
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 2010/2011

April/Mei 2011

EEE 354 – SISTEM KAWALAN DIGIT

Masa : 3 Jam

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEPULUH muka surat beserta Lampiran DUA muka surat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Kertas soalan ini mengandungi **ENAM** soalan.

Jawab **LIMA** soalan.

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

Agihan markah bagi setiap soalan diberikan di sudut sebelah kanan soalan berkenaan.

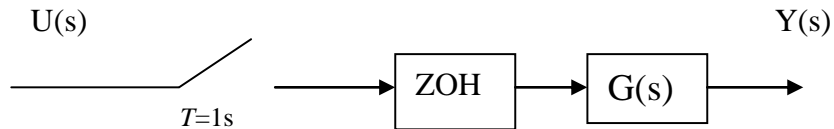
Jawab semua soalan dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris atau kombinasi kedua-duanya.

[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) Suatu sistem kawalan gelung terbuka boleh diwakili oleh gambarajah berikut:

An open-loop control system can be represented by the following diagram:



Rajah 1
Figure 1

Diberi

Given

$$G(s) = \frac{1}{s^2(s+1)}$$

- (i) Tentukan rangkap pindah dedenyut kepada sistem tersebut dalam domain z $Y(z)/U(z)$ untuk $T=1s$.

Determine the pulse transfer function of the system in z-domain $Y(z)/U(z)$ for $T=1s$.

(20 markah/marks)

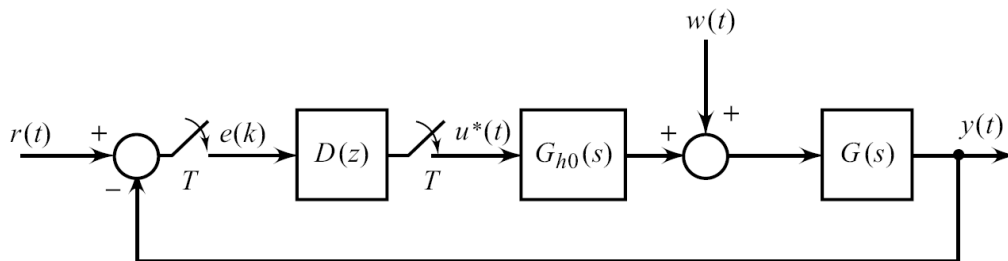
- (ii) Tentukan sambutan sistem tersebut pada kala pensampelan bagi masukan unit langkah:

Determine the system response at the sampling interval for unit step input:

(20 markah/marks)

- (b) Suatu sistem kawalan gelung tertutup boleh diwakili oleh gambarajah berikut; $r(t)$ adalah masukan rujukan, $w(t)$ adalah gangguan. Untuk $r(t) = 0$:

Consider the block diagram of a digital control system in the following figure; $r(t)$ stands for reference input, $w(t)$ for disturbance. For $r(t) = 0$:



Rajah 2
Figure 2

- (i) Tunjukkan gambarajah blok terturun untuk sistem kawalan tersebut.

Show the reduced block diagram for the control system.

(30 markah/marks)

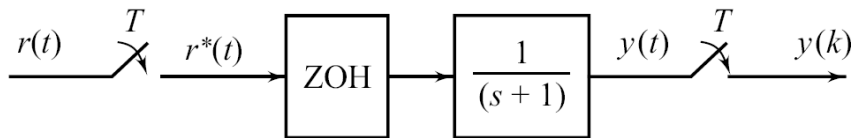
- (ii) Tentukan jelmaan z bagi keluaran sistem $Y(z)$ tersebut.

Obtain the z-transform of the system output $Y(z)$.

(30 markah/marks)

2. (a) Rajah 3 di bawah menunjukkan suatu sistem kawalan gelung terbuka diskret.

Consider an open-loop discrete-time system in the Figure 3 below.



Rajah 3
Figure 3

- (i) Tentukan rangkap pindah $G(z)$ untuk sistem di atas dengan mengandaikan bahawa pensampel berfungsi secara segerak pada jeda T saat.

Determine the transfer function $G(z)$ of this system assuming that the samplers operate synchronously at intervals of T sec.

