
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 2007/2008

April 2008

EEM 252 – REKABENTUK MEKATRONIK I

Masa: 3 jam

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi DUA BELAS muka surat dan DUA muka surat LAMPIRAN yang 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.

1. (a) Dalam konteks permodelan sistem, terangkan maksud sistem analog. Bincangkan dua kelebihan sistem analog dalam permodelan sistem.

In the context of systems modelling, explain the meaning of analogous systems? Discuss two advantages of using analogous systems in systems modeling.

(4 marks)

- (b) Pertimbangkan sistem yang diberi oleh $\ddot{y} + 3\dot{y} + 2y = 0$, dapatkan sambutan $y(t)$, subjek kepada

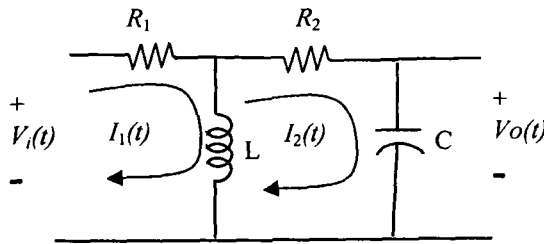
Consider the system given by $\ddot{y} + 3\dot{y} + 2y = 0$, obtain the response $y(t)$, subject

- (i) keadaan awal sifar.
zero initial condition.
- (ii) keadaan awal, $y(0) = 0.1$, $\dot{y}(0) = 0.05$.
 $y(0) = 0.1$, $\dot{y}(0) = 0.05$ as the initial condition.

(6 marks)

- (c) Terbitkan model matematik dalam domain Laplace bagi sistem elektrik yang ditunjukkan dalam Rajah 1(a). Input dan output sistem tersebut adalah $V_i(t)$ dan $V_o(t)$.

Derive a mathematical model in the Laplace domain for the electrical system shown in Figure 1(a). The input and output of the system are $V_i(t)$ and $V_o(t)$, respectively.



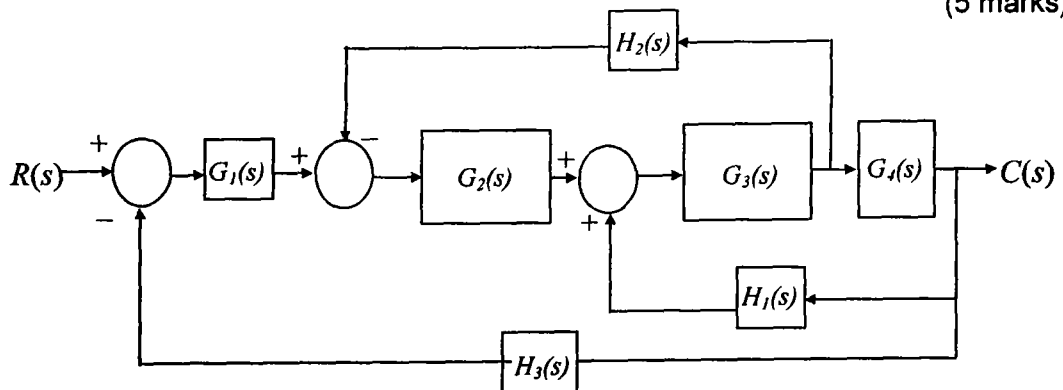
Rajah 1(a)
Figure 1(a)

(10 marks)

2. (a) Merujuk kepada Rajah 2(a), dapatkan rangkap pindah gelung tertutup $\frac{C(s)}{R(s)}$ bagi sistem tersebut dengan menggunakan teknik ringkasan rajah blok.

Referring to Figure 2(a), obtain the closed loop transfer function $\frac{C(s)}{R(s)}$ for the system by using the block diagram reduction technique.

(5 marks)



