

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
2014/2015 Academic Session

December 2014 / January 2015

**EMC 311 – Mechatronics**  
*Mekatronik*

Duration : 2 hours  
*Masa : 2 jam*

---

Please check that this paper contains **EIGHT** printed pages and **FOUR** questions before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **LAPAN** mukasurat dan **EMPAT** soalan yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.]*

**INSTRUCTIONS** : Answer **ALL** questions.

*[**ARAHAN** : Jawab **SEMUA** soalan.]*

Answer questions in English OR Bahasa Malaysia.

*[Jawab soalan dalam Bahasa Inggeris ATAU Bahasa Malaysia.]*

Answer to each question must begin from a new page.

*[Jawapan bagi 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. Mr. Ali wants to modify his normal bike to be an electric bike. He has the following specifications in mind;**

**-Maximum speed : 7.2km/h ( 2m/s).**

**-Wheel diameter : 0.4m**

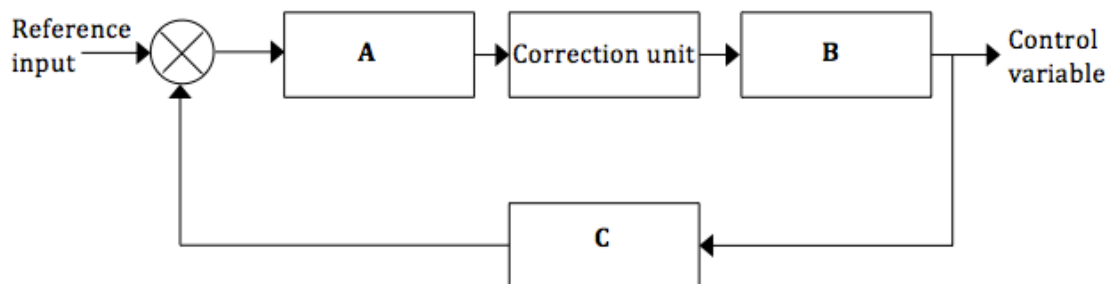
**As a preparation, he has purchased a sensor to measure wheel's rotational speed, a Raspberry Pi as a controller, DC series motor that drives the wheel and 24V battery. With his knowledge in mechatronics, he considers this, as engineering problems. Thus, he needs to figure out the design and control variables of his soon-to-be an electric bike. With the aid of the control diagram in Figure Q1, answer the following questions.**

*En. Ali ingin mengubahsuaikan basikal biasa kepada basikal elektrik. Basikal yang ingin diubahsuaikan mempunyai spesifikasi seperti berikut,*

*-Kelajuan maksima 7.2km/j*

*-Ukuran rentas roda 0.4m*

*Sebagai persediaan, beliau telah membeli penderia untuk mengesan laju putaran roda, sebuah Raspberry Pi sebagai pengawal, motor AT bersiri sebagai pemacu roda dan bateri 24V. Dengan pengetahuan dalam bidang mekatronik, beliau menganggap ianya sebagai masalah kejuruteraan. Oleh itu, beliau perlu meneliti pembolehubah rekabentuk dan kawalan terhadap basikal elektriknya itu. Dengan bantuan Rajah S1, jawab soalan berikut.*



**Figure Q1**  
*Rajah S1*

**[a] Based on the components that he purchased, which component is suitable to be used in A?**

*Berdasarkan komponen yang telah dibeli, komponen manakah yang sesuai digunakan dalam A?*

**(5 marks/ markah)**

**[b] What process is taking place in B?**

*Apakah proses yang berlaku dalam B?*

**(5 marks/ markah)**

**[c] In your opinion, what type of sensor he purchased to be used in C?**

*Pada pendapat anda, apakah jenis sensor yang dibeli oleh beliau untuk digunakan dalam C?*

**(5 marks/ markah)**

- [d] Calculate the distance travelled by the bike for one full wheel rotation. If the wheel rotates at 10 RPM (rotational per minute), what is the speed of the bike in m/s?**

*Kira jarak yang dilalui oleh basikal tersebut untuk satu pusingan roda lengkap. Apakah halaju basikal tersebut dalam m/s jika roda berputar pada kadar 10 PPM (putaran per minit)?*

