
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 2008/2009

April - Mei 2009

EEE 354 – SISTEM KAWALAN DIGIT

Masa: 3 jam

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEMBILAN muka surat dan DUA muka surat LAMPIRAN yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Kertas soalan ini mengandungi ENAM soalan dan dua bahagian iaitu Bahagian A dan Bahagian B.

Jawab **LIMA** soalan.

Gunakan buku jawapan yang berasingan supaya jawapan-jawapan bagi soalan-soalan Bahagian A adalah dalam satu buku jawapan dan Bahagian B dalam buku jawapan yang lain.

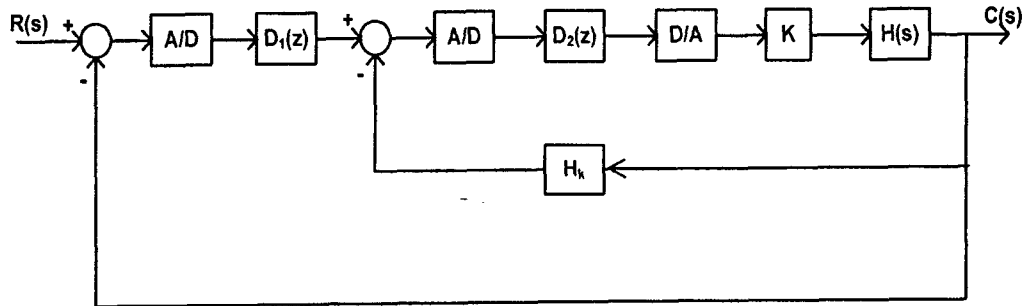
Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru.

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.

**BAHAGIAN A
SECTION A**

1. Pertimbangkan suatu sistem kawalan ditunjukkan dalam Rajah 1 di bawah.
Consider the control system shown in Figure 1 below.



Rajah 1
Figure 1

- (a) Dapatkan fungsi pindah sistem tersebut, apabila $T = 1s$.
Obtain the transfer function of the system, when $T = 1s$.
- (b) Dapatkan fungsi pindah sebenar sistem tersebut sekiranya :-
Obtain the actual transfer function of the system if :-

$$K = 10$$

$$D_1(z) = 0.2$$

$$H(s) = \frac{1}{s}$$

$$D_2(z) = \frac{z}{z-8}$$

$$H_k = 0.1$$

(100%)

...3/-

2. Suatu sistem kausal diwakili oleh persamaan kebezaan di bawah :-
A causal system is represented by the following difference equation:-

$$y(k+2) - 5y(k+1) + 6y(k) = 3x(k+1) + 5x(k)$$

- (a) Tentukan fungsi pindah bagi sistem tersebut.
Determine the transfer function of the system.
- (b) Masukan $x(k)$ adalah kausal di mana :
The input $x(k)$ is causal where :

$$x(k) = 2^{-k} u(k)$$

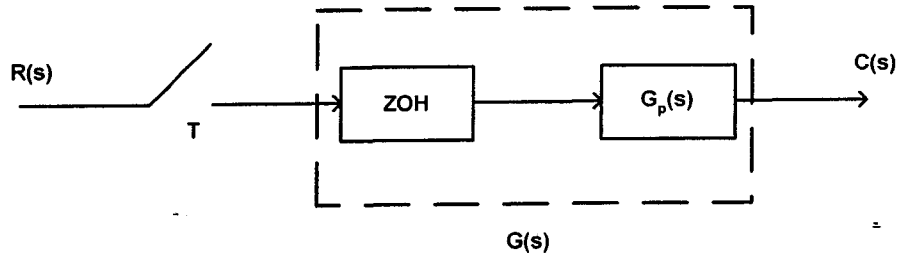
Kira keluaran $y(k)$ untuk 3 nilai pertama apabila $T = 1$ s.
Calculate the output $y(k)$ for the first 3 terms when $T = 1$ s.

- (c) Lukis gambarajah simulasi sistem tersebut.
Draw the simulation diagram of the system.