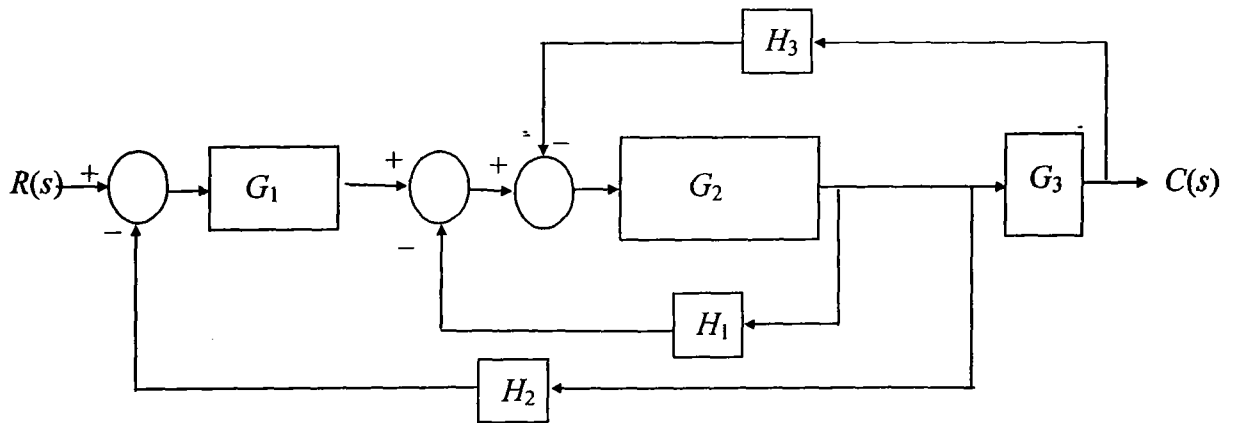
Rajah 2(a)
Figure 2(a)

...4/-

- (b) Merujuk kepada Rajah 2(b), lukiskan graf aliran isyarat bagi sistem tersebut, dan dapatkan rangkap pindah keseluruhan bagi sistem tersebut.

Referring to Figure 2(b), draw a signal flow graph for the system, and obtain the overall transfer function of the system.

(5 marks)



Rajah 2(b)
Figure 2(b)

- (c) Merujuk kepada sistem yang ditunjukkan dalam Rajah 2(c),

Referring to the system shown in Figure 2(c),

- (i) Tentukan persamaan ciri bagi sistem tersebut.

Determine the characteristic equation of the system.

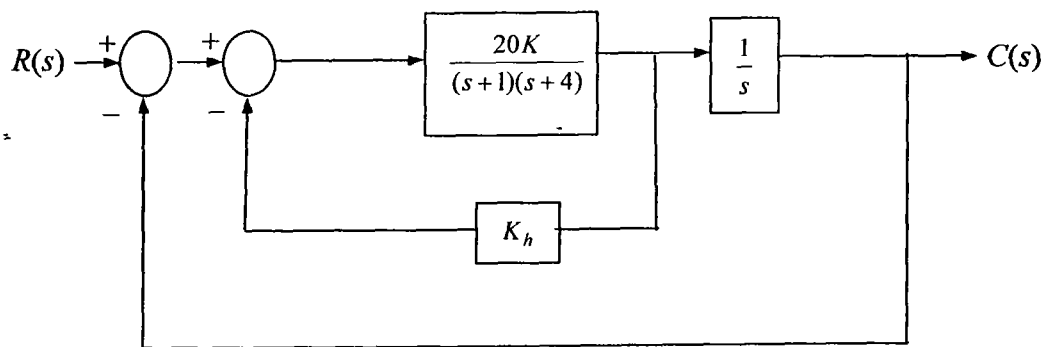
- (ii) Tentukan julat kestabilan bagi K dan K_h (K_h mestilah positif).

Determine the ranges of stability for K and K_h (K_h must be positive).

- (iii) Tentukan kawasan kestabilan dalam satah $K - K_h$ (K sebagai paksi x dan K_h sebagai paksi y).

Determine the stability region in the $K - K_h$ plane (K as the x axis and K_h as the y axis).

(10 marks)



Rajah 2(c)
Figure 2(c)

3. (a) (i) Terangkan Kriteria Kestabilan Routh, dan bincangkan satu kelebihan dan satu kekurangan Kriteria Kestabilan Routh. Bincangkan juga dua kes istimewa dalam penggunaan Kriteria Kestabilan Routh.

Explain the Routh Stability Criterion, and discuss one advantage and one disadvantage of the Routh Stability Criterion. Discuss also two special cases in the use of Routh Stability Criterion.

(4 marks)

- (ii) Pertimbangkan persamaan ciri berikut:

Consider the following characteristic equation:

$$s^3 + 3408.3s^2 + 1204000s + (1.5 \times 10^7)K = 0$$

...6/-

Dengan menggunakan Kriteria Kestabilan Routh, tentukan nilai K supaya sekurang-kurangnya satu kutub/sifar akan berada di paksi khayalan dan tiada dalam sebelah kanan satah s .

By using the Routh Stability Criterion, determine the value of K such that at least one pole/zero will lie on the imaginary axis and none in the right-half s plane.

