
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama

Sidang Akademik 2010/2011

November 2010

EEE 443 – PEMROSESAN ISYARAT DIGIT

Masa : 3 jam

ARAHAN KEPADA CALON:

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **SEMBILAN (9)** muka surat beserta Lampiran **LIMA (5)** muka surat bercetak dan **LIMA (5)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab **SEMUA** soalan.

Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru.

Agihan markah bagi soalan diberikan disudut sebelah kanan soalan berkenaan.

Jawab semua soalan di dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris atau kombinasi kedua-duanya.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai].

“In the event of any discrepancies, the English version shall be used”.

1. (a) Apakah perbezaan di antara isyarat diskret masa dan isyarat digital?

What is the difference between discrete-time signal and digital signal?

(10 marks)

- (b) Apakah proses-proses yang terlibat untuk mendapatkan isyarat diskret masa daripada isyarat sambun? Gunakan terma-terma berikut di dalam jawapan anda; "Kadar Nyquist", "Aliasing" dan "Pensampelan".

What are the processes involved in getting a discrete-time signal from a continuous-time signal? Use the following terms in your answer; "Nyquist Rate", "Aliasing" and "Sampling".

(30 marks)

- (c) Satu isyarat analog mengandungi frekuensi sehingga 10kHz.

An analog signal contains frequencies up to 10kHz.

- (i) Apakah julat frekuensi pensampelan yang membenarkan pembinaan semula isyarat ini dari sampel-sampelnya.

What range of sampling frequencies allows exact reconstruction of this signal from its samples?

(20 marks)

- (ii) Dengan beranggapan bahawa isyarat ini telah disampel dengan sampel frekuensi $F_s = 8\text{kHz}$, periksa apa berlaku kepada frekuensi-frekuensi $F_1 = 5\text{kHz}$ dan $F_2 = 9\text{kHz}$.

Suppose that this signal is sampled with a sampling frequency $F_s = 8\text{ kHz}$, examine what happens to the frequencies $F_1 = 5\text{ kHz}$ and $F_2 = 9\text{ kHz}$.

(40 marks)

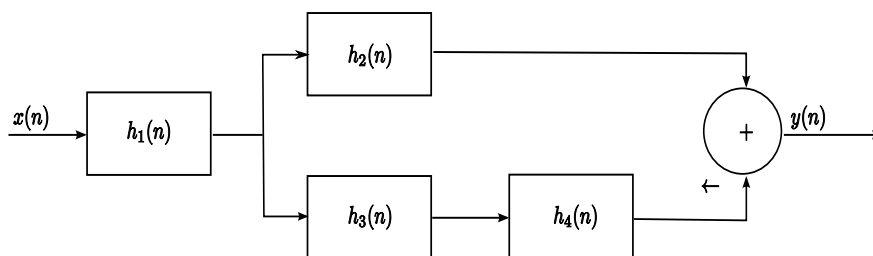
- 2. (a) Sambutan satu sistem lurus masa diskret kepada satu lambatan unit sampel $\delta(n - k)$ diberikan oleh $h_k(n)$. Sekiranya $h_k(n) = (n - k)u(n - k)$, tentukan sama ada sistem ini anjakan tak-variant, stabil atau kausal.

The response of a linear discrete-time system to a delayed unit sample $\delta(n - k)$ is characterized by $h_k(n)$. If $h_k(n) = (n - k)u(n - k)$, determine whether or not the system is shift-invariant, stable and causal.

(40 marks)

- (b) Pertimbangkan saling hubungan sistem LTI seperti yang ditunjukkan di Rajah 2.1.

Consider the interconnection of LTI systems as shown below in Figure 2.1.



Rajah 2.1: Rajah untuk menjawab Soalan 2 (b)
Figure 2.1: Figure to answer Question 2 (b)

- (i) Ekpres keseluruhan sambutan dedenyut dalam sebutan $h_1(n)$, $h_2(n)$, $h_3(n)$ dan $h_4(n)$.

Express the overall impulse response in terms of $h_1(n)$, $h_2(n)$, $h_3(n)$ and $h_4(n)$.

