**6 Lọc số và lấy mẫu số tín hiệu**

**6.1 Các bộ loc số lý tưởng**

Một trong những ứng dụng quan trọng của Xử lý số tín hiệu là Lọc số. Các bộ lọc số với ưu điểm của nó đã dần dần thay thế các bộ lọc tương tự.

Có 4 bộ lọc số tiêu biểu là:

* Bộ loc số thông thấp
* Bộ lọc số thông cao.
* Bộ lọc số thông dải
* Bộ lọc số chắn dải

**6.1.1 Bộ lọc thông thấp lý tưởng**

Đáp ứng biên độ được định nghĩa:

|H()| =

(

H(

1

-

**Ví dụ**: cho đáp ưng xung của bộ lọc thông thấp lý tưởng:

|H()| =

Tìm và vẽ đáp ứng xung h(n) trong trường hợp =

**Giải:**

h(n)= =

= .

=

* h(n)= (6.1.1)

thay ta có:

h(n) =

Đồ thi:

syms n;

n=[-8:1:8];

f=0.5\*(sin(n\*pi/2))./(n\*pi/2);

stem(n,f);

ylabel('H(n)');

xlabel('n');

Hình 6.1.1.2\_ Đồ thị đáp ứng xung bộ lọc thông thấp =

**6.1.2 Bộ lọc thông cao lý tưởng**

Đáp ứng tần số :

|H()| =

(

|H()|

0

***Ví dụ***: Cho đáp ứng xung của bộ lọc số thông cao: (với = 0)

|H()| =

Tìm và vẽ đáp ứng xung h(n) trong trường hợp =

Ta có:

h(n)=

= -

* h(n)= - (6.1.2)

thay ta có:

h(n)= -

***Đồ thị:***

syms n;

n=[-8:1:8];

f=sin(pi\*n)./(pi\*n)-0.5\*(sin(n\*pi/2))./(n\*pi/2);

stem(n,f);

ylabel('H(n)');

xlabel('n');



Hình 6.1.2.2\_Đồ thị đáp ứng xung bộ lọc thông Cao =

***Nhận xét:***

* Giống với bộ lọc thông thấp lý tưởng với bộ lọc thông cao lý tưởng đáp ứng xung h(n) đối xứng tại mẫu n=0 vì là tuyến tính và =0
* Trong công thức (6.1.2) chính là đáp ứng xung của bộ lọc thông tất (All- pass filter) với đáp ứng xung :

|H()| =1

**6.1.3 Bộ lọc số thông giải lý tưởng**

Đáp ứng xung :

|H()| =

(

-

***Nhận xét*** :

* Bộ lọc thông dải lý tưởng có đáp ứng xung h(n) đối xứng tại mẫu n=0 vì là tuyến tính và =0
* Các tham số bao gồm:

:tần số cắt dưới

:tần số cắt trên

:dải thông

:dải chắn

:dải chắn

***Ví dụ***: Cho đáp ứng xung của bộ lọc số thông cao: (với = 0)

|H()| =

Tìm và vẽ đáp ứng xung h(n) trong trường hợp =.

**Giải**:

Ta có:

h(n)=

= - (6.1.3)

Thay =. Vào biểu thức (6.1.3)

h(n)= -

Đồ thị:

{ n=-5:1:5;

f=(sin(n\*pi/2)-(sin(n\*pi/3)))./(n\*pi);

stem(n,f);

ylabel('H(n)');

xlabel('n');



Hình 6.1.3.2\_Đồ thị đáp ứng xung bộ lọc thông giải lý tưởng với =.

Nhận xét:

* Nếu 2 bộ lọc thông thấp có tần số cắt và thì ta có bộ lọc thông dải chính là hiệu của 2 bộ lọc thông thấp đã nói trên
* Khi ta nhận được bộ lọc thông dải hẹp thường được sử dụng làm bộ lọc cộng hưởng.

**\*KẾT LUẬN VỀ BỘ LỌC SỐ LÝ TƯỞNG:** Các bộ lọc số lý tưởng không thể thực hiện về mặt vật lý vì đáp ứng xung h(n) có độ dài vô cùng và h(n) không nhân quả.

