
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
Academic Session 2007/2008
*Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 2007/2008*

October/November 2007
Oktober/November 2007

EPP 451/3 - Robotik dan Automasi
Robotic and Automation

Duration : 3 hour
Masa : 3 jam

INSTRUCTIONS TO CANDIDATE :
ARAHAN KEPADA CALON :

Please check that this paper contains **SIXTEEN (16)** printed pages and **SEVEN (7)** questions before you begin the examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **ENAM BELAS (16)** mukasurat dan **TUJUH (7)** soalan yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.*

Answer **FIVE (5)** questions only.

*Sila jawab **LIMA (5)** soalan sahaja.*

Answer all questions in **English** OR **Bahasa Malaysia** OR a combination of both.

*Calon boleh menjawab semua soalan dalam **Bahasa Inggeris** ATAU **Bahasa Malaysia** ATAU kombinasi kedua-duanya.*

Each question must begin from a new page.

Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.

Q1. [a] There are several configurations of robot and end-effectors. Using schematic sketches, show the relevant configurations of the robot and its end-effector that would be the most suitable for each of the following:

- i) placing a component in a CNC machine tool.**
- ii) picking a component from a moving conveyor.**
- iii) placing an object in an oven for heat treatment.**
- iv) painting a car body.**
- v) welding a steel frame.**
- vi) inserting a peg into a hole.**

Terdapat banyak konfigurasi robot dan pengesan hujung gunakan lakaran skematik tunjukkan konfigurasi robot dan pengesan hujungnya yang relevan yang mungkin paling sesuai bagi setiap yang berikut.

- i) meletak satu komponen dalam sebuah alatan mesin CNC.*
- ii) mengambil satu komponen dari sebuah penghantar bergerak.*
- iii) meletak satu objek dalam sebuah ketuhar bagi rawatan haba*
- iv) mengecat sebuah badan kereta*
- v) mengimpal satu kerangka keluli*
- vi) memasukkan satu pasak ke dalam satu lubang*

(60 markah)

[b] There are some major coordinate systems based on which robots are generally specified as following:

- **Cartesian**
 - **Cylindrical**
 - **Polar or spherical**
 - **Articulated or jointed**
- i) Using half page for each, sketch the coordinate configurations of each coordinate systems.**
 - ii) Using half page for each, sketch two views to indicate the work envelope of each robots.**

Terdapat beberapa sistem koordinat utama yang robot umumnya ditentukan berasas seperti berikut:

- *Kartesian*
 - *Silinder*
 - *Polar atau sfera*
 - *Bersendi*
- i) Gunakan separuh mukasurat bagi setiap satu, lakarkan konfigurasi koordinat bagi setiap sistem koordonat.*
 - ii) Gunakan separuh mukasurat bagi setiap satu, lakarkan dua pandangan bagi menunjukkan ruang kerja untuk setiap robot.*

(40 markah)

Q2. [a] Given the world coordinates for a RR:R robot as shown in Figure Q2[a], where:

$$\begin{aligned}x &= 300 \text{ mm} \\z &= 400 \text{ mm, and} \\ \alpha &= 30^\circ\end{aligned}$$

and the links have values of:

$$\begin{aligned}L_1 &= 350 \text{ mm} \\L_2 &= 250 \text{ mm} \\L_3 &= 50 \text{ mm.}\end{aligned}$$

Determine:

- i) joint angle θ_1 ,
- ii) joint angle θ_2 , and
- iii) joint angle θ_3 .

Diberi koordinat semesta bagi satu robot RR:R seperti ditunjukkan dalam Rajah S2[a] di mana:

$$\begin{aligned}x &= 300 \text{ mm} \\z &= 400 \text{ mm, dan} \\ \alpha &= 30^\circ\end{aligned}$$

Dan rangkai-rangkainya mempunyai nilai:

$$\begin{aligned}L_1 &= 350 \text{ mm} \\L_2 &= 250 \text{ mm} \\L_3 &= 50 \text{ mm.}\end{aligned}$$

Tentukan:

- iv) sudut sendi θ_1 ,
- v) sudut angle θ_2 , dan
- vi) sudut angle θ_3 .