(100%)

3. Diberi suatu sistem gelung terbuka seperti ditunjukkan dalam Rajah 2.
Given an open loop system as shown in Figure 2.

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



Rajah 2
Figure 2

- (a) Tunjukkan bahawa :-
Show that :-

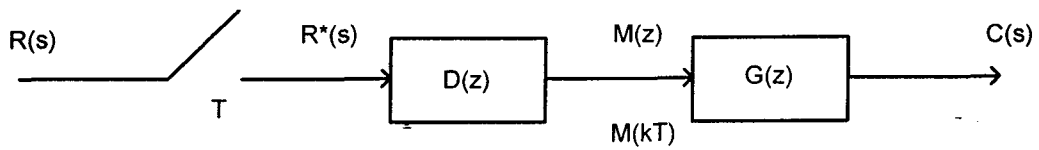
$$G(z) = \frac{1 - e^{-T}}{z - e^{-T}}$$

- (b) Kira keluaran sistem tersebut, $C_p(kT)$ apabila masukannya adalah fungsi langkah.

Calculate the output of the system, $C_p(kT)$ when the input is a step function.

- (c) Katakan sistem yang sama didahului oleh penapis digit yang mempunyai fungsi pindah $D(z) = 2 - z^{-1}$ seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.

Let's say that the same system is preceded by a digital filter with transfer function $D(z) = 2 - z^{-1}$ as shown in Figure 3.



Rajah 3
Figure 3

Selesaikan keluaran bagi penapis digit, $m(kT)$ bagi $k \geq 0$.
Solve the output of the digital filter, $m(kT)$ for $k \geq 0$.

- (d) Tentukan sambutan langkah bagi keseluruhan sistem, $c(kT)$; dalam sebutan $c_p(kT)$.

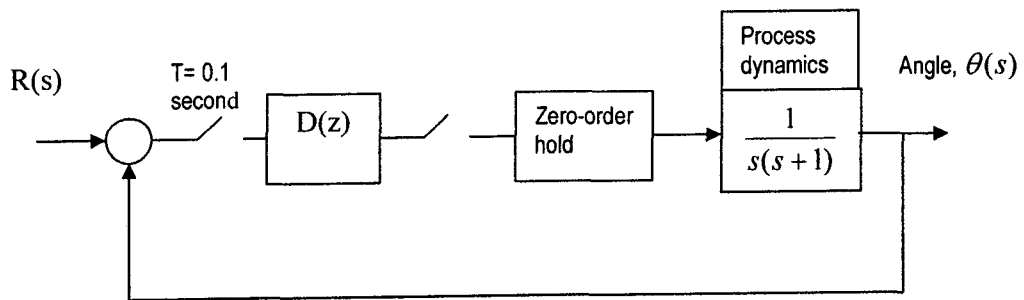
Determine the step response of the whole system, $c(kT)$; in terms of $c_p(kT)$.

(100%)

**BAHAGIAN B
SECTION B**

4. Pertimbangkan sebuah sistem kawalan pesawat seperti Rajah 4. Diberi $T=0.1s$ dan $D(z)=1$. Pemalar yang perlu dikawal ialah sudut permukaan kawalan bagi pesawat tersebut.

Consider the aircraft flight control system of Figure 4. Let $T=0.1s$ and $D(z)=1$. The controlled variable is the angle of the control surface of the aircraft.



Rajah 4
Figure 4

- (a) Tuliskan persamaan ciri sistem gelung tertutup (dalam domain z).
Write the closed loop system characteristic equation (in z -domain).
(20%)
- (b) Gunakan uji Jury bagi menentukan julat K untuk kestabilan.
Use the Jury's Test criterion to determine the range of K for stability.
(20%)

- (c) Tentukan kedudukan punca persamaan ciri dalam kedua-dua satah iaitu satah-w dan satah-z bagi nilai $K > 0$ pada tahap sistem stabil berjidar. Lukiskan londar punca bagi satah-w dan satah-z.

Determine the location of all roots of the characteristic equation in both w-plane and the z-plane for the value of $K > 0$ for which the system is marginally stable. Draw the root locus for w-plane and z-plane.

(50%)

- (d) Tentukan frekuensi satah-s dan frekuensi satah-w pada keadaan sistem akan berayun apabila dalam keadaan stabil berjidar, menggunakan jawapan dari bahagian (c).

Determine both the s-plane frequency and the w-plane frequency at which the system will oscillate when marginally stable, using the results of part (c).

