TailieuVNU.com

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ

# ĐỀ THI KẾT THÚC MÔN HỌC

Năm học: **2020-2021**; Học kỳ: **I**; Môn học: **Xử lý tín hiệu số** (ELT3144)

## TIẾNG VIỆT

*- Thời gian làm bài: 120 phút.*
*- Không sử dụng tài liệu và các thiết bị điện tử trừ máy tính tay (calculator).*
*- Kết quả tối đa: 10 điểm (trên tổng số 12.5).*

1. [2.5 điểm] Cho hệ thống LTI nhân quả được biểu diễn bởi phương trình sai phân: $18y(n)+9y(n-1)-2y(n-2)-y(n-3)=8x(n)+6x(n-1)+x(n-2)$
   (a) Xác định hàm truyền và đáp ứng xung của hệ thống. Hệ thống thuộc loại FIR hay IIR?
   (b) Hệ thống có ổn định không? Tại sao? Xác định đáp ứng tần số của hệ thống.
   (c) Vẽ cấu trúc thực thi kiểu nối tiếp loại 2 của hệ thống trên với các hệ thống thành phần có bậc nhỏ hơn hoặc bằng 2?
2. [2.5 điểm] Thiết kế bộ lọc số thông thấp có đặc tả sau:
   Độ suy giảm ở dải thông $\leq 3dB$ tại tần số cắt: 1.2kHz.
   Độ suy giảm dải chặn tối thiểu $\geq 30dB$ tại tần số $\geq 3.5kHz$.
   Tần số lấy mẫu là: $8kHz$.
   (a) Xác định bậc của bộ lọc số trong trường hợp Butterworth và Chebyshev, bộ lọc được chuyển đổi theo phương pháp đáp ứng xung bất biến. So sánh ưu và nhược điểm của hai loại bộ lọc.
   (b) Xác định hàm truyền bộ lọc số có đặc tả trên trong trường hợp thiết kế theo bộ lọc Butterworth theo phương pháp đáp ứng xung bất biến và phương pháp song tuyến tính với $C$ được đặt bằng $\frac{2}{T_s}$, với $T_s$ là chu kì lấy mẫu. So sánh kết quả đạt được của của hai phương pháp.

## ENGLISH

*- Exam duration: 120 minutes.*
*- Closed-book exam, no electronic devices allowed except a calculator.*
*- Maximum result: 10 marks (out of 12.5).*

1. [2.5 marks] A causal LTI system described by a difference equation: $18y(n)+9y(n-1)-2y(n-2)-y(n-3)=8x(n)+6x(n-1)+x(n-2)$
   (a) Determine transfer function and impulse response of the system. Classify the system as FIR or IIR?
   (b) Is the system stable? Explain? Determine frequency response of the system.
   (c) Sketch the direct-form II realization of the system in case maximum of the order of element system of two.
2. [2.5 marks] A low-pass filter design has a specification:
   Attenuation at pass band $3dB$ at the cutoff frequency: 1.2kHz. The minimum attenuation at stop band $\geq 30dB$ at frequency $\geq 3.5kHz$.
   The sampling frequency is: $8kHz$
   (a) Determine the order of the digital filter in the case of Butterworth and Chebyshev, the filter is converted by the impulse invariant method. Compare the advantage and and disadvantage of the two types of filters.
   (b) Determine the transfer function $H(z)$ in the case of the Butterworth, the filter is converted by the impulse invariant method and bilinear method with $C$ is set to $\frac{2}{T_s}$, where $T_s$ is the sampling period. Compare the obtained results of the two methods.

*Xem tiếp trang sau...*

TailieuVNU.com



3. [2.5 điểm] Một bộ lọc số có các đặc tả sau: Tần số biên ở dải thông là 1350 Hz, tần số biên ở dải triệt 1200 Hz. Tần số lấy mẫu là 6kHz. Độ dao động cực đại ở dải thông và triệt $\delta_p = \delta_s = 0.005$

   (a) Bộ lọc trên thuộc loại thông thấp, thông cao, thông dải hay chặn dải?