**6.1.4 Bộ lọc số chắn dải lý tưởng**

Đáp ứng xung:

|H()| =

(

Đồ thị đáp ứng xung:

H()|

**Ví dụ:** Cho đáp ứng xung của bộ lọc số chắn dải lý tưởng

|H()| =

Tìm và vẽ đáp ứng xung h(n) trong trường hợp =.

**Giải:**

Ta có:

h(n)=

= -

= -[ - ] (6.1.4)

Thay = vào (6.1.4)

h(n)=- [ - ]

Đồ thị:

n=-7:1:7;

f=sin(pi\*n)./(pi\*n)-(sin(n\*pi/2)-(sin(n\*pi/3)))./(n\*pi);

stem(n,f);

ylabel('H(n)');

xlabel('n');



Hình 6.1.4.2\_Đồ thị đáp ứng xung bộ lọc thông chắn lý tưởng với =.

**6.2 Các bộ lọc số thực tế**

Các bộ lọc số thực tế được đặc trưng bởi các thông số kỹ thuật trong miền thời gian lien tục với 4 tham số chính là:

* : Bộ gợn song dải thông
* : Bộ gợn sóng dải chắn
* Tần số giới hạn dải thông
* :Tần số giới hạn giải chắn

Ngoài ra còn có tham số phụ là: =:-

Các tham số kỹ thuật của thông cao, thông dải và chắn dải có thể tự suy ra .

**6.3 Bộ vi phân**

**\* Định nghĩa:** Hệ thông dùng để vi phân tín hiệu được gọi là bộ vi phân

Đáp ứng tần số của bộ vi phân lý tường:

H()=j

Từ đó ta có đáp ứng xung của bộ vi phân lý tưởng:

h(n)=IFT [H()]=

=

* h(n)=

Nhận xét: đáp ứng xung của bộ vi phân là phản đối xứng , tức là:

h(n)=-h(n)

h(0)= 0

Đồ thị đáp ứng xung:

{ n=-7:1:7;

f=cos(pi\*n)./n;

stem(n,f);

ylabel('H(n)');

xlabel('n');}

Hình 6.3.1\_Đáp ứng xung bộ lọc vi phân

**6.4** **Bộ lọc số HILBERT**

Đáp ứng xung của bộ lọc số HILBERT được định nghĩa như sau:

|H()| =

Thực tế bộ lọc số Hilbert chính là bộ lọc thông tất (All –pass filter) làm nhiệm vụ dip ha 1 góc 900

Bộ lọc số Hilbert thường được sử dụng thường xuyên trong các hệ thống thông tin và xử lý số tín hiệu

Biến đổi H() dưới dạng đáp ứng biên độ và đáp ứng pha ta có:

H()= |H()|.

|H()| = 1 -

=

Đáp ứng xung của bộ lọc số Hilbert:

h(n)=IFT [H()]=

=-

* h(n)= (6.4.1)

Từ biểu thức (6.4) ta thất rằng h(n) có chiều dài vô hạn và không nhân quả. Ngoài ra h(n) phản đối xứng tức là:

h(n)=-h(-n)

h(0)=0 (6.4.2)

Đồ thị đáp ứng xung:

{ n=-7:1:7;

f=pi/2\*(sin(n\*pi/2)).^2./n;

stem(n,f);

ylabel('H(n)');

xlabel('n');}



**6.5 Lấy mẫu tín hiệu**

**6.5.1 Đinh lý lấy mẫu**

Giả sử chúng ta có một tín hiệu tương tự mang năng lượng hữu hạn x(t), tức là tín hiệu đó đã thõa mãn điều kiện :

< (6.5.1.1)

Cũng có thể nói rằng tín hiệu trên có bề rộng phổ là hữu hạn:

(6.5.1.2)

Ở đây là mốc tần số hữu hạn.

Bởi vì hữu hạn nên ta có thể viết dưới dạng chuổi Fourier như sau :

()= (6.5.1.3)

Với :

= (6.5.1.4)

Theo định lý Fourier thì :

(t)= (6.5.1.5)

Nhưng do phổ () hữu hạn nên ta có thể viết:

(t)= (6.5.1.6)

Bây giờ chúng ta chỉ tính (t) tại các thời điểm rời rạc t=

()=

Vậy ta có :

2. ()= (6.5.1.7)

Theo (6.5.1.4) ta có thể viết:

= (6.5.1.8)

Đồng nhất (6.5.1.7) và (6.5.1.8) ta sẽ có:

= ( (6.5.1.9)

Vì () không còn là tín hiệu liên tục nữa nên ta thay bằng

Vấn đề đặt ra là truy hồi từ các giá trị rời rạc .

