

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
Academic Session 2010/2011

November 2010

**EMC 311/3 – Mechatronic**  
***Mekatronik***

Duration : 2 hours  
*Masa : 2 jam*

---

**INSTRUCTIONS TO CANDIDATE:**  
**ARAHAN KEPADA CALON:**

Please check that this paper contains **NINE (9)** printed pages and **FOUR (4)** questions before you begin the examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **SEMBILAN (9)** mukasurat bercetak dan **EMPAT (4)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.*

Answer **ALL** questions.  
*Jawab **SEMUA** soalan.*

You may answer all questions in **English** OR **Bahasa Malaysia** OR a combination of both.  
*Calon boleh menjawab semua soalan dalam **Bahasa Malaysia** ATAU **Bahasa Inggeris** ATAU kombinasi kedua-duanya.*

Answer to each question must begin from a new page.  
*Jawapan untuk setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.*

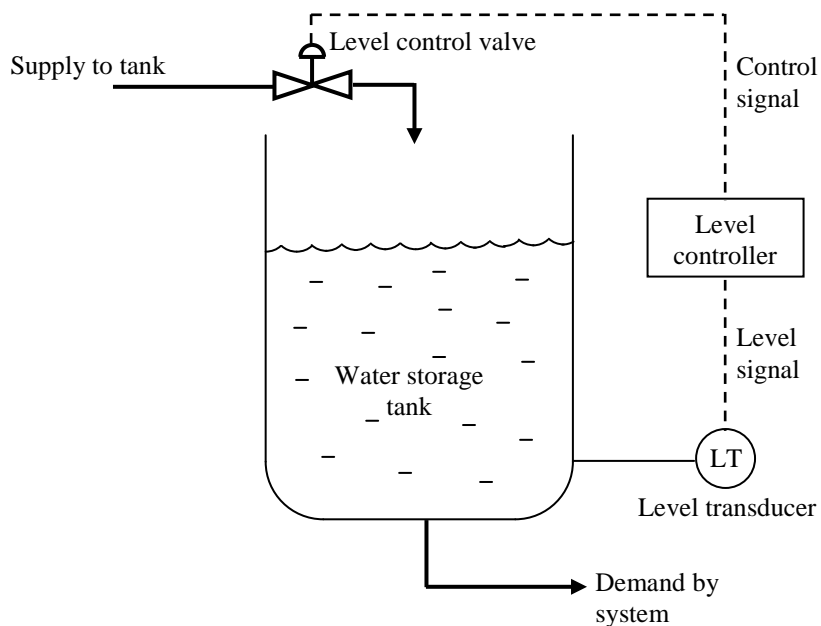
In the event of any discrepancies, the English version shall be used.  
*Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.*

- Q1. [a] With the aid of block diagrams, explain the difference between an open-loop control system and a closed-loop control system. Why the closed-loop control system is usually preferred in the design of a mechatronic system?**

**Figure Q1[a] shows a closed-loop control system for controlling the level of water in supply tank. Identify the five basic elements in the control system.**

*Dengan bantuan gambarajah blok, terangkan perbezaan antara sistem kawalan gelung terbuka dan sistem kawalan gelung tertutup. Apakah sebabnya sistem gelung tertutup lazim digunakan dalam reka bentuk sistem mekatronik?*

*Rajah S1[a] menunjukkan sistem kawalan gelung tertutup bagi mengawal paras air di dalam sebuah tangki bekalan. Kenalpasti kelima-lima elemen asas dalam sistem kawalan tersebut.*