(2 marks)

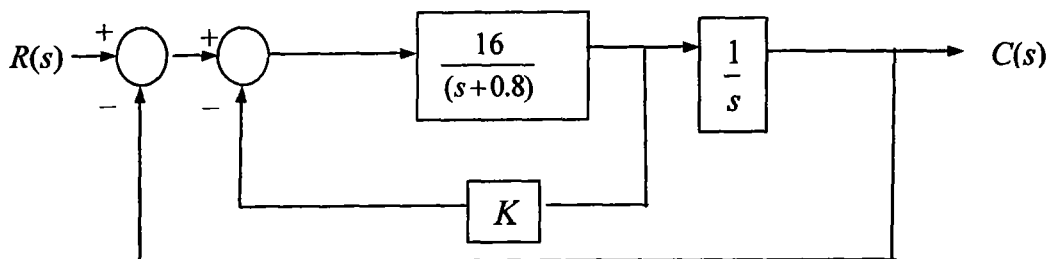
(b) Merujuk kepada sistem yang ditunjukkan dalam Rajah 3(a), tentukan K agar nisbah redaman adalah 0.5. Kemudian, dapatkan

Referring to the system in Figure 3(a), determine K such that the damping ratio is 0.5. Then, obtain

- (i) masa naik;
Rise time;
- (ii) masa puncak;
Peak time;
- (iii) lanjakan maksimum;
maximum overshoot;
- (iv) masa tetap (kriteria 4%)
settling time (4% criterion)

bagi suatu masukan langkah
for a unit-step input

(6 marks)



Rajah 3(a)
Figure 3(a)

...7/-

(c) Diberi suatu sistem seperti dalam Rajah 3(b), dapatkan

Given the system shown in Figure 3(b), obtain

(i) pemalar ralat kedudukan, halaju, dan pecutan.

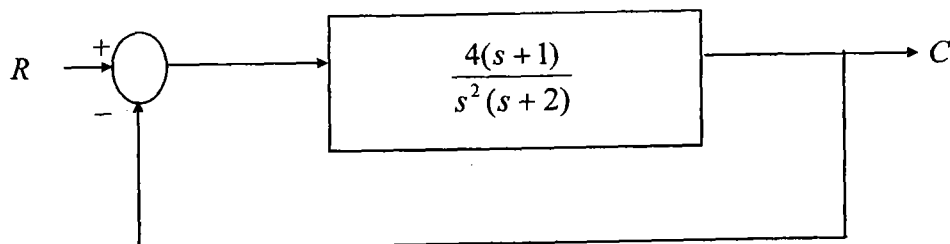
the position, velocity, and acceleration error constants.

(ii) ralat keadaan mantap bagi masukan unit langkah, unit tanjakan, dan unit parabola.

the steady-state errors for unit-step, unit-ramp, and unit parabolic inputs.

(iii) ralat keadaan mantap bagi masukan $R = \frac{3}{s} - \frac{1}{s^2} + \frac{1}{2s^3}$.

the steady-state error when the input is $R = \frac{3}{s} - \frac{1}{s^2} + \frac{1}{2s^3}$.



Rajah 3(b)
Figure 3(b)

(8 marks)

4. (a) Terangkan dua jenis pemasa dengan lakaran yang sesuai yang terdapat dalam pengawal logik aturcara.

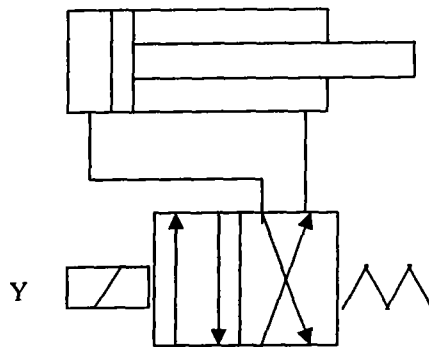
Explain with drawings two types of timer available in programmable logic controller.

(6 marks)

- (b) Satu silinder 2 tindakan dikawal oleh empat input suis (A,B,C,D) untuk anjakan balik dan keluar ditunjukkan dalam Rajah 4(b). Jadual kebenaran diberikan seperti di Jadual 4(b). Rekabentuk satu litar logik yang teringkas untuk pengawal logik aturcara untuk mengawal proses tersebut.

One double acting cylinder shown in Figure 4 is controlled with four input switches (A, B, C, D) for advancing and retracting. The truth table is given in Table 4(b). Design a ladder diagram for programmable logic controller to control the mentioned process.

(14 markah)



Rajah 4(b)
Figure 4(b)

Jadual 4(b)
Table 4(b)

A	B	C	D	Y
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

5. (a) Terangkan dengan lakaran yang sesuai dua cara untuk mengawal halaju silinder pneumatik.

Explain with drawing and sketches two methods of controlling the speed of pneumatic cylinder.