(10%)

5. Diberi sebuah sistem digital yang rangkap pindahnya gelung buka seperti di bawah:

Given a digital control system with the following open-loop transfer function:

$$G(z) = \frac{K(0.01873z + 0.01752)}{z^2 - 1.8187z + 0.8187}$$

Andaikan masa pensampelan ialah $T = 0.2s$.

Assume the sampling time is $T = 0.2s$.

- (a) Lakarkan gambarajah Bode, dan tentukan jidar fasa dan jidar gandaan bagi sistem $G(z)$ (dengan menggunakan penghampiran asimptot).

Draw Bode diagram and determine the phase margin and gain margin for system $G(z)$ (by using asymptotic approximation).

(60%)

(b) Adakah ia stabil?

Is it stable?

(10%)

(c) Tentukan frekuensi ω dan gandaan K pada keadaan sistem yang stabil berjidar akan berayun.

Determine frequency ω and the gain K at which the marginally stable system will oscillate.

(30%)

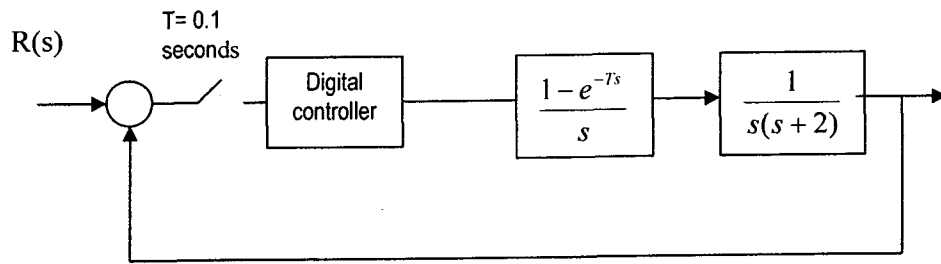
6. (a) Rekabentuk sebuah pengawal digital bagi sistem yang ditunjukkan dalam Rajah 5. Gunakan teknik rajah Bode dalam satah \dot{w} . Spesifikasi rekabentuk adalah seperti berikut:

Design a digital controller for the system shown in Figure 5. Use the Bode diagram approach in the w -plane. The design specifications are that

- Jidar fasa ialah 55° ,
The phase margin is 55° ,
- Jidar gandaan ialah 10dB,
The gain margin is at least 10dB,
- Pemalar ralat halaju K_v ialah 5 saat^{-1} .
The static velocity error constant K_v is 5 sec^{-1} .

Tempoh pensampelan ditetapkan pada 0.1 saat atau $T=0.1$.

The sampling period is specified as 0.1 sec or $T=0.1$.



Rajah 5
Figure 5

Anda perlu melukis semula gambarajah Bode yang mengandungi pemampas digital, $G_D(w)$ bersama sistem, $G_p(w)$ iaitu $(G_D(w)G_p(w))$.

You are required to draw the final Bode diagram which includes the digital compensator, $G_D(w)$ together with the system, $G_p(w)$ i.e. $(G_D(w)G_p(w))$.

Nyatakan pemampas digital yang direka anda dalam domain-z.
Express your designed digital compensator in z-domain.

(100%)

ooooOoooo

Table of z Transforms

	$X(s)$	$x(t)$	$X(kT)$ or $x(k)$	$X(z)$
1.	--	--	Kronecker delta $\delta_0(k)$ 1, $k=0$ 0, $k \neq 0$	1
2.	--	--	$\delta_0(n-k)$ 1, $n=k$ 0, $n \neq k$	z^{-k}
3.	$\frac{1}{s}$	$1(t)$	$1(k)$	$\frac{1}{1-z^{-1}}$
4.	$\frac{1}{s+a}$	e^{-at}	e^{-akT}	$\frac{1}{1-e^{-aT}z^{-1}}$
5.	$\frac{1}{s^2}$	t	kT	$\frac{Tz^{-1}}{(1-z^{-1})^2}$
6.	$\frac{2}{s^3}$	t^2	$(kT)^2$	$\frac{T^2z^{-1}(1+z^{-1})}{(1-z^{-1})^3}$
7.	$\frac{6}{s^4}$	t^3	$(kT)^3$	$\frac{T^3z^{-1}(1+4z^{-1}+z^{-2})}{(1-z^{-1})^4}$
8.	$\frac{a}{s(s+a)}$	$1-e^{-at}$	$1-e^{-akT}$	$\frac{(1-e^{-aT})z^{-1}}{(1-z^{-1})(1-e^{-aT}z^{-1})}$
9.	$\frac{b-a}{(s+a)(s+b)}$	$e^{-at} - e^{-bt}$	$e^{-akT} - e^{-bkT}$	$\frac{(e^{-aT} - e^{-bT})z^{-1}}{(1-e^{-aT}z^{-1})(1-e^{-bT}z^{-1})}$
10.	$\frac{1}{(s+a)^2}$	te^{-at}	kTe^{-akT}	$\frac{Te^{-aT}z^{-1}}{(1-e^{-aT}z^{-1})^2}$
11.	$\frac{s}{(s+a)^2}$	$(1-at)e^{-at}$	$(1-akT)e^{-akT}$	$\frac{1-(1+aT)e^{-aT}z^{-1}}{(1-e^{-aT}z^{-1})^2}$