**(20 marks/markah)**

- [e] The bike is set to travel at 7.2km/h. What would be the value of reference input? Assuming the controller produces no error, what is the value of control variable?**

*Sekiranya basikal tersebut beroperasi pada halaju 7.2 km/j, apakah nilai rujukan masukan? Anggapkan bahawa pengawal tersebut tidak menghasilkan ralat, apakah nilai pebolehubah kawalan?*

**(25 marks/markah)**

- [f] The Raspberry Pi operates at 3.3 volts DC, suggest a suitable component that can be used to interface with the motor that runs on 24V DC.**

*Raspberry Pi beroperasi pada voltan 3.3 volt AT , cadangkan komponen yang sesuai digunakan sebagai pengantaramuka dengan motor yang menggunakan 24V AT.*

**(5 marks/markah)**

- [g] Given that the DC motor has the following specifications: torque constant  $k_t = 3Nm / A$ , voltage constant  $k_v = 0.2V / rpm$ , terminal resistance of  $1.2 \Omega$  and armature resistance of  $0.2 \Omega$ . The input supply to the motor is 24 V. Draw the motor equivalent circuit and calculate the input current ( $I$ ) and the torque ( $T$ ) produced by the motor if the bike travels at 7.2 km/h.**

*Sekiranya motor AT tersebut mempunyai nilai  $k_t = 3Nm / A$ ,  $k_v = 0.2V / rpm$ , rintangan merentasi terminal ialah  $1.2 \Omega$  dan rintangan angker sebanyak  $0.2 \Omega$ . Nilai voltan masukan kepada motor sebanyak 24V. Lukiskan litar setara motor dan kira arus masukan ( $I$ ) dan daya kilas ( $T$ ) yang dihasilkan oleh motor jika basikal bergerak pada kelajuan 7.2km/j.*

**(35 marks/ markah)**

**Q2.** A manufacturing company wishes to upgrade the production process from manual to semi-automated using pneumatic systems. The existing processes use two operators; one for stamping the product and the other for picking and placing the stamped product in a bucket. As an engineer in the company, you need to propose a mechanism that replaces the manual processes. After brainstorming with your colleagues, the system design utilizes the following components as listed in Table Q2,

*Satu syarikat pembuatan berhasrat untuk menaiktaraf proses pengeluaran dari insani kepada separuh-automatik dengan menggunakan sistem pneumatik. Proses asal menggunakan dua pekerja; seorang pekerja menangkap produk dan seorang lagi mengangkat produk yang telah ditekap ke dalam sebuah bakul. Sebagai jurutera di syarikat tersebut, anda perlu mencadangkan mekanisma untuk menggantikan proses insani tersebut. Selepas berbincang bersama rakan sekerja, rekabentuk sistem tersebut perlu menggunakan komponen-komponen seperti yang tersenarai dalam Jadual S2,*

No.	Components /Komponen	Quantity
1	Belt conveyor <i>Talisawat penghantar</i>	1 set
2	Single acting cylinder <i>Silinder satu hala</i>	1
3	Double acting cylinder <i>Silinder dwi-hala</i>	1
4	3 ports/2 positions valves <i>Injap 3pot/2 keadaan</i>	1
5	5 ports/2 positions valves <i>Injap 5pot/2 keadaan</i>	1

**Table Q2**  
*Jadual S2*

**[a]** Draw the symbol for both valves (3/2 and 5/2 valves with manually activated with spring return) in normally closed (NC) position.