(30 markah/marks)

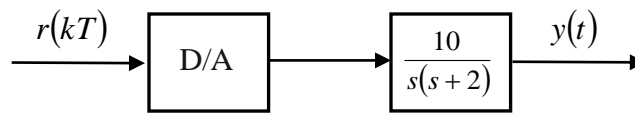
- (ii) Tentukan sambutan unit langkah sistem tersebut.

Find the unit step response of the system.

(30 markah/marks)

- (b) Rajah 4 di bawah menunjukkan suatu model loji yang didorong oleh penukar D/A. Terbitkan rangkap pindah model tersebut berhubung $r(kT)$ dan $y(kT)$ pada $T = 0.4$ saat.

Figure 4 shows the model of a plant driven by a D/A converter. Derive the transfer function model relating $r(kT)$ and $y(kT)$ at $T = 0.4$ sec.



(40 markah/marks)

Rajah 4
Figure 4

3. (a) Diberi
Given

$$e(k) = x(k) - 3x(k-1) + 2x(k-2) = \begin{cases} 1, & k = 0,1 \\ 0, & \text{other} \end{cases}$$

Selesaikan persamaan bezaan di atas untuk $x(k)$ menggunakan:
Solve the above given difference equation for $x(k)$ using:

- (i) Jelmaan z dan samada pengembangan pecahan separa atau formula penyongsangan (baki). Cari nilai $x(0)$, $x(1)$, dan $x(2)$.

The z-transform and either partial-fraction expansion or the inversion formula (residues). Find the values of $x(0)$, $x(1)$, and $x(2)$.

(20 markah/marks)

- (ii) Kaedah siri kuasa untuk mendapatkan nilai $x(0)$, $x(1)$, dan $x(2)$.
The power series method to find $x(0)$, $x(1)$, and $x(2)$.

(20 markah/marks)

- (b) Diberi
Given

$$E(s) = \frac{20}{(s+2)(s+5)}$$

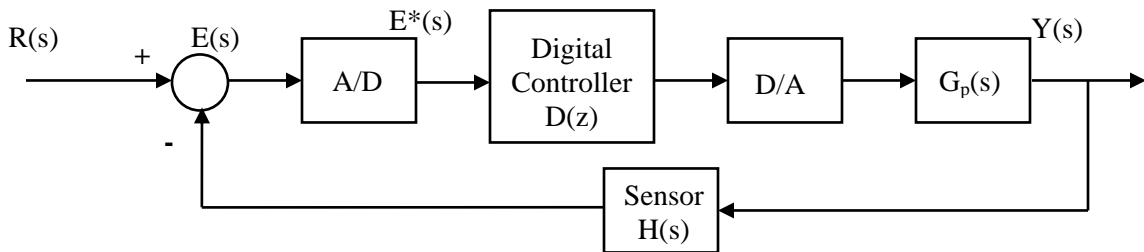
tentukan E(z) dengan menggunakan teknik berbaki.

Find the z-transform E(z) using the residue method.

(15 markah/marks)

- (c) Rajah 5 menunjukkan gambarajah blok untuk suatu sistem kawalan digital yang dikawal oleh komputer.

Figure 5 represents the block diagram for a digital control system which is controlled by a computer.



Rajah 5
Figure 5

- (i) Lukiskan graf aliran isyarat bagi sistem tersebut dan labelkan sepenuhnya.

Draw SFG (Signal Flow Graph) for the system and label it completely.

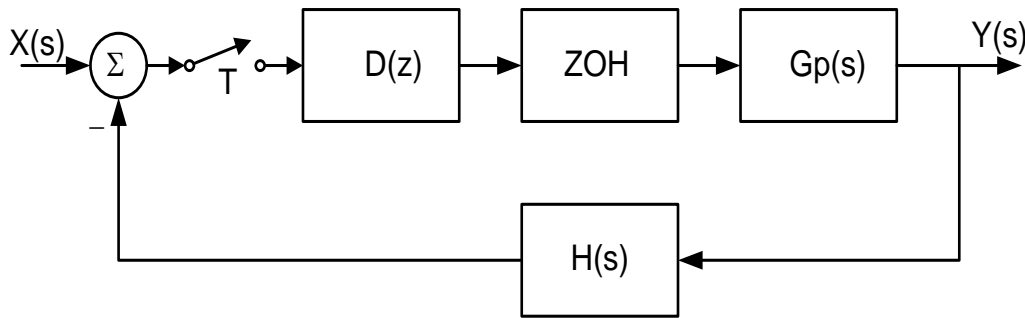
(10 markah/marks)

- (ii) Dapatkan rangkap pindah sistem tersebut dalam sebutan $Y(z)/R(z)$. Anda perlu menunjukkan jalan penyelesaian anda iaitu bermula daripada graf aliran isyarat .

