



**UTM**  
UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA

Sekolah Pendidikan Profesional dan  
Pendidikan Berterusan  
(UTMSPACE)

**FINAL EXAMINATION / PEPERIKSAAN AKHIR  
SEMESTER 2 – SESSION 2016 / 2017  
PROGRAM KERJASAMA**

**COURSE CODE** : DDPE 3133  
*KOD KURSUS*

**COURSE NAME** : CONTROL SYSTEMS  
*NAMA KURSUS* : SISTEM KAWALAN

**YEAR / PROGRAMME** : 3DDPB/3DDPE/3DDPK/3DDPP  
*TAHUN / PROGRAM*

**DURATION** : 2 HOURS 30 MINUTES / 2 JAM 30 MINIT  
*TEMPOH*

**DATE** : MARCH / APRIL 2017  
*TARIKH*

**INSTRUCTION/ARAHAN** :

SECTION A: ANSWER BOTH QUESTIONS  
SECTION B: ANSWER 2 (TWO) QUESTIONS ONLY

*BAHAGIAN A: JAWAB KEDUA-DUA SOALAN  
BAHAGIAN B: JAWAB 2 (DUA) SOALAN SAHAJA*

( You are required to write your name and your lecturer's name on your answer script )  
( *Pelajar dikehendaki tuliskan nama dan nama pensyarah pada skrip jawapan* )

<b>NAME / NAMA</b>	:	.....
<b>I.C NO. / NO. K/PENGENALAN</b>	:	.....
<b>YEAR / COURSE TAHUN / KURSUS</b>	:	.....
<b>COLLEGE NAME NAMA KOLEJ</b>	:	.....
<b>LECTURER'S NAME NAMA PENSYARAH</b>	:	.....

This examination paper consists of ... 10... pages including the cover  
*Kertas soalan ini mengandungi ..... 10..... muka surat termasuk kulit hadapan*

**PUSAT PENGAJIAN DIPLOMA  
SPACE  
UTM *International Campus*  
PETIKAN DARIPADA PERATURAN AKADEMIK**

**ARAHAN AM**

**1. PENYELEWENGAN AKADEMIK (SALAH LAKU PEPERIKSAAN)**

1.1 Pelajar tidak boleh melakukan mana-mana salah laku peperiksaan seperti berikut:-

- (a) Memberi atau menerima atau memiliki sebarang maklumat dalam bentuk elektronik, cetak atau apa-apa jua bentuk lain yang ada kaitan dengan sesuatu kursus semasa peperiksaan bagi kursus tersebut dijalankan sama ada di dalam atau di luar Dewan/Bilik Peperiksaan melainkan dengan kebenaran Ketua Pengawas.
- (b) Menggunakan maklumat yang diperolehi seperti di perkara 1(a) di atas bagi tujuan menjawab soalan peperiksaan.
- (c) Menipu atau cuba untuk menipu atau berkelakuan mengikut cara yang boleh ditafsirkan sebagai menipu atau cuba untuk menipu semasa peperiksaan sedang berjalan.
- (d) Lain-lain salah laku yang ditetapkan oleh Universiti.

**2. HUKUMAN**

2.1 Sekiranya pelajar didapati telah melakukan pelanggaran mana-mana peraturan peperiksaan ini, setelah dibicara oleh Jawatankuasa Akademik Fakulti dan disabitkan kesalahannya, Senat boleh mengambil tindakan dari mana-mana satu, atau kombinasi yang sesuai dari dua atau lebih hukuman-hukuman berikut :-

- (a) Memberi markah SIFAR (0) bagi keseluruhan keputusan peperiksaan mata pelajaran yang berkenaan. (Termasuk kerja kursus).
- (b) Memberi markah SIFAR (0) bagi semua mata pelajaran yang didaftarkan kepada semester tersebut.
- (c) Pelajar yang didapati melakukan kesalahan kali kedua hendaklah diambil tindakan tatatertib mengikut peruntukan Akta Universiti dan Kolej Universiti, 1971, Kaedah-kaedah Universiti Teknologi Malaysia (Tatatertib Pelajar-pelajar), 1999.