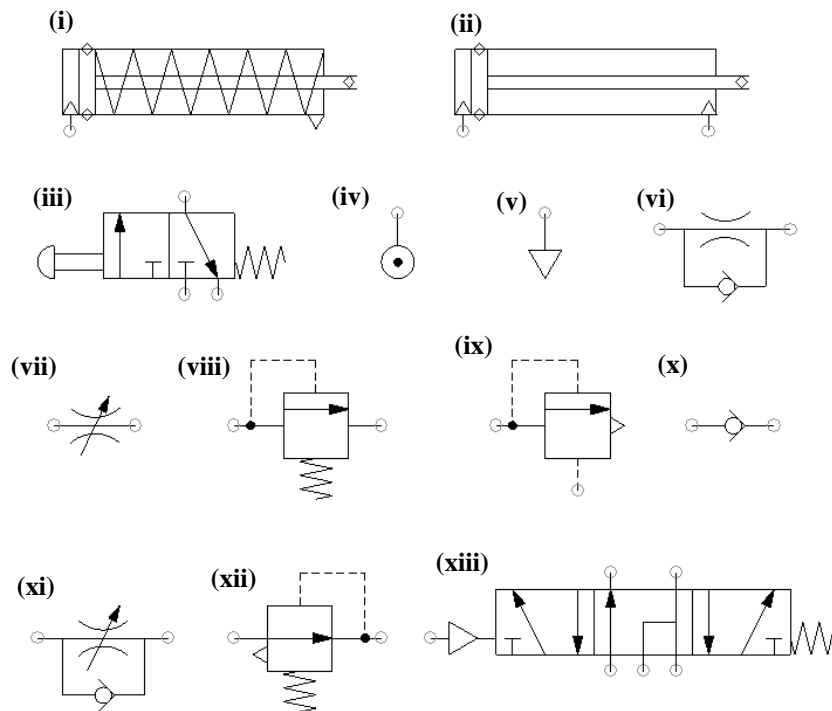


**Figure Q1[a]**  
*Rajah S1[a]*

**(40 marks/markah)**

- [b] Figure Q1[b] shows various pneumatic symbols commonly used in designing a pneumatic actuation system. Name each of the symbols.**

*Rajah S1[b] menunjukkan pelbagai simbol pneumatik yang lazim digunakan dalam reka bentuk sistem pemicuan pneumatik. Namakan setiap simbol tersebut.*



**Figure Q1[b]**  
Rajah S1[b]

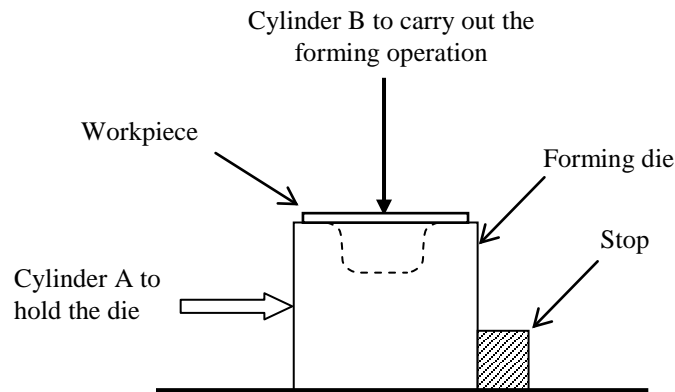
(20 marks/markah)

- [c] Using only the pneumatic components given in Figure Q1[b] design a pneumatic circuit to carry out the forming operation shown in Figure Q1[c]. The operation uses two pneumatic cylinders, one to hold the forming die against a stop and the other to press the workpiece to form the part. The entire operation must be carried out using a single push button.

If a 25 mm diameter single-cylinder is used for the forming operation and a force of 200 N is required, determine the minimum pressure required to carry out the operation. Assume that the spring has stiffness  $k = 200 \text{ N/m}$  and the cylinder extends by 100 mm during the operation.