(4 marks)

...10/-

- (b) Rekabentuk satu litar elektropneumatik yang dikawal oleh pengawal logik aturcara untuk mengawal operasi dua silinder yang ditunjukkan pada Rajah 5(b). Bahan kerja dimasukkan ke dalam alat pengapit dengan tangan. Silinder pengapit 1A akan menganjak keluar apabila suis mula ditekan. Apabila bahan kerja diapitkan, ia akan menggerudi bahan kerja melalui silinder 2A dan silinder 2A akan menganjak kembali ke kedudukan asal. Kemudian silinder 1A akan melepaskan bahan kerja. Peniup 3Z dipasangkan semasa silinder 2A menggerudi dan dihentikan apabila silinder 2A menganjak kembali ke kedudukan asal.

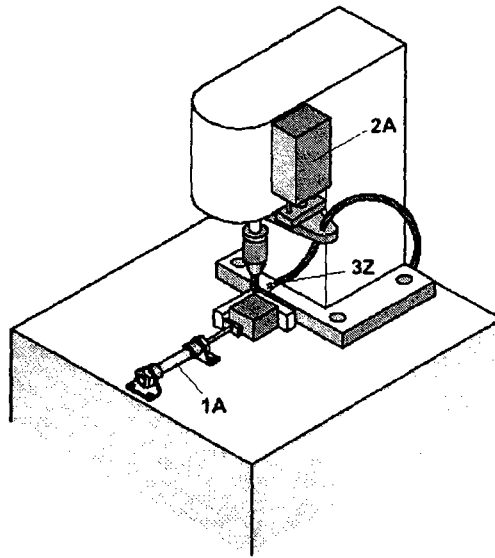
Design a PLC controlled electropneumatic circuit to control the operation of two cylinders shown in Figure 5(b). Workpieces are inserted into the clamping device by hand. Clamping cylinder 1A is to extend when the start button is pressed. When the workpiece is clamped, it is to be drilled via feed unit 2A and the drill retract after drilling. Then the clamping cylinder 1A is to release the workpiece. Blower 3Z is switched on when the drilling proses is started and it will be stopped when the cylinder 2A retract to original position.

- (i) Lukis gambarajah langkah masa untuk masalah tersebut di atas.
Draw the displacement step diagram of the above problem.
- (ii) Lukis litar kawalan electropneumatik (litar pneumatik, gambarajah pendawaian elektrik dan gambarajah tangga).

Draw the PLC controlled electropneumatic circuit (pneumatic diagram, electrical wiring diagram and ladder diagram).

(16 markah)

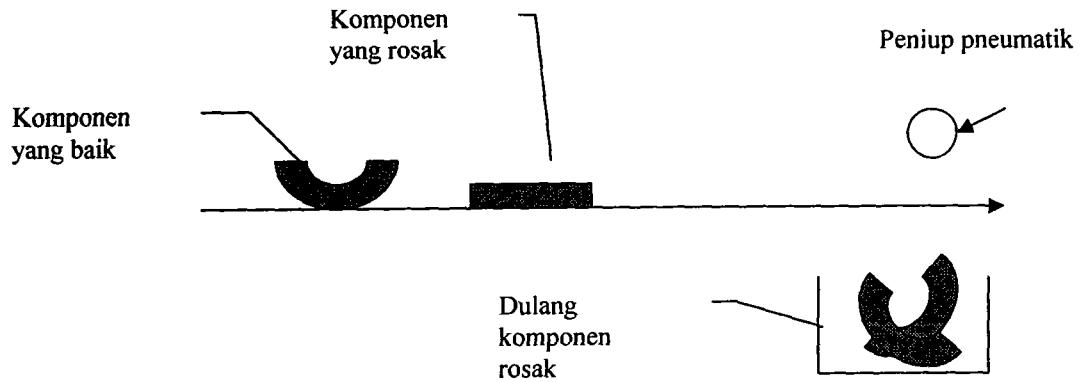
...11/-



Rajah 5(b)
Figure 5(b)

6. (a) Terangkan pengaturcaraan menggunakan “sequential function chart”.
Explain Sequential Function Chart Programming. (4 markah)
- (b) PLC digunakan untuk mengesan dan menolak komponen besi yang rosak. Lakaran sistem ditunjukkan pada Rajah 6(b). Komponen dihantar di atas penghantar. Komponen yang rosak akan ditiup keluar ke dulang komponen rosak dengan peniup pneumatik.

PLC is used to inspect metal parts. The sketch is shown in the Figure 6(b). The metal parts are transferred on a conveyor. Sensor is used to detect the defects. The defective metal parts are then rejected by using a pneumatic blow.