Thay giá trị của trong (6.5.1.9) vào biểu thức () trong (6.5.1.3) ta có:

()= (6.5.1.10)

Thế () trong (6.5.1.10) vào biểu thức của (t) trong (6.5.1.6) :

(t)=

Vì () là hữu hạn nên chuổi (6.5.1.10) là hội tụ, từ đó có thể viết :

(t)=

= .

Cuối cùng ta thu được biểu thức sau :

(t)= (6.5.1.11)

(t)= (6.5.1.12)

Biểu thức trên được goi là biểu thức nội suy, bởi vì ta giá trị của được xác định từ các giá trị rời rạc .Đây chính là nội dung của định lý lấy mẫu.

Phát biểu định lý trong miền tần số :

* Giá trị của = được goi là chu kỳ lấy mẫu ( hoặc bước lấy mẫu)
* = gọi là tần số lấy mẫu
* Trong quan hệ giữa tần số và vận tốc góc ta có :

Vậy nên :

,

Theo lý thuyết nội suy rõ rang là nếu các công thức nôi suy (6.5.1.11) và (6.5.1.12) đúng với chu kỳ lấy mẫu thì nó cũng đúng với

Như vậy về thực chất thì tín hiệu thu được chính là kết quả xếp chồng của vô số hàm sinc được trể đi lượng bằng số nguyên lần của chu kỳ lấy mẫu với hệ số nhân là giá trị của các mẫu ).

Từ đó ta có phát biểu của định lý lấy mẫu trong miền tần số như sau:

Một tín hiệu tương tự có bề rộng phổ hữu hạn trong khoảng được xác định một cách hoàn toàn chính xác bởi tập hợp mẫu của nó nếu tần số lấy mẫu thõa mãn điểu kiện sau:

(6.5.1.13)

**6.5.2 Tần số NYQUIST**

Định nghĩa:

Tần số lấy mẫy giá trị được gọi là tần số Nyquist

Ký hiệu tần số Nyquist là

= ,

Tương ứng ta cũng có các chu kỳ (bước) Nyquist

Chuẩn hóa biến số bằng chu kỳ lấy mẫu :

Tương ứng trong miền tần số chúng ta sẽ có sự chuẩn hóa của tần số lẫy mẫu

Ví dụ : Cho tín hiệu phổ như hình (6.5.2.1)

Hình \_6.5.2.1

Hãy vẽ phổ lấy mẫu trong 3 trường hợp sau :

Giải :

Hình 6.5.2.1 cho ta kết quả vẽ theo trục tần số ω chuẩn hóa

Nhận xét :

* Trường hợp b là trường hợp không thõa mãn định lý lấy mẫu phổ bị dãn ra.Do đó đã gây ra hiện tượng chồng phổ.Trong trường hợp này không thể tách ra để lấy được phổ gốc ban đầu. vì bị chồng lên nhau nên phổ bị biến dạng. Vì vậy trong miền biến số khi chúng ta muốn khôi phục tín hiệu tương tự từ tín hiệu lấy mẫu trong trường hợp này thì chúng ta sẽ không khôi phục được tín hiệu tương tự như tín hiệu ban đầu trước khi lấy mẫu.
* Trường hợp a và c là 2 trường hợp thõa mãn định lý lấy mẫu . Do đó không gây ra trường hợp chồng phổ. Trong trường hợp a là ta thấy sau khi chuẩn hóa, chuẩn hóa bởi thì sẽ trùng khít với 1 chu kỳ của (trong khoảng ). Trong trường hợp c, phổ bị co lại và sẽ trùng với 1 chu kỳ của . Trong 2 trường hợp này ta có thể dễ dàng tách ra để lấy lại phổ gốc từ tín hiệu tương tự.Như vậy trong miền biến số khi khôi phục tín hiệu ban đầu từ tín hiệu tương tự , ta thu được tín hiệu tương tự giống hệt tín hiệu ban đầu.