Obtain the system transfer function in $Y(z)/R(z)$. You are required to show all steps, starting from SFG.

(35 markah/marks)

4. Struktur suatu sistem kawalan dipermudahkan oleh gambarajah blok berikut.
A control system structure is simplified by block diagram below.



Rajah 6
Figure 6

Pengawal bagi sistem ditetapkan kepada $D(z) = K$ dan $H(s) = 1$. Fungsi pindah logi sistem tersebut adalah:

The controller for the system is set to $D(z) = K$ and $H(s) = 1$. The plant transfer function of the system is:

$$G_p(s) = \frac{1}{s(s+1)}$$

- (a) Tentukan fungsi pindah gelung terbuka dan tertutup sistem tersebut sekiranya $K = 1$ dan $T = 1s$.

Determine the open loop and closed loop transfer function of the system if

$K = 1$ and $T = 1s$.

(20 markah/marks)

- (b) Berdasarkan persamaan ciri sistem gelung tertutup yang diperolehi dari (a), tentukan:

Based on the characteristic equation of the closed loop system obtained in (a), determine the:

- (i) Faktor lemati.
Damping factor. (10 markah/marks)
- (ii) Frekuensi tabii.
Natural frequency. (10 markah/marks)
- (iii) Pemalar masa sistem tersebut.
Time constant of the system. (10 markah/marks)

- (c) Kirakan ralat keadaan mantap sistem tersebut untuk masukan berikut:
Calculate the steady state error of the system for the following inputs:

- (i) Unit langkah.
Unit step. (10 markah/marks)
- (ii) Unit rampa.
Unit ramp. (10 markah/marks)
- (iii) Unit parabola.
Unit parabolic. (10 markah/marks)

- (d) Ulangi (c) jika $D(z)$ dipilih sebagai pengawal PI iaitu,
Repeat (c) if $D(z)$ is selected to be PI controller that is,

$$D(z) = \frac{0.1z}{z-1}$$

(20 markah/marks)

5. Pertimbangkan sistem dalam Soalan 4. Biarkan $T=1s$ dan sambutan frekuensi loji ditunjukkan dalam Jadual 1.

Consider the system in Question 4. Let $T=1s$ and the plant frequency response of the system is shown in Table 1.

- (a) Cari K supaya untung fasa sistem adalah 45 darjah.
Find K such that the system phase margin is 45 degrees.
- (b) Biarkan $K=1$. Sekiranya sistem ini stabil, carikan untung fasa dan untung jidar.
Let $K=1$. If the system is stable, find the phase margin and gain margin.
- (c) Rekabentuk compensator fasa duluan unit untung yang akan menghasilkan jidar fasa 45 darjah.
Design a unity–dc-gain phase-lead compensator that yields a phase margin of approximately 45 degrees.
- (d) Rekabentuk pengawal PI untuk menghasilkan jidar fasa 45 darjah.
Design a PI controller to produce a phase margin of 45 degrees.

(100 markah/marks)

6. Pertimbangkan sistem dalam Soalan 4. Biarkan $T=0.05s$ dan $G_p(s) = \frac{1}{s(s+1)}$
Consider the system in Question 4. Let $T=0.05s$ and $G_p(s) = \frac{1}{s(s+1)}$
- (a) Carikan persamaan ciri sistem tersebut.
Find the characteristic equation of the system.
 - (b) Gunakan kriteria Routh-Hurwitz untuk menentukan julat K supaya sistem tersebut kekal stabil.
Use the Routh-Hurwitz criterion to determine range of K such that the system remains stable.
 - (c) Semak jawapan anda dalam (b) menggunakan ujian kestabilan Jury.
Check your answer in (b) using Jury's stability test.
 - (d) Tentukan lokasi punca-punca persamaan ciri dalam satah z bagi nilai $K>0$ di mana sistem berkestabilan jidar.
Determine the location of roots of the characteristic equation in the z plane for the value of $K>0$ for which the system is marginally stable.

(100 markah/marks)

Jadual 1 Sambutan Frekuensi
Table 1 Frequency Response