Rajah 6(b)
Figure 6(b)

- (i) Rekabentuk satu mekanisme untuk mengesan komponen rosak dengan menggunakan penderia yang sesuai. Terangkan bagaimana penderia tersebut berfungsi.

Suggest a mechanism to detect the defective metal by using sensors. Describe how they work and design the ladder diagram.

- (ii) Lakarkan pendawaian alatan input dan output kepada PLC.

Sketch the wiring diagram for the input and output devices.

- (iii) Rekabentuk gambarajah tangga untuk mengawal proses tersebut.

Design a ladder diagram to control the process.

(16 markah)

ooo0ooo

Lampiran—Jadual Jelmaan Laplace

	$x(t)$	$X(s)$
1	Unit impulse, $\delta(t)$	1
2	Unit step, $1(t)$	$\frac{1}{s}$
3	T	$\frac{1}{s^2}$
4	$\frac{t^{n-1}}{(n-1)!} (n=1,2,3,\dots)$	$\frac{1}{s^n}$
5	$t^n (n=1,2,3,\dots)$	$\frac{n!}{s^{n+1}}$
6	e^{-at}	$\frac{1}{s+a}$
7	te^{-at}	$\frac{1}{(s+a)^2}$
8	$\frac{1}{(n-1)!} t^{n-1} e^{-at} (n=1,2,3,\dots)$	$\frac{1}{(s+a)^n}$
9	$t^n e^{-at} (n=1,2,3,\dots)$	$\frac{n!}{(s+a)^{n+1}}$
10	$\sin \omega t$	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$
11	$\cos \omega t$	$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$
12	$\sinh \omega t$	$\frac{\omega}{s^2 - \omega^2}$
13	$\cosh \omega t$	$\frac{s}{s^2 - \omega^2}$
14	$\frac{1}{a}(1 - e^{-at})$	$\frac{1}{s(s+a)}$
15	$\frac{1}{b-a}(e^{-at} - e^{-bt})$	$\frac{1}{(s+a)(s+b)}$
16	$\frac{1}{b-a}(be^{-bt} - ae^{-at})$	$\frac{s}{(s+a)(s+b)}$
17	$\frac{1}{ab} \left[1 + \frac{1}{a-b}(be^{-at} - ae^{-bt}) \right]$	$\frac{1}{s(s+a)(s+b)}$

Lampiran—Jadual Jelmaan Laplace

18	$\frac{1}{a^2}(1 - e^{-at} - ate^{-at})$	$\frac{1}{s(s+a)^2}$
19	$\frac{1}{a^2}(at - 1 + e^{-at})$	$\frac{1}{s^2(s+a)}$
20	$e^{-at} \sin \omega t$	$\frac{\omega}{(s+a)^2 + \omega^2}$
21	$e^{-at} \cos \omega t$	$\frac{s+a}{(s+a)^2 + \omega^2}$
22	$\frac{\omega_n}{\sqrt{1-\zeta^2}} e^{-\zeta\omega_n t} \sin(\omega_n \sqrt{1-\zeta^2} t)$	$\frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$
23	$-\frac{1}{\sqrt{1-\zeta^2}} e^{-\zeta\omega_n t} \sin(\omega_n \sqrt{1-\zeta^2} t - \phi)$ $\phi = \tan^{-1} \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta}$	$\frac{s}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$
24	$1 - \frac{1}{\sqrt{1-\zeta^2}} e^{-\zeta\omega_n t} \sin(\omega_n \sqrt{1-\zeta^2} t + \phi)$ $\phi = \tan^{-1} \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta}$	$\frac{\omega_n^2}{s(s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2)}$
25	$1 - \cos \omega t$	$\frac{\omega^2}{s(s^2 + \omega^2)}$
26	$\omega t - \sin \omega t$	$\frac{\omega^3}{s^2(s^2 + \omega^2)}$
27	$\sin \omega t - \omega t \cos \omega t$	$\frac{2\omega^3}{(s^2 + \omega^2)^2}$
28	$\frac{1}{2\omega} t \sin \omega t$	$\frac{s}{(s^2 + \omega^2)^2}$
29	$t \cos \omega t$	$\frac{s^2 - \omega^2}{(s^2 + \omega^2)^2}$
30	$\frac{1}{\omega_2^2 - \omega_1^2} (\cos \omega_1 t - \cos \omega_2 t) \quad (\omega_1^2 \neq \omega_2^2)$	$\frac{s}{(s^2 + \omega_1^2)(s^2 + \omega_2^2)}$
31	$\frac{1}{2\omega} (\sin \omega t + \omega t \cos \omega t)$	$\frac{s^2}{(s^2 + \omega^2)^2}$