(10 marks)

- (ii) Tunjukkan bahawa persamaan-persamaan berikut,
Show that these equations,

$$h_3(n) * h_4(n) = (n - 1)u(n - 2)$$

$$h_2(n) - [h_3(n) * h_4(n)] = 2u(n) - \delta(n)$$

adalah benar berdasarkan jawapan anda di bahagian (i) dan maklumat yang diberikan di bawah. Kemudian, carikan $h(n)$.

are true based on your answer in part (i) and the information given below. Then, determine $h(n)$.

$$h_1(n) = \left\{ \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2} \right\}$$

$$h_2(n) = h_3(n) = (n + 1)u(n)$$

$$h_4(n) = \delta(n - 2)$$

(30 marks)

- (iii) Kirakan sambutan sistem di bahagian (ii) sekiranya
Determine the response of the system in part (ii) if

$$x(n) = \delta(n + 2) + 3\delta(n - 1) - 4\delta(n - 3).$$

(20 marks)

3. (a) Pertimbangkan satu penuras lurus masa tak ubah kausal dengan fungsi system.

Consider the causal linear time invariant filter with system function .

$$H(z) = \frac{1 + 0.875z^{-1}}{(1 + 0.2z^{-1} + 0.9z^{-2})(1 - 0.7z^{-1})}$$

Lukiskan graf aliran isyarat untuk system ini menggunakan

Draw a signal flowgraph for this system using

- (i) Bentuk terus I
Direct form I (10 marks)
- (ii) Bentuk terus II
Direct form II (5 marks)
- (iii) Satu lata dari sistem tertib pertama dan kedua yang dihasilkan dalam bentuk terus II
A cascade of first- and second-order systems realized in Direct Form II (5 marks)
- (iv) Satu lata dari sistem tertib pertama dan kedua yang dihasilkan dalam bentuk terus II teralih
A cascade of first- and second-order systems realized in transposed Direct Form II (5 marks)
- (v) Satu sambungan selari dari sistem tertib pertama dan kedua yang dihasilkan dalam bentuk terus II
A parallel connection of first-order and second-order systems realized in Direct Form II (25 marks)

...6/-

- (b) Laksanakan sistem yang diberikan dalam persamaan di bawah sebagai satu jaringan selari dari tertib pertama struktur bentuk terus.

Implement the system given in the equation below as a parallel network of first-order direct form structures.

$$H(z) = \frac{4 + \frac{9}{4}z^{-1} - \frac{1}{4}z^{-2}}{1 + \frac{1}{4}z^{-1} - \frac{1}{8}z^{-2}}$$

(50 marks)

4. (a) Jawab soalan-soalan berikut.

Answer the following questions.

- (i) Apakah perbezaan besar di antara jelmaan-z dan jelmaan Laplace.
What is the major difference between z-transform and Laplace transform?

(10 marks)

- (ii) Apakah syaratnya untuk menyatakan yang jelmaan-z adalah sama dengan jelmaan diskret Fourier ?

What is the condition when z-transform is said to be equivalent with Discrete Fourier Transform?

(10 marks)

- (b) Cari jelmaan-z songsang bagi $X_1(z)$ dan $X_2(z)$ di bawah. Berikan jawapan anda di dalam sebutan $u(n)$ (bentuk umum).

Determine the inverse Z-transform of $X_1(z)$ and $X_2(z)$ below. Give your answer in terms of $u(n)$ (general form).

i. $X_1(z) = \frac{z(2z^2 - 11z + 12)}{(z - 1)(z - 2)^3}$ (20 marks)

ii. $X_2(z) = \frac{2z(3z + 17)}{(z - 1)(z^2 - 6z + 25)}$ (20 marks)

...7/-

- (c) Satu sistem lurus masa tak ubah (LTI) kausal mempunyai sambutan dedenyut $h(n)$, pada mana jelmaan-z nya adalah

A causal Linear Time Invariant (LTI) system has impulse response $h(n)$, for which the z-transform is

$$H(z) = \frac{1 + z^{-1}}{(1 - \frac{1}{2}z^{-1})(1 + \frac{1}{4}z^{-1})}.$$

- (i) Apakah kawasan tertumpu $H(z)$?

What is the region of convergence of $H(z)$? (5 marks)

- (ii) Adakah sistem ini stabil. Terangkan.