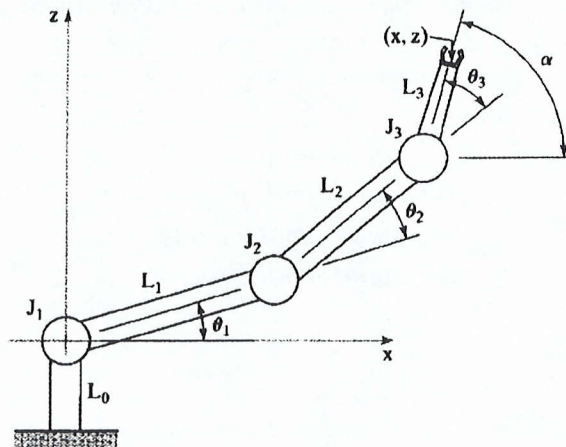


Figure Q2[a]
Rajah S2[a]

(40 markah)

[b] Given the world coordinates for a TRL:R robot as shown in Figure Q2[b], where:

$$\begin{aligned}x &= 300 \text{ mm} \\y &= 350 \text{ mm} \\z &= 400 \text{ mm, and} \\ \alpha &= 45^\circ\end{aligned}$$

and the links have values of:

$$\begin{aligned}L_0 &= 0 \\L_1 &= 325 \text{ mm} \\ \lambda &\text{ has a range from 300 to 500 mm, and} \\L_4 &= 25 \text{ mm}\end{aligned}$$

Determine:

- i) joint angle θ_1 ,
- ii) joint angle θ_2 ,
- iii) joint angle λ_3 , and
- iv) joint angle θ_4

Diberi koordinat semesta bagi sebuah robot TRL:R seperti ditunjukkan dalam Rajah S2[b] di mana:

$$\begin{aligned}x &= 300 \text{ mm} \\y &= 350 \text{ mm} \\z &= 400 \text{ mm, dan} \\ \alpha &= 45^\circ\end{aligned}$$

Dan rangkai-rangkainya mempunyai nilai

$$\begin{aligned}L_0 &= 0 \\L_1 &= 325 \text{ mm} \\ \lambda &\text{ mempunyai satu julat dari 300 ke 500 mm, dan} \\L_4 &= 25 \text{ mm}\end{aligned}$$

Tentukan:

- v) sudut sendi θ_1 ,
- vi) sudut sendi θ_2 ,
- vii) sudut sendi λ_3 , dan
- viii) sudut sendi θ_4

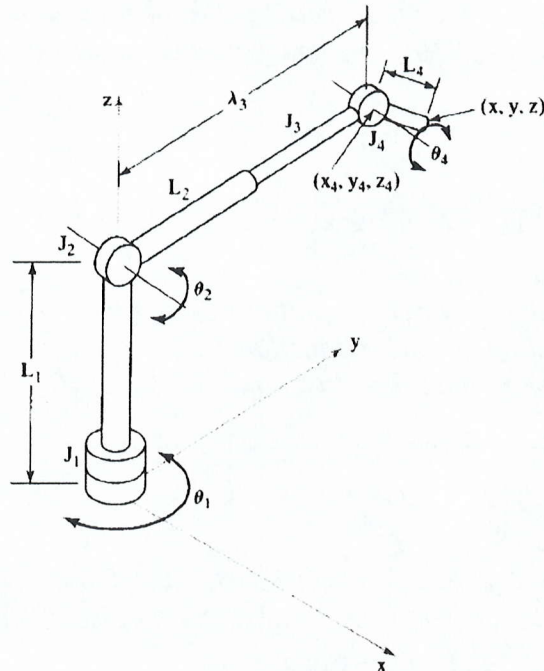


Figure Q2[b]
Rajah S2[b]

(60 markah)

- Q3. [a] PUMA robot with the coordinate frames and joint parameters shown in Figure Q3[a] has the equation of homogeneous matrix given by:

$${}^0T_6 = {}^0A_1 \times {}^1A_2 \times {}^2A_3 \times {}^3A_4 \times {}^4A_5 \times {}^5A_6 = \begin{pmatrix} n_x & o_x & a_x & p_x \\ n_y & o_y & a_y & p_y \\ n_z & o_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Where:

a is the approach vector

o is the orientation vector, and

n is normal to **a** and **o**.