*Dengan menggunakan hanya komponen-komponen pneumatik yang diberikan dalam Rajah S1[b] reka bentuk litar pneumatik untuk menjalankan operasi pembentukan yang ditunjukkan dalam Rajah S1[c]. Operasi tersebut menggunakan dua silinder pneumatik, satu untuk memegang acuan pembentukan terhadap penghalang dan yang satu lagi untuk menekan bahan kerja bagi membentuk komponen. Keseluruhan operasi perlu dilakukan dengan menggunakan hanya satu butang ditekan.*

*Jika suatu silinder tindakan tunggal bergaris pusat 25 mm digunakan untuk operasi pembentukan dan daya sebanyak 200 N diperlukan, tentukan tekanan minimum yang diperlukan untuk menjalankan operasi tersebut. Andaikan bahawa pegas mempunyai kekakuan  $k = 200 \text{ N/m}$  dan silinder memanjang sebanyak 100 mm semasa operasi.*



**Figure Q1[c]**  
*Rajah S1[c]*

(40 marks/markah)

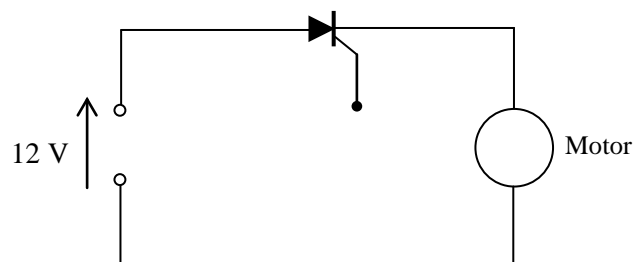
- Q2. [a] Explain the difference between a diode and a thyristor. Illustrate with the  $I$ - $V$  characteristic curves.**

*Terangkan perbezaan antara diod dengan tiristor. Ilustrasi dengan lengkung-lengkung ciri  $I$ - $V$ .*

(15 marks/markah)

- [b] Figure 2[b] shows a circuit using a thyristor to control the speed of a d.c. motor. The supply voltage is 12 V. The thyristor has a forward breakdown voltage of 1.5 V. An alternating current supplied to the gate  $G$  allows the thyristor to be switched on for 2 seconds and switched off for 3 seconds in a continuous manner. Calculate the average voltage supplied to the motor.**

*Rajah S2[b] menunjukkan tiristor yang digunakan untuk mengawal kelajuan motor d.c. Voltan bekalan ialah 12 V. Tiristor tersebut mempunyai voltan runtuh hadapan sebanyak 1.5 V. Arus ulangalik yang dibekalkan kepada get  $G$  membolehkan tiristor dihidupkan selama 2 saat dan dimatikan selama 3 saat secara berterusan. Kira voltan purata yang dibekalkan kepada motor.*



**Figure Q2[b]**  
*Rajah S2[b]*

(15 marks/markah)

- [c] **Draw the circuit diagrams for (i) a series d.c. motor and (ii) a shunt d.c. motor. Derive the equations for the torque developed by each motor. A d.c. motor takes in an armature current of 2 mA and produces a torque of 5 Nm when it is series connected. Determine the armature current if the torque is doubled.**

*Lukis gambarajah litar bagi (i) motor a.t. siri dan (ii) motor a.t. pirau. Terbit persamaan-persamaan bagi tork yang dihasilkan oleh setiap motor. Sebuah motor a.t. mengambil arus angker sebanyak 2 mA dan menghasilkan tork sebanyak 5 Nm apabila disambung bersiri. Tentukan arus angker jika tork digandakan.*

**(30 marks/markah)**

- [d] **Figure Q2[d] shows the basic arrangement of a two-plate capacitor. The length of each plate is  $l$  while its width (perpendicular to the diagram) is  $w$ . The dielectric material is displaced by  $x$  as shown.**

**If the capacitance  $C$  between two parallel plates is given by**

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_1 A}{d}$$

**where  $A$  is the area of overlap between the plates,  $d$  is the separation between the plates,  $\epsilon_1$  is the dielectric constant of the material between the plates and  $\epsilon_0$  is a constant, derive an expression for the total capacitance  $C_T$  for the capacitor shown in the figure. Given that the total capacitance is the sum of capacitances of the two parts of the plate (with and without the dielectric material). Take dielectric constant for air as  $\epsilon_a$ .**