**SECTION A [BAHAGIAN A]**

ANSWER BOTH QUESTIONS

[JAWAB KEDUA-DUA SOALAN]

- Q1. (a) The total response of a system is the sum of the forced and natural responses. State the definitions of a stable, unstable and marginally stable system respectively based on the natural response.

*Sambutan penuh sesuatu sistem ialah jumlah sambutan paksa dan sambutan tabii. Nyatakan takrifan sistem stabil, tak stabil dan stabil jidar masing-masing berasaskan sambutan tabii.*

**(6 marks/markah)**

- (b) Using the Routh-Hurwitz criterion, determine the range of  $K$  for a control system to be stable, if its characteristic equation is

$$s^3 + s^2 + 77s + K = 0$$

*Dengan menggunakan kriteria Routh-Hurwitz, tentukan julat  $K$  supaya suatu sistem kawalan adalah stabil, sekiranya persamaan ciri sistem tersebut ialah*

$$s^3 + s^2 + 77s + K = 0$$

**(7 marks/markah)**

- (c) Given a unity feedback system that has the forward transfer function

$$G(s) = \frac{K}{(s+1)(s^2 + 4s + 5)}$$

- (i) Determine the open loop poles and zeroes.
- (ii) Determine the asymptotic point.
- (iii) Determine the asymptotic angle.
- (iv) Determine the gain,  $K$  at the imaginary axis crossing.
- (v) Determine the imaginary axis crossing point.
- (vi) Sketch the root locus of the system. It is not necessary to determine the angles of departure of the complex open loop poles.

*Diberikan satu sistem suapbalik unit mempunyai rangkap pindah hadapan*

$$G(s) = \frac{K}{(s+1)(s^2 + 4s + 5)}$$

- (i) *Tentukan kutub dan sifar gelung buka.*

- (ii) Tentukan titik asimptot.
- (iii) Tentukan sudut asimptot.
- (iv) Tentukan gandaan,  $K$  pada persilangan di paksi khayal.
- (v) Tentukan titik persilangan pada paksi khayal.
- (vi) Lakarkan londar punca sistem tersebut. Tidak perlu ditentukan sudut berlepas kutub-kutub gelung buka kompleks.

(12 marks/markah)

Q2. A control system has the open-loop transfer function given below:

$$G(s)H(s) = \frac{1.8 \times 10^4 K}{s(s+5)(s+60)^2}$$

For  $K = 5$ , sketch the Bode magnitude and phase plots using straight-line approximation.

Determine

- (i) the gain margin,  $G_M$
- (ii) the phase margin,  $\phi_M$
- (iii) the stability of the system
- (iv) the range of  $K$  for stability

[For magnitude plot, it is suggested to use a scale of 1 cm = 20 dB with maximum value of 40 dB and minimum value of -80 dB. For phase plot, use a scale of 1 cm = 45° with maximum value of 0° and minimum value of -360°. Use minimum frequency,  $\omega = 0.1$  rad/s]

Satu sistem kawalan mempunyai rangkaian pindah gelung buka seperti berikut:

$$G(s)H(s) = \frac{1.8 \times 10^4 K}{s(s+5)(s+60)^2}$$

Pada  $K = 5$ , lakarkan plot Bode magnitud dan fasa menggunakan kaedah penghampiran garis lurus. Tentukan

- (i) jidar gandaan,  $G_M$
- (ii) jidar fasa,  $\phi_M$
- (iii) kestabilan sistem
- (iv) julat  $K$  untuk kestabilan

[Untuk plot magnitud, dicadang gunakan skala 1 cm = 20 dB dengan nilai maksimum 40 dB dan nilai minimum -80 dB. Untuk plot fasa, gunakan skala 1 cm = 45° dengan nilai maksimum 0° dan nilai minimum -360°. Guna frekuensi minima,  $\omega = 0.1$  rad/s]

(25 marks/markah)

**SECTION B [BAHAGIAN B]**  
ANSWER TWO QUESTIONS ONLY  
[JAWAB DUA SOALAN SAHAJA]

- Q3. (a) Give three reasons for using feedback control systems.

