIR loại 2)**

Ta biết rằng:

N chẵn ta có thể chia tổng này thành 2 phần:

Đổi biến số ở thành phần thứ 2 ta có:

Đổi về cùng kí hiệu n và áp dụng tính đối xứng của h(n) là:

ta có:

ở đây:

1

So sánh với biểu thức:

Ta có:

Chú ý rằng với ⍵ = π thì:

(2n – 1) là lẻ với mọi n, vậy:

với mọi n

Như vậy ta có thể nói rằng tại ⍵ = π thì với bất kì b(n) nào (hoặc là với bất kì h(n) nào), và từ đây ta rút ra kết luận là: các bộ lọc loại này không thể sử dụng để tổng hợp các bộ lọc có đáp ứng tần số khác không tại ⍵ = π (ví dụ như bộ lọc thông cao)

**3.2.2.3. Đáp ứng xung phản đối xứng, N lẻ ( FIR loại 3 )**

Do N lẻ, ta có:

Có

⬄

⬄ với

* có:

phản đối xứng trong khoảng tần số

ở và

**3.2.2.4. Đáp ứng xung phản đối xứng, N chẵn (FIR loại 4)**

⬄

⬄

với

* có:

phản đối xứng trong khoảng tần số

ở

**3.3. Thiết kế bộ lọc FIR dùng phương pháp cửa sổ:**

* Nhắc lại: Với bộ lọc số FIR bậc N
* Phương trình I/O:
* Đáp ứng xung h(n) và đáp ứng tần số H(Ω) là một cặp biến đổi DTFT.
* Giả sử cần thiết kế bộ lọc số FIR bậc N theo yêu cầu nào đó. Quá trình thực hiện như sau:
* Gọi hd(n) là đáp ứng xung của bộ lọc lý tưởng tương ứnng loại bộ lọc cần thiết kế.
* Với phương pháp cửa sổ, đáp ứng xung của bộ lọc cần thiết kết được xác định như sau: h(n) = (n-α)w(n); α = N/2.

trong đó: w(n) là hàm cửa sổ có chiều dài hữu hạn N+1 và đối xứng quanh điểm giữa, nghĩa là: w(n) = w(N-n)

* Các loại cửa sổ thông dụng

|  |  |
| --- | --- |
| Chữ nhật |  |
| Tam giác |  |
| Hanning |  |
| Hamming |  |
| Blackman |  |

* Nhận xét:

\* Độ rộng búp chính sẽ ảnh hưởng đến độ rộng dải chuyển tiếp.  
\* Búp phụ tạo ra độ gợn dải thông và độ gợn dải chận của H(Ω).  
>> Việc lựa chọn loại cửa sổ sẽ ảnh hưởng đến sự xấp xĩ H(Ω) đối với (Ω).

* Các tính chất của cửa sổ:
* Khi chiều dài N tăng > độ rộng búp chính giảm > độ rộng dải chuyển tiếp  
  giảm.

* Biên độ đỉnh của búp phụ được xác định bởi dạng của cửa sổ và không phụ thuộc vào N.
* Khi giảm biên độ búp phụ thì độ rộng búp chính tăng lên và ngược lại.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Loại cửa sổ | Độ rộng dải chuyển tiếp ΔΩ | Suy hao dải chận |
| Chữ nhật | 1.8π/N | 21 |
| Tam giác | 6.1π/N | 25 |
| Hanning | 6.2π/N | 44 |
| Hamming | 6.6π/N | 53 |
| Blackman | 11π/N | 74 |

**3.4. Phương pháp lấy mẫu tần số**

- Xét đáp ứng xung của bộ lọc số thực tế FIR có chiều dài hữu hạn N:

* Biến đổi Fourier rời rạc với N điểm:
* Biến đổi Fourier rời rạc ngược:
* Xác định theo hàm của :
* chính là được đánh giá dựa trên vòng tròn đơn vị tại những điểm rời rạc với:

* Đối với đáp ứng tần số ta có:
* (3.3.3.1)

Với:

Biểu thức (3.3.3.1) chỉ đúng với dãy có chiều dài hữu hạn là N. Với bộ lọc số lý tưởng, đáp ứng xung có chiều dài vô hạn. Khi đó hàm truyền và đáp ứng tần số của bộ lọc số lý tưởng được xác định:

Xét gần đúng bằng hàm của bộ lọc thực tế. nhận được qua việc nội suy giữa các mẫu lấy trên tại các tần số

Sai số của phép gần đúng trên bằng không tại tần số và là hữu hạn đối với các tần số khác.

Tức là:

⬄

⬄

Qua phép gần đúng ta thu được bộ lọc số lí tưởng:

Bộ lọc số sẽ không lý tưởng nếu:

Với hàm nội suy:

Như vậy, ta có thể lấy từ N mẫu đáp ứng tần số của bộ lọc số lý tưởng để thu được đáp ứng tần số của bộ lọc số thực tế .

Thu được hai loại lấy mẫu tần số:

Loại 1:

Loại 2:

**3.4.1. Loại 1**

- Bộ lọc FIR N lẻ, h(n) đối xứng :

* Bộ lọc FIR N chẵn, đối xứng:

**3.4.2. Loại 2**

- Bộ lọc FIR N lẻ, đối xứng :

- Bộ lọc FIR N lẻ, đối xứng :