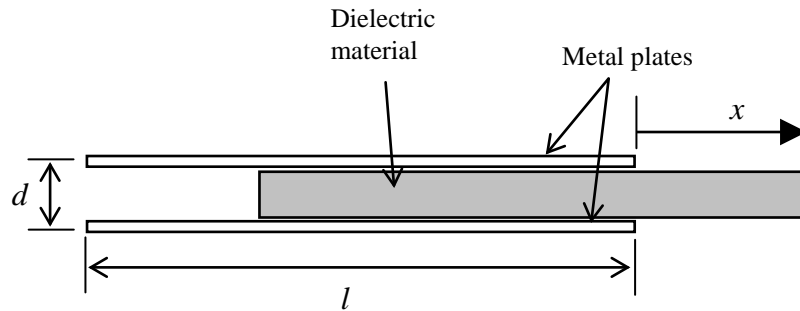
**Hence, derive an expression for the change in capacitance  $\Delta C$  due to the displacement of the dielectric material.**

*Rajah S2[d] menunjukkan susunan asas bagi kapasitor dua-plat. Panjang setiap plat ialah  $l$  manakala lebar (berserenjang kepada gambarajah) ialah  $w$ . Bahan dielektrik dianjukkan sebanyak  $x$  seperti ditunjukkan.*

*Jika kapasitans  $C$  di antara dua plat selari diberikan oleh*

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_1 A}{d}$$

*di mana  $A$  ialah kawasan bertindih antara plat,  $d$  ialah jarak antara plat  $\epsilon_1$  ialah pemalar dielektrik bahan antara plat dan  $\epsilon_0$  ialah pemalar, terbitkan suatu ungkapan untuk jumlah kapasitans  $C_T$  bagi kapasitor yang ditunjukkan dalam rajah tersebut. Diberikan bahawa jumlah kapasitans ialah hasil tambah kapasitans bagi kedua-dua bahagian plat (dengan dan tanpa bahan dielektrik). Ambil pemalar dielektrik bagi udara sebagai  $\epsilon_a$ . Seterusnya, terbitkan suatu ungkapan bagi perubahan kapasitans  $\Delta C$  akibat daripada anjakan pada bahan dielektrik.*



**Figure Q2[d]**  
Rajah S2[d]

(40 marks/markah)

- Q3. [a] Explain the THREE types of memories that exist in a programmable logic controller (PLC).**

*Terangkan TIGA jenis ingatan yang terdapat dalam sebuah pengawal logik bolehaturcara (PLC).*

(15 marks/markah)

- [b] Explain how does the mass input/output copying method avoids delaying input reading of programmable logic controller (PLC).**

*Terangkan bagaimana kaedah salinan masukan/keluaran massa mengelakkan penangguhan bacaan masukan pengawal logik bolehaturcara (PLC).*

(20 marks/markah)

- [c] A programmable logic controller (PLC) is used to control a press machine actuated by a hydraulic cylinder. Two push buttons are used to activate the cylinder and a NPN photo sensor with three wires is used to limit the cylinder rod movement. Sketch and label the electrical circuit connecting the PLC input and output terminals to the push buttons, the sensor and the directional solenoid valve.**

*Sebuah pengawal logik bolehaturcara (PLC) digunakan bagi mengawal sebuah mesin penekan yang dipacu oleh sebuah silinder hidraulik. Dua butang tekan diguna bagi mengaktifkan silinder tersebut dan satu penderia foto NPN dengan tiga wayar diguna bagi menghadkan pergerakan batang silinder. Lakarkan dan labelkan litar elektrik menyambungkan terminal-terminal masukan dan keluaran PLC kepada butang-butang tekan, penderia dan injap solenoid arah tersebut.*

(35 marks/markah)

- [d]** A programmable logic controller (PLC) is used to control a machine which has two sensors, a solenoid and a heater. Construct a ladder diagram connecting input and output devices that will function following the truth table shown in Table Q3[d]. Analyze and identify the logic operation of the ladder diagram.