*Berikan tiga sebab untuk menggunakan sistem kawalan suapbalik.*

**(6 marks/markah)**

- (b) Write the equations of motion for the translational mechanical system in Figure Q3(b) and obtain its transfer function,  $\frac{X_1(s)}{F(s)}$ .

*Tuliskan persamaan-persamaan pergerakan bagi sistem mekanikal peralihan dalam Rajah Q3(b) dan dapatkan rangka pindahnya,  $\frac{X_1(s)}{F(s)}$ .*

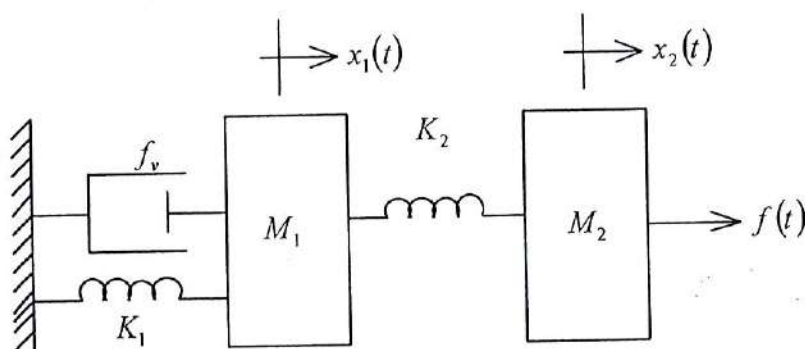


Figure Q3(b)/Rajah Q3(b)

**(9 marks/markah)**

- (c) Figure Q3(c) shows a rotational mechanical system.
- Transfer the components from gear  $N_1$  to gear  $N_2$ .
  - Draw the parallel electrical analogy circuit for the system.
  - Write down the system equations. [Do not solve the equations]

*Rajah Q3(c) menunjukkan sistem mekanik putaran.*

- Pindahkan komponen-komponen dari gear  $N_1$  ke gear  $N_2$ .*
- Lukiskan litar analogi elektrik selari bagi sistem tersebut.*
- Tuliskan persamaan-persamaan sistem tersebut. [Jangan selesaikan persamaan-persamaan tersebut]*

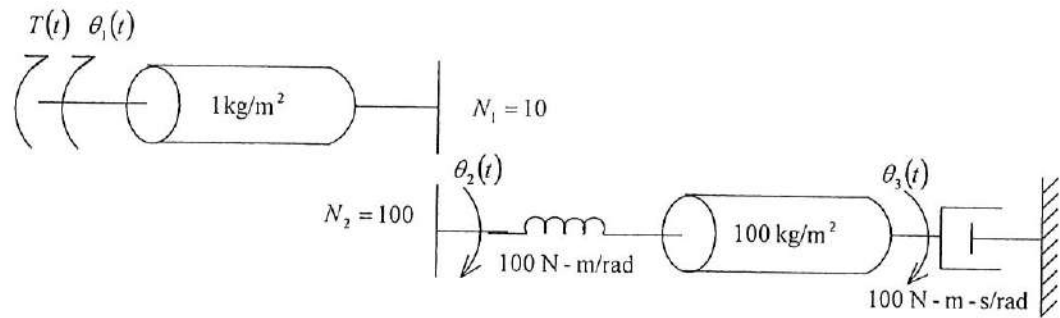


Figure Q3(c)/Rajah Q3(c)

(10 marks/markah)

- Q4. (a) Name the two components of a control system's time response.

*Namakan kedua-dua komponen sambutan masa sistem kawalan.*

(2 mark/markah)

- (b) Determine the closed-loop transfer function and thus determine the time constant,  $\tau$ , the rise time,  $T_r$ , the settling time,  $T_s$  and the steady state error,  $e(\infty)$  for the first order system in Figure Q4(b) if a test signal  $r(t) = u(t)$  is used.