*Lakarkan simbol untuk kedua-dua injap (injap 3/2 and 5/2 dengan pengaktifan insani dengan kembali pegas) dalam keadaan "normally-closed (NC)".*

**(10 marks/markah)**

**[b]** Briefly explained the different between single acting and double acting cylinders.

*Terangkan secara ringkas perbezaan antara silinder tindakan tunggal dan silinder tindakan berganda.*

**(20 marks/markah)**

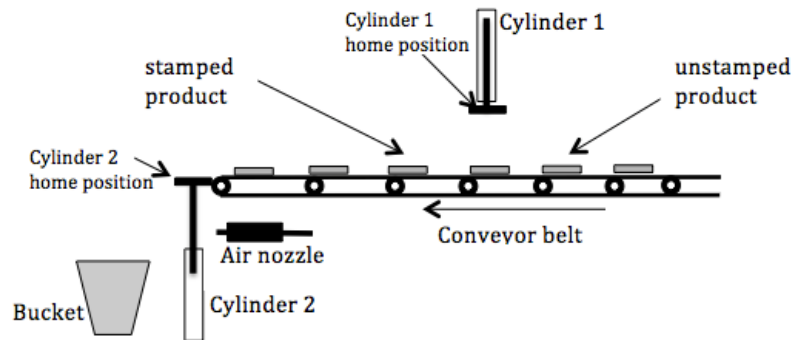


Figure Q2  
Rajah S2

- [c] Figure Q2 shows the proposed diagram of a semi-automated system. Cylinder 1 is a single acting cylinder that is used to stamp the product. Draw a pneumatic circuit with complete symbols that uses hand-triggered valve to activate the cylinder. Upon activation, cylinder 1 extends and then stamps the product and returns after stamping. Based on your proposed circuit, briefly explained how the system works.

*Rajah S2 menunjukkan gambarajah yang dicadangkan bagi satu sistem separa-automatik. Selinder 1 merupakan sebuah selinder tindakan tunggal yang digunakan untuk menepak produk. Lukis skematik pendawaian yang dilengkapi dengan simbol menggunakan injap picuan tangan untuk mengaktifkan selinder tersebut. Apabila ianya diaktifkan, selinder 1 memanjang dan seterusnya menepak produk dan kembali selepas penekapan. Terangkan secara ringkas berdasarkan cadangan litar yang kamu cadangkan.*

(35 marks/markah)

- [d] In Figure Q2, when the product reaches cylinder 2 home position, the operator triggers a second valve. Cylinder 2 brings the product down from its home position and eventually the air nozzle blows the product into the bucket. Assuming cylinder 2 is a double-acting cylinder; draw a pneumatic circuit with complete symbols that uses a solenoid valve to activate the cylinder. Base on your proposed circuit, briefly explained how the system works.

*Dalam Rajah S2, apabila produk tiba di posisi asal selinder 2, pekerja memicu injap kedua. Selinder 2 membawa turun produk yang kemudiannya ditiup masuk ke dalam bakul oleh muncung angin. Dengan menganggap selinder 2 sebagai selinder tindakan berganda, lukiskan litar pneumatik berserta simbol yang dilengkapi dengan injap picuan elektronik untuk mengaktifkan selinder. Terangkan secara ringkas berdasarkan cadangan litar yang anda buat.*

(35 marks/markah)

- Q3. [a] State and explain THREE (3) types of memory that exists in a programmable logic controller.**

*Nyatakan dan terangkan TIGA (3) jenis memori yang terdapat dalam sebuah pengawal logik boleh aturcara.*

**(20 marks/markah)**

- [b] A programmable logic controller (PLC) is used to control a conveyor. The conveyor is actuated by an AC induction motor. A relay is used to interface the motor to the PLC. The PLC is also connected to a NPN proximity sensor and a switch.**

*Sebuah pengawal logik bolehaturcara (PLC) diguna bagi mengawal sebuah penghantar. Penghantar tersebut digerakkan oleh satu motor aruhan AC. Sebuah geganti diguna bagi mengantaramukakan motor tersebut kepada PLC. PLC tersebut juga disambung kepada satu penderia penghampiran NPN dan satu suis.*

- [i] Draw the electric circuits to connect the PLC with the sensor, switch and relay. Draw also the electric circuit connecting the relay and the motor.**

*Lukis litar-litar elektrik bagi menyambungkan PLC tersebut dengan penderia, suis dan geganti tersebut. Lukis juga litar electric menyambungkan geganti dan motor tersebut.*

**(30 marks/markah)**

- [ii] Draw a ladder diagram to be loaded into the PLC to activate the conveyor when only the switch is ON or only the sensor is detecting an object.**