*Sebuah pengawal logik bolehaturcara (PLC) digunakan bagi mengawal sebuah mesin yang mempunyai dua penderia, satu solenoid dan satu pemanas. Bina satu rajah tetangga yang menyambungkan peranti-peranti masukan dan keluaran yang akan berfungsi mengikut jadual kebenaran yang ditunjukkan dalam Jadual S3[d]. Analisa dan kenalpasti operasi rajah tetangga tersebut.*

**Table Q3[d]**  
*Jadual S3[d]*

Input Device (Terminal)		Output Device (Terminal)	
Sensor A (000.00)	Sensor B (000.01)	Solenoid (010.00)	Heater (010.01)
0	0	0	1
0	1	1	1
1	0	1	1
1	1	1	0

**(30 marks/markah)**

- Q4. [a]** A programmable logic controller (PLC) is used to control a DC motor which drives a conveyor. Construct a ladder diagram that will stop the motor after a photo sensor detecting 30 products passing on the conveyor and activate the motor again after 50 seconds stop.

*Sebuah pengawal logik bolehaturcara (PLC) digunakan bagi mengawal sebuah motor DC yang memacu sebuah talisawat. Bina suatu rajah tetangga yang akan memberhentikan motor tersebut selepas sebuah penderia foto mengesan 30 produk melintasi di atas talisawat dan mengaktifkan motor tersebut kembali selepas 50 saat berhenti.*

**(30 marks/markah)**

- [b]** A programmable logic controller (PLC) is used to control the temperature of a chamber by switching a heater or a motor fan. The temperature of the chamber is measured by a thermocouple which is connected to analog-to-digital converter (ADC) and then the PLC input terminals. The analog value of the thermocouple is stored in PLC memory 204 and the reference temperature is set in PLC memory 208. Draw a ladder diagram that will switch ON the heater when the chamber temperature less than the reference temperature and will switch ON the motor fan when the chamber temperature more than the reference temperature.

*Sebuah pengawal logik bolehaturcara (PLC) digunakan bagi mengawal suhu sebuah kebuk dengan menghidupkan sebuah pemanas atau sebuah kipas motor. Suhu kebuk tersebut diukur dengan satu pengganding suhu yang disambung kepada penukar analog ke digital dan seterusnya terminal-terminal masukan PLC. Nilai analog pengganding suhu disimpan dalam ingatan PLC 204 dan suhu rujukan diset dalam ingatan PLC 208. Lukis satu rajah tetangga yang akan menghidupkan pemanas bila suhu kebuk kurang dari suhu rujukan dan akan menghidupkan kipas motor bila suhu kebuk lebih dari suhu rujukan.*

**(30 marks/markah)**

**[c] Convert octal number 38645 to the following number system:**

- (i) Decimal**
- (ii) Binary**
- (iii) Hexadecimal and**
- (iv) Binary coded decimal (BCD).**

*Tukarkan nombor perlapanan 38645 kepada sistem nombor berikut:*

- (i) perpuluhan,*
- (ii) perduaan,*
- (iii) perenambelasan dan*
- (iv) perpuluhan berkod binari (BCD).*

**(20 marks/markah)**

**[d] Use product of the sum method to obtain the Boolean equation from the truth table shown in Table Q4[d] and then use Boolean Algebra and De Morgan Law to simplify the equation.**

*Gunakan kaedah jumlah darab untuk mendapatkan persamaan Boolean daripada jadual kebenaran yang ditunjukkan dalam Jadual S4[d] dan kemudian gunakan Aljebra Boolean and Hukum De Morgan untuk meringkaskan persamaan tersebut.*



**Table Q4[d]**  
*Jadual S4[d]*

Input				Output
A	B	C	D	Q
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

**(20 marks/markah)**

**-oooOOooo-**