*Tentukan rangkap pindah gelung-tertutup dan oleh itu pemalar masa,  $\tau$ , masa menaik,  $T_r$ , masa penganapan,  $T_s$ , dan ralat keadaan mantap,  $e(\infty)$ , bagi sistem tertib pertama dalam Rajah Q4(b) sekiranya isyarat ujian  $r(t) = u(t)$  digunakan.*

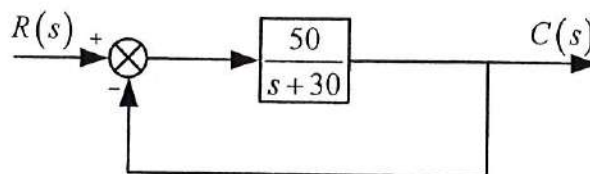


Figure Q4(b)/Rajah Q4(b)

(6 marks/markah)

- (c) Figure Q4(c) represents the block diagram of a process control system. Given the gain,  $K_p = 30$  and percentage of maximum overshoot, OS%, is 25% for a unit step input.

- (i) Determine the closed-loop transfer function.

- (ii) Determine the damping ratio,  $\zeta$ , and the natural frequency,  $\omega_n$ , of the system.
- (iii) Determine the required value of  $K_T$ .
- (iv) Calculate the peak time,  $T_p$  and the settling time,  $T_s$ .
- (v) Sketch the output response,  $c(t)$ . Show clearly the maximum amplitude,  $c_{\max}$ , the peak time,  $T_p$  and the settling time  $T_s$  in the sketch.

Rajah Q4(c) menunjukkan gambar rajah blok bagi sebuah sistem kawalan proses. Diberikan gandaan  $K_p = 30$  dan peratusan lajukan maksimum OS% ialah 25% bagi masukan unit langkah.

- (i) Tentukan rangkap pindah gelung-tutup.
- (ii) Tentukan nisbah redaman,  $\zeta$ , dan frekuensi tabii,  $\omega_n$ , sistem tersebut.
- (iii) Tentukan nilai  $K_T$ .
- (iv) Kirakan masa puncak,  $T_p$ , dan masa penganapan,  $T_s$ .
- (v) Lakarkan sambutan keluaran,  $c(t)$ . Tunjukkan dengan jelas amplitud maksimum,  $c_{\max}$ , masa puncak,  $T_p$ , dan masa penganapan  $T_s$  dalam lakaran tersebut.

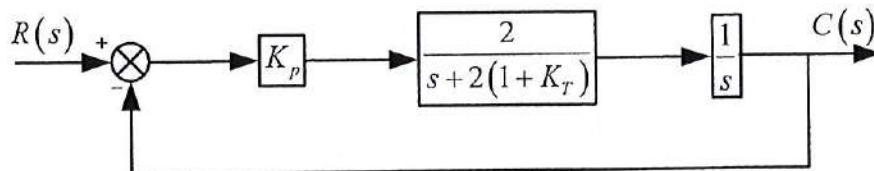


Figure Q4(c)/Rajah Q4(c)

(17 marks/markah)

- Q5. (a) State two advantages of signal-flow graphs compared to block diagrams.

Nyatakan dua kelebihan graf aliran-isyarat berbanding dengan gambar rajah blok.

(5 marks/markah)

- (b) Reduce the system shown in Figure Q5(b) to a single block. It is suggested that you begin by pushing  $G_1$  to the left past the pickoff point. Finally determine the transfer function relating the output  $C(s)$  to the input  $R(s)$ .

Ringkaskan sistem bagi Rajah Q5(b) kepada satu blok. Dicadangkan anda bermula dengan menggerakkan  $G_1$  ke kiri melepasi titik kutipan. Akhirnya tentukan rangkap pindah yang menghubungkan keluaran  $C(s)$  terhadap masukan  $R(s)$ .

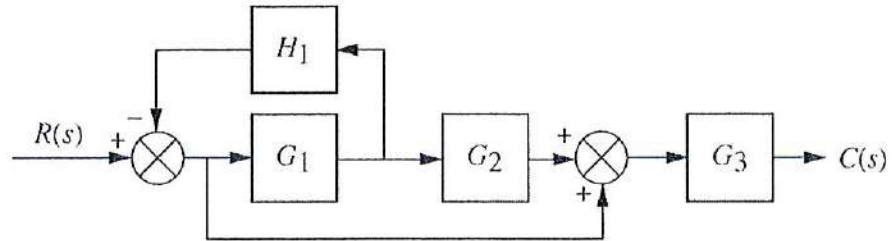


Figure Q5(b)/Rajah Q5(b)

(10 marks/markah)

- (c) Find the transfer function  $\frac{C(s)}{R(s)}$  for the system in Figure Q5(c) by using Mason's Rule.