   (b) Xác định đáp ứng xung nhân quả của bộ lọc, theo phương pháp cửa sổ

   (c) Một tín hiệu tương tự $x(t) = 3cos(2500\pi t) + 2cos(4000\pi t)$ được lấy mẫu với tần số 6kHz, sau đó cho đi qua bộ lọc trên. Tín hiệu ra sau bộ lọc có các tần số nào?

4. [2.5 điểm] Hãy trả lời những câu hỏi sau:

   (a) Thế nào là một bộ lọc lý tưởng?

   (b) Tại sao khi thiết kế các bộ lọc thực tế, người ta thường tách thành các hệ thống thành phần có bậc lớn nhất bằng 2?

   (c) Với cùng một đặc tả về đáp ứng tần số, đáp ứng tần số của bộ lọc số khác gì với đáp ứng tần số của bộ lọc tương tự? Tại sao?

   (d) Sự khác biệt giữa bộ lọc IIR và bộ lọc FIR?

   (e) Thế nào là bộ lọc pha tối thiểu? và ý nghĩa của việc thiết kế bộ lọc pha tối thiểu.

3. [2.5 marks] A digital filter has the characteristics: The minimum passband frequency is 1350 Hz, the maximum stopband frequency is 1200 Hz. The sampling frequency is 6 kHz. Maximum ripple at passband and stopband $\delta_p = \delta_s = 0.005$

   (a) Is the above filter of low pass, high pass, or block bandwidth?

   (b) Determine the causal impulse response of the filter, according to the window method

   (c) An analog signal $x(t) = 3cos(2500\pi t) + 2cos(4000\pi t)$ is sampled at 6kHz, then passed through the above filter. What frequencies are the output signals behind the filter?

4. [2.5 marks] Answer the following questions:

   (a) What is an ideal filter?

   (b) In real filter design, the reason of using the maximum order of element system of two?

   (c) With the same characteristics of a filter, what is difference of frequency response of analog filter and digital filter?

   (d) How is the difference between IIR and FIR?

   (e) What is the minimum phase filter? The meaning of using the minimum phase filter.

*Xem tiếp trang sau...*

TailieuVNU.com

5. [2.5 điểm] Cho chương trình Matlab sau:

```
1: F1=50%Hz;
2: F2=100%Hz;
3: F3=450%Hz;
4: Fs=4000%Hz;
5: n=1:5120;
6: xn=2*sin(2*pi*F1*n*(1/Fs))
     +2*sin(2*pi*F2*n*(1/Fs))
     +2*sin(2*pi*F3*n*(1/Fs));
7: figure(1);
8: stem(n,xn);
9: xw=fft(xn);
10: xw_half=xw(1:n(end)/2);
11: figure(2);
12: n_half=1:n(end)/2;
13: F=n_half*Fs/(n(end));
14: plot(F,abs(xw_half));
15: Fpass=300%Hz
16: Fstop=400%Hz;
17: wp=2*pi*Fpass/Fs;
18: fp=wp/(2*pi);
19: wstop=2*pi*Fstop/Fs;
20: fs=wstop/(2*pi);
21: fc=(fs+fp)/2;
22: C=0.6;
23: L=ceil(C/(fs-fp))+1;
24: M=(L-1)/2;
25: nw=0:(L-1);
26: hid=2*fc*sin(pi*2*fc*nw)/(pi*2*fc*nw);
27: w_nw=hamming(L);
28: hn=hid.*w_nw.';
29: B=hn;
30: A=1;
31: w=0:0.01*pi:pi
32: Hw=freqz(B,A,w);
33: figure(3);
34: plot(w*Fs/2/pi,abs(Hw));
35: yn=filter(B,A,xn);
36: yw=fft(yn);
37: yw_half=yw(1:n(end)/2);
38: figure(4);
39: plot(F,abs(yw_half));
```

(a) Đoạn code Matlab trên được sử dụng cho thiết kế bộ lọc IIR hay FIR?