*Lukis satu rajah tetangga yang akan dimuatkan ke dalam PLC tersebut bagi mengaktifkan penghantar tersebut bila hanya suis tersebut ON atau hanya penderia tersebut mengesan satu objek.*

**(20 marks/markah)**

- [c] Derive a Boolean equation from the truth table shown in Table Q3[c] using product of the sums method and then simplify the equation using Boolean algebra.**

*Terbitkan satu persamaan Boolean dari jadual kebenaran yang ditunjukkan dalam Jadual S3[c] menggunakan kaedah "product of the sums" dan seterusnya ringkaskan persamaan tersebut gunakan aljebra Boolean.*

**Table Q3[c]**  
*Jadual S3[c]*

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

(30 marks/markah)

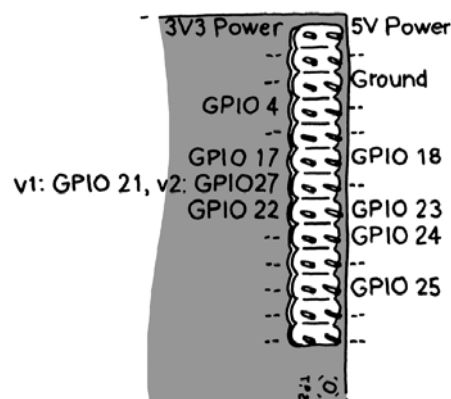
**Q4. [a] Convert a decimal number -25 to a signed two complement binary number.**

*Tukarkan satu nombor perpuluhan -25 kepada satu nombor binari pelengkap dua bertanda.*

(20 marks/markah)

**[b] A red LED, a green LED and a switch are connected to pin 4, 17 and 18 of a Raspberry Pi microcontroller respectively. Draw the electrical circuit showing the connections. Figure Q4[b] shows the GPIO pins on the Raspberry Pi microcontroller.**

*Satu LED merah, satu LED hijau dan satu suis masing-masing disambung kepada pin 4, 17 dan 18 sebuah pengawal-mikro Raspberry Pi. Lukis litar elektrik menunjukkan sambungan tersebut. Rajah S4[b] menunjukkan pin-pin GPIO pada pengawal mikro Raspberry Pi.*



**Figure Q4[b]**  
*Rajah S4[b]*

(20 marks/markah)

- [c] Write a python program for a Raspberry Pi microcontroller to control three LEDs using two switches. The red LED will light up for 1 second when switch A is pressed. The green LED will light up for 2 seconds when switch B is pressed. The yellow led will light up for 3 seconds when both switches are pressed. The red, green and yellow LEDs are connected to pins 23, 24 and 25 respectively. The switches A and B are connected to pins 17 and 18 respectively.

*Tulis satu aturcara python untuk sebuah pengawal-mikro Raspberry Pi bagi mengawal tiga LED menggunakan dua suis. LED merah akan menyala selama 1 saat bila suis A ditekan. LED hijau akan menyala selama 2 saat bila suis B ditekan. LED kuning akan menyala selama 3 saat bila kedua-dua suis ditekan. LED merah, hijau dan kuning masing-masing disambung kepada pin 23, 24 dan 25. Suis A dan B masing-masing disambung kepada pin 17 dan 18.*

(30 marks/markah)

- [d] Figure Q4[d] shows a python program for a Raspberry Pi microcontroller with a switch connected to pin 17. Add comment for each line of the program code. Explain what happen when the switch is pressed repeatedly.

*Rajah S4[d] menunjukkan satu aturcara python bagi sebuah pengawal-mikro Raspberry Pi dengan satu suis disambung pada pin 17. Tambah komen pada setiap baris kod aturcara tersebut. Terangkan apa yang berlaku bila suis tersebut ditekan berulang kali.*

```
import RPi.GPIO as GPIO
from time import sleep
from sys import exit
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(17, GPIO.IN)
Count = 0
while True:
    inputValue = GPIO.input(17)
    if (inputValue == True):
        count = count + 1
        print("Button pressed " + str(count) + " times")
        sleep(0.3)
    sleep(0.01)
except KeyboardInterrupt:
    exit()
```

Figure Q4[d]

*Rajah S4[d]*

(30 marks/markah)