Dapatkan rangkap pindah  $\frac{C(s)}{R(s)}$  bagi sistem dalam Rajah Q5(c) dengan menggunakan Aturan Mason.

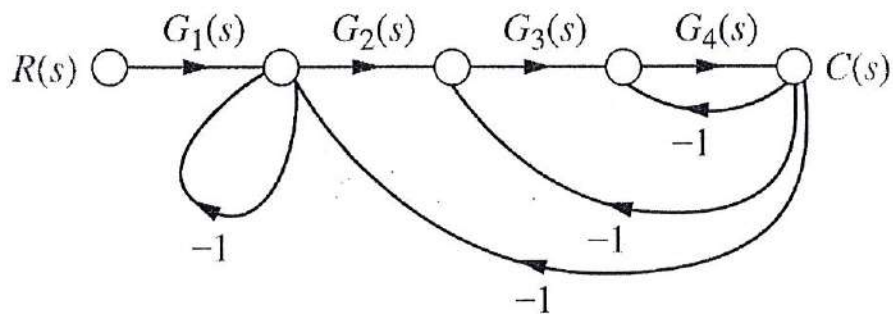


Figure Q5(c)/Rajah Q5(c)

(10 marks/markah)



**APPENDIX/LAMPIRAN**

**LAPLACE TRANSFORMS**  
**JELMAAN LAPLACE**

Laplace transform	Time function
$\frac{1}{s}$	1

**SECOND ORDER TIME DOMAIN SPECIFICATION**  
**(PENENTUAN DOMAIN MASA SISTEM TERTIB KEDUA)**

% Maximum overshoot,  $\%OS = e^{-\left(\zeta\pi/\sqrt{1-\zeta^2}\right)} \times 100$

(% Lajakan maksimum)  $\zeta = \frac{-\ln(\%OS/100)}{\sqrt{\pi^2 + \ln^2(\%OS/100)}}$

Peak time, *Masa puncak*,  $T_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1-\zeta^2}}$

Settling time, *Masa pengenapan*,  $T_s = \frac{4}{\zeta\omega_n}$  (for 2% criteria/untuk kriteria 2%)

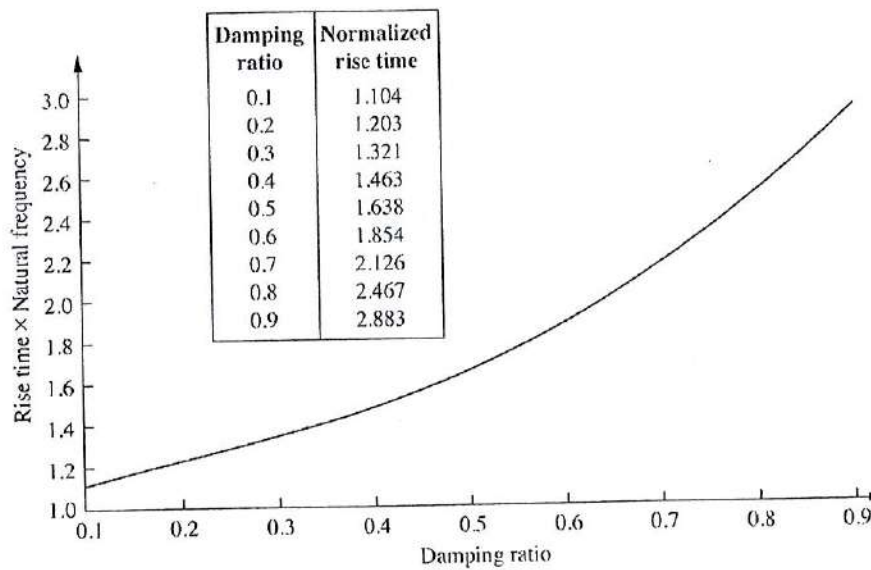


Figure 4.16  
© John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Steady state error, *Ralat keadaan mantap*,  $e_{ss} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{sR(s)}{1+G(s)}$