Is the system stable? Explain. (5 marks)

- (iii) Carikan jelmaan-z $X(z)$ daripada masukan $x(n)$ yang akan memperolehi keluaran

Find the z-transform $X(z)$ of an input $x(n)$ that will produce the output

$$y(n) = -\frac{1}{3}\left(-\frac{1}{4}\right)^n u(n) - \frac{4}{3}(2)^n u(-n - 1).$$

(20 marks)

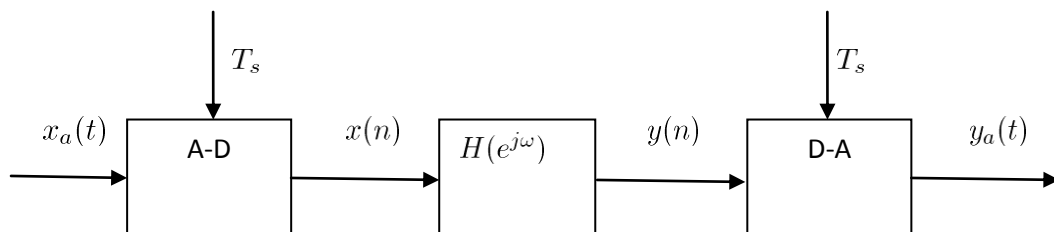
- (iv) Carikan sambutan dedenyut $h(n)$ sistem ini.

Find the impulse response $h(n)$ of the system.

(10 marks)

5. (a) Anda diminta untuk menuras satu isyarat analog $x_a(t)$ dengan satu penuras laluan rendah analog yang mempunyai frekuensi potong $f_c = 2$ kHz, lebar alihan $\Delta f = 500$ Hz, dan satu jalur henti pelemahan 50 dB. Penuras ini hendaklah dilaksanakan secara digital sebagaimana yang ditunjukkan di dalam gambarajah berikut:

You are requested to filter an analog signal $x_a(t)$ with an analog low-pass filter that has a cutoff frequency $f_c = 2$ kHz, a transition width $\Delta f = 500$ Hz, and a stopband attenuation of 50 dB. This filter is to be implemented digitally, as illustrated in the following figure:



Rajah 5.1
Figure 5.1

Rekacipta satu penuras digital untuk memenuhi tentuan-tentuan penuras analog dengan frekuensi pensampelan $f_s = 10$ kHz.

Design a digital filter to meet the analog filter specifications with a sampling frequency $f_s = 10$ kHz.

(50 marks)

- (b) Satu penapis laluan rendah diperlukan untuk memenuhi spesifikasi berikut:
A digital low-pass filter is required to meet the following specifications:
- (i) Laluan lulus riak: ≤ 1 dB
Passband ripple: ≤ 1 dB

- (c) Laluan lulus pinggir: 4 kHz
Passband edge: 4 kHz

- (d) Laluan henti pelemahan: ≥ 40 dB
Stopband attenuation: ≥ 40 dB

- (e) Laluan henti pinggir: 6 kHz
Stopband edge: 6 kHz

- (f) Kadar sampel: 24 kHz
Sample rate: 24 kHz

Penapis itu harus direka dengan melakukan penjelmaan dwilelurus di atas satu fungsi sistem analog. Tentukan apakah tertib rekabentuk Butterworth, Chebyshev dan analog elips yang mesti digunakan untuk memenuhi spesifikasi bagi pelaksanaan digital.

The filter is to be designed by performing a bilinear transformation on an analog system function. Determine the order Butterworth, Chebyshev and elliptic analog designs must be used to meet the specifications in digital implementation.