(b) Những dòng lệnh nào được dùng để biểu diễn tín hiệu trong miền thời gian, tính đáp ứng tần số của bộ lọc, biểu diễn phổ của tín hiệu lối ra?

(c) Phương pháp thiết kế bộ lọc nào được sử dụng?

(d) Tìm lỗi chưa đúng trong chương trình?

(e) Vẽ phác thảo phổ biên độ của tín hiệu trước và sau khi lọc.

5. [2.5 marks] Given a Matlab code:

```
1: F1=50%Hz;
2: F2=100%Hz;
3: F3=450%Hz;
4: Fs=4000%Hz;
5: n=1:5120;
6: xn=2*sin(2*pi*F1*n*(1/Fs))
     +2*sin(2*pi*F2*n*(1/Fs))
     +2*sin(2*pi*F3*n*(1/Fs));
7: figure(1);
8: stem(n,xn);
9: xw=fft(xn);
10: xw_half=xw(1:n(end)/2);
11: figure(2);
12: n_half=1:n(end)/2;
13: F=n_half*Fs/(n(end));
14: plot(F,abs(xw_half));
15: Fpass=300%Hz
16: Fstop=400%Hz;
17: wp=2*pi*Fpass/Fs;
18: fp=wp/(2*pi);
19: wstop=2*pi*Fstop/Fs;
20: fs=wstop/(2*pi);
21: fc=(fs+fp)/2;
22: C=0.6;
23: L=ceil(C/(fs-fp))+1;
24: M=(L-1)/2;
25: nw=0:(L-1);
26: hid=2*fc*sin(pi*2*fc*nw)/(pi*2*fc*nw);
27: w_nw=hamming(L);
28: hn=hid.*w_nw.';
29: B=hn;
30: A=1;
31: w=0:0.01*pi:pi
32: Hw=freqz(B,A,w);
33: figure(3);
34: plot(w*Fs/2/pi,abs(Hw));
35: yn=filter(B,A,xn);
36: yw=fft(yn);
37: yw_half=yw(1:n(end)/2);
38: figure(4);
39: plot(F,abs(yw_half));
```

(a) This code Matlab is used for the IIR or FIR filter design?

(b) What command lines are used to represent signals in time domain, frequency response of the filter, spectral representation of output signal?

(c) What filter design method is used?

(d) Find errors in the program?

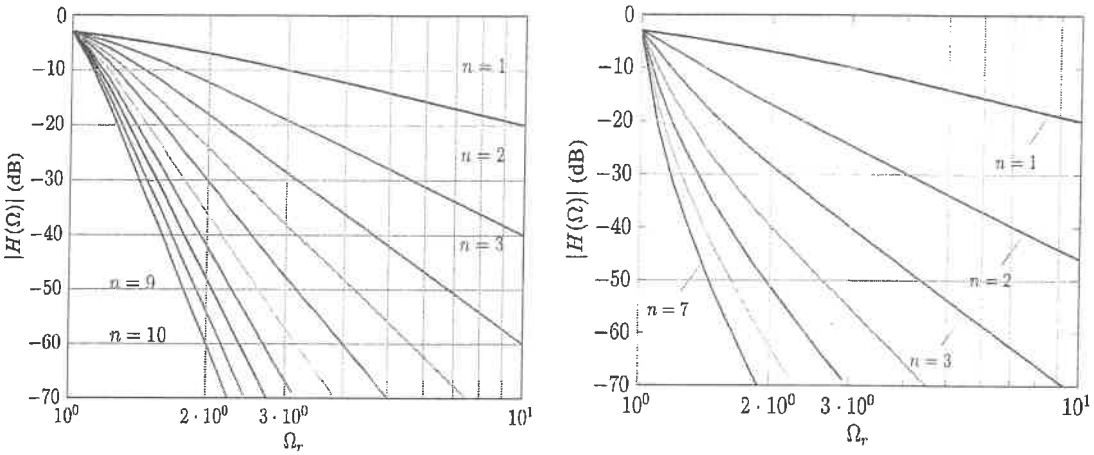
(e) Draw the amplitude spectrum of the input and the output signal.