	$X(s)$	$x(t)$	$X(kT)$ or $x(k)$	$X(z)$
12.	$\frac{2}{(s+a)^3}$	$t^2 e^{-at}$	$(kT)^2 e^{-akT}$	$\frac{T^2 e^{-aT} (1 + e^{-aT} z^{-1}) z^{-1}}{(1 - e^{-aT} z^{-1})^3}$
13.	$\frac{a^2}{s^2 (s+a)}$	$at - 1 + e^{-at}$	$akT - 1 + e^{-akT}$	$\frac{[(aT - 1 + e^{-aT}) + (1 - e^{-aT} - aTe^{-aT}) z^{-1}] z^{-1}}{(1 - z^{-1})^2 (1 - e^{-aT} z^{-1})}$
14.	$\frac{w}{s^2 + w^2}$	$\sin wt$	$\sin wkT$	$\frac{z^{-1} \sin wT}{1 - 2z^{-1} \cos wT + z^{-2}}$
15.	$\frac{s}{s^2 + w^2}$	$\cos wt$	$\cos wkT$	$\frac{z^{-1} \cos wT}{1 - 2z^{-1} \cos wT + z^{-2}}$
16.	$\frac{w}{(s+a)^2 + w^2}$	$e^{-at} \sin wt$	$e^{-akT} \sin wkT$	$\frac{e^{-aT} z^{-1} \sin wT}{1 - 2e^{-aT} z^{-1} \cos wT + e^{-2aT} z^{-2}}$
17.	$\frac{s+a}{(s+a)^2 + w^2}$	$e^{-at} \cos wt$	$e^{-akT} \cos wkT$	$\frac{1 - e^{-aT} z^{-1} \cos wT}{1 - 2e^{-aT} z^{-1} \cos wT + e^{-2aT} z^{-2}}$
18.			a^k	$\frac{1}{1 - az^{-1}}$
19.			a^{k-1} $k = 1, 2, 3, \dots$	$\frac{z^{-1}}{1 - az^{-1}}$
20.			ka^{k-1}	$\frac{z^{-1}}{(1 - az^{-1})^2}$
21.			$k^2 a^{k-1}$	$\frac{z^{-1} (1 + az^{-1})}{(1 - az^{-1})^3}$
22.			$k^3 a^{k-1}$	$\frac{z^{-1} (1 + 4az^{-1} + a^2 z^{-2})}{(1 - az^{-1})^4}$
23.			$k^4 a^{k-1}$	$\frac{z^{-1} (1 + 11az^{-1} + 11a^2 z^{-2} + a^3 z^{-3})}{(1 - az^{-1})^5}$
24.			$a^k \cos k\pi$	$\frac{1}{1 + az^{-1}}$
25.			$\frac{k(k-1)}{2!}$	$\frac{z^{-2}}{(1 - z^{-1})^3}$
26.			$\frac{k(k-1)\dots(k-m+2)}{(m-1)!}$	$\frac{z^{-m+1}}{(1 - z^{-1})^m}$
27.			$\frac{k(k-1)}{2!} a^{k-2}$	$\frac{z^{-2}}{(1 - az^{-1})^3}$
28.			$\frac{k(k-1)\dots(k-m+2)}{(m-1)!} a^{k-m+1}$	$\frac{z^{-m+1}}{(1 - az^{-1})^m}$