(50 marks)

Senarai Formula:

List of Formulae:

- Transformasi jalur rendah ke jalur lurus: $s \rightarrow \frac{s^2 + \Omega_l \Omega_u}{s(\Omega_u - \Omega_l)}$
Low-pass to band-pass transformation
- dan masing-masing adalah frekuensi terendah dan teratas bagi frekuensi-frekuensi jalur tepi dalam penuras jalur lurus.
and are the lower and upper band-edge frequencies of the band-pass filter, respectively.
- Jelmaan-z Bilinear: $H(z) = H(s) \Big|_{s=\frac{2}{T}(\frac{z-1}{z+1})}$
Bilinear z-Transform:
- Frekuensi analog pra-sampel — — ; ialah jangkamasa sample dan adalah frekuensi digit dalam domain digit.
The pre-warped analog frequency — — ; is the sampling period and is the frequency of the digital domain.
- Sambutan dedenyut ideal, untuk penuras lurus rendah adalah seperti berikut:
Ideal impulse response, for a lowpass filter is given by:

————— for and
 for
- adalah frekuensi potong (tepi) bagi penuras tersebut dan
is the cutoff (edge) frequency of the filter and .
- Tetingkap Hamming memenuhi berikut:
A Hamming window complies with the following conditions:

Lebar peralihan normal = $3.3/N$.

Normalized transition width = $3.3/N$.

Riak lulus jalur (dB) = 0.0194.

Pass-band ripple (dB) = 0.0194.

Cuping utama nisbi cuping-tepi (dB) = 41.

Main-lobe relative to side-lobe (dB) = 41.

Pelemah maksimum jalur penahan (dB) = 53.

Stop-band attenuation maximum (dB) = 53.

Fungsi Tetingkap: $w(n) = 0.54 + 0.46 \cos(2\pi n/N)$, $|n| \leq (N-1)/2$.

Window function: $w(n) = 0.54 + 0.46 \cos(2\pi n/N)$, $|n| \leq (N-1)/2$.

N ialah pemalar bagi bilangan penuras.

N is the number of filter coefficients.

- Jadual untuk Jelmaan-z adalah seperti berikut:
The table for z-Transform is given below:

Table A.1 Table for z-Transform

Sequence	Transform	ROC
	1	All

	_____	All except _____ or _____

	_____	Where, _____ _____ _____ _____

- Information on FIR filter design
Maklumat untuk merencapita penapis FIR

Table A.2 Some Common Windows for Designing Digital FIR Filter using Window Method

Rectangular	$w(n) = \begin{cases} 1 & 0 \leq n \leq N \\ 0 & \text{else} \end{cases}$
Hanning	$w(n) = \begin{cases} 0.5 - 0.5 \cos(\frac{2\pi n}{N}) & 0 \leq n \leq N \\ 0 & \text{else} \end{cases}$
Hamming	$w(n) = \begin{cases} 0.54 - 0.46 \cos(\frac{2\pi n}{N}) & 0 \leq n \leq N \\ 0 & \text{else} \end{cases}$
Black	$w(n) = \begin{cases} 0.42 - 0.5 \cos(\frac{2\pi n}{N}) + 0.08 \cos(\frac{4\pi n}{N}) & 0 \leq n \leq N \\ 0 & \text{else} \end{cases}$
Kaiser	$w(n) = \frac{I_0[\beta(1 - [(n - \alpha)/\alpha]^2)^{1/2}]}{I_0(\beta)} \quad 0 \leq n \leq N$

where, I_0 is a zeroth-order modified Bessel function, and β is the parameter that determines the shape of the window. Both α_s and β are defined below.

$$I_0(x) = 1 + \sum_{k=1}^{\infty} \left[\frac{(x/2)^k}{k!} \right]^2$$

$$\beta = \begin{cases} 0.1102(\alpha_s - 8.7) & \alpha_s > 50 \\ 0.5842(\alpha_s - 21)^{0.4} + 0.07886(\alpha_s - 21) & 21 \leq \alpha_s \leq 50 \\ 0.0 & \alpha_s < 21 \end{cases}$$

Size of the window is:

$$N = \frac{\alpha_s - 7.95}{14.36\Delta f} \quad \alpha_s \geq 21$$

Table A.3 The Peak Side-Lobe Amplitude of Some Common Windows and the Approximate Transition Width and Stopband Attenuation of a N -th-Order Low-Pass Filter Designed using the Given Windows

Window	Side-Lobe Amplitude (dB)	Transition Width (Δf)	Stopband Attenuation
Rectangular	-13	$0.9/N$	-21
Hanning	-31	$3.1/N$	-44
Hamming	-41	$3.3/N$	-53
Blackman	-57	$5.5/N$	-74