*Xem tiếp trang sau...*

TailieuVNU.com



# MỘT SỐ THÔNG TIN HỮU ÍCH




(a) Bộ lọc Butterworth với $n$ nghiệm cực

(b) Bộ lọc Chebyshev, gợn sóng 3 dB

Hình 1: Đáp ứng tần số của các bộ lọc Butterworth và Chebyshev theo bậc.

Bảng 5.1: Đa thức Butterworth chuẩn hóa

| n | $1/H(s)$ |
|---|---|
| 1 | $s+1$ |
| 2 | $s^2+1.4142s+1$ |
| 3 | $(s+1)(s^2+s+1)$ |
| 4 | $(s^2+0.7654s+1)(s^2+1.8478s+1)$ |
| 5 | $(s+1)(p^2+0.6180s+1)(s^2+1.6180s+1)$ |
| 6 | $(s^2+0.5176s+1)(s^2+1.4142s+1)(s^2+1.9319s+1)$ |

Bảng 5.2: Đa thức Chebychev

| n | $C_n(x)$ |
|---|---|
| 1 | $x$ |
| 2 | $2x^2-1$ |
| 3 | $4x^3-3x$ |
| 4 | $8x^4-8x^2+1$ |
| 5 | $15x^5-20x^3+5x$ |
| 6 | $32x^6-48x^4+18x^2-1$ |

Bảng 6.1: Các hàm cửa sổ thông dụng

| Tên cửa sổ | $w_0(n), -(L-1)/2 \le n \le (L-1)/2$ | $w(n)=w_0\left(n-\frac{L-1}{2}\right), 0 \le n \le L-1$ |
|---|---|---|
| Chữ nhật | 1 | 1 |
| Tam giác | $1-\frac{2\lvert n\rvert}{L-1}$ | $\begin{cases}\frac{2n}{L-1}, & \text{với } 0 \le n \le \frac{L-1}{2}\\ 2-\frac{2n}{L-1}, & \text{với } \frac{L-1}{2} < n \le (L-1)\end{cases}$ |
| Cosine | $\cos\left(\frac{\pi n}{L-1}\right)$ | $\cos\left(\frac{\pi n}{L-1}-\frac{\pi}{2}\right)$ |
| Reimann | $\mathrm{sinc}^L\left(\frac{2n}{L-1}\right)$ | $\mathrm{sinc}^L\left(\frac{2n}{L-1}-1\right)$ |
| 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 | $0,54+0,46\cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right)$ | $0,54-0,46\cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right)$ |
| 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 | $\frac{I_0\left(\beta\sqrt{1-\left(\frac{2n}{L-1}\right)^2}\right)}{I_0(\beta)}$ | $\frac{I_0\left(\beta\sqrt{1-\left(\frac{2n}{L-1}-1\right)^2}\right)}{I_0(\beta)}$ |

Bảng 6.2: Bảng tra giá trị của các cửa sổ thông dụng

| Cửa sổ | $A_p$ (dB) | $A_s$ (dB) | $\delta_p=\delta_s$ | $C$ |
|---|---|---|---|---|
| Chữ nhật | 0,742 | 21 | 0,0819 | 0,60 |
| Hanning | 0,055 | 44 | 0,0063 | 3,21 |
| Hamming | 0,019 | 53 | 0,0022 | 3,47 |
| Blackman | 0,0015 | 75,3 | 0,00017 | 5,71 |

$10z^3+9z^2-2z-1$

$(z^2-1/5)(z-1/2)(z+1/5)$

$(9-z^{-2})(2+z^{-1})$

$(z^2-1/9)$

$18-9z^{-1}-2z^{-2}-z^{-3}$

*–Kết thúc đề thi–*