$$a_x = C_1(C_{23}C_4S_5 + S_{23}C_5) - S_1S_4S_5$$

$$a_y = S_1(C_{23}C_4S_5 + S_{23}C_5) + C_1S_4S_5$$

$$a_z = -S_{23}C_4S_5 + C_{23}C_5$$

$$o_x = C_1[-C_{23}(C_4C_5S_6 + S_4C_6) + S_{23}S_5S_6] - S_1(-S_4C_5S_6 + C_4C_6)$$

$$o_y = S_1[-C_{23}(C_4C_5S_6 + S_4C_6) + S_{23}S_5S_6] + C_1(-S_4C_5S_6 + C_4C_6)$$

$$o_z = S_{23}(C_4C_5S_6 + S_4C_6) + C_{23}S_5S_6$$

$$n_x = C_1[C_{23}(C_4C_5C_6 - S_4S_6) - S_{23}S_5C_6] - S_1(S_4C_5C_6 + C_4S_6)$$

$$n_y = S_1[C_{23}(C_4C_5C_6 - S_4S_6) - S_{23}S_5C_6] + C_1(S_4C_5C_6 + C_4S_6)$$

$$n_z = -S_{23}(C_4C_5S_6 + S_4C_6) + C_{23}S_5S_6$$

$$p_x = C_1[d_6(C_{23}C_4S_5 + S_{23}C_5) + S_{23}d_4 + a_3C_{23} + a_2C_2] - S_1(d_6S_4S_5 + d_2)$$

$$p_y = S_1[d_6(C_{23}C_4S_5 + S_{23}C_5) + S_{23}d_4 + a_3C_{23} + a_2C_2] + C_1(d_6S_4S_5 + d_2)$$

$$p_z = d_6(C_{23}C_5 - S_{23}C_4S_5) + C_{23}d_4 - a_3S_{23} - a_2S_2$$

where $C_1 = \cos \theta_1$, $S_1 = \sin \theta_1$, and

$$C_{ij} = \cos(\theta_i + \theta_j), S_{ij} = \sin(\theta_i + \theta_j)$$

Robot PUMA dengan kerangka koordinat dan parameter sendi ditunjukkan dalam Rajah S3[a], mempunyai persamaan matriks homogen diberikan oleh:

$${}^0T_6 = {}^0A_1 \times {}^1A_2 \times {}^2A_3 \times {}^3A_4 \times {}^4A_5 \times {}^5A_6 = \begin{pmatrix} n_x & o_x & a_x & p_x \\ n_y & o_y & a_y & p_y \\ n_z & o_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Dimana:
a adalah rector pendekatan
o adalah vector orientasi,, dan
n adalah normal kepada *a* dan *o*

$$\begin{aligned} a_x &= C_1(C_{23}C_4S_5 + S_{23}C_5) - S_1S_4S_5 \\ a_y &= S_1(C_{23}C_4S_5 + S_{23}C_5) + C_1S_4S_5 \\ a_z &= -S_{23}C_4S_5 + C_{23}C_5 \\ o_x &= C_1[-C_{23}(C_4C_5S_6 + S_4C_6) + S_{23}S_5S_6] - S_1(-S_4C_5S_6 + C_4C_6) \\ o_y &= S_1[-C_{23}(C_4C_5S_6 + S_4C_6) + S_{23}S_5S_6] + C_1(-S_4C_5S_6 + C_4C_6) \\ o_z &= S_{23}(C_4C_5S_6 + S_4C_6) + C_{23}S_5S_6 \\ n_x &= C_1[C_{23}(C_4C_5C_6 - S_4S_6) - S_{23}S_5C_6] - S_1(S_4C_5C_6 + C_4S_6) \\ n_y &= S_1[C_{23}(C_4C_5C_6 - S_4S_6) - S_{23}S_5C_6] + C_1(S_4C_5C_6 + C_4S_6) \\ n_z &= -S_{23}(C_4C_5S_6 + S_4C_6) + C_{23}S_5S_6 \\ p_x &= C_1[d_6(C_{23}C_4S_5 + S_{23}C_5) + S_{23}d_4 + a_3C_{23} + a_2C_2] - S_1(d_6S_4S_5 + d_2) \\ p_y &= S_1[d_6(C_{23}C_4S_5 + S_{23}C_5) + S_{23}d_4 + a_3C_{23} + a_2C_2 + C_1(d_6S_4S_5 + d_2)] \\ p_z &= d_6(C_{23}C_5 - S_{23}C_4S_5) + C_{23}d_4 - a_3S_{23} - a_2S_2 \end{aligned}$$

di mana $C_1 = \cos \theta_1, S_1 = \sin \theta_1$, and
 $C_{ij} = \cos (\theta_i + \theta_j), S_{ij} = \sin (\theta_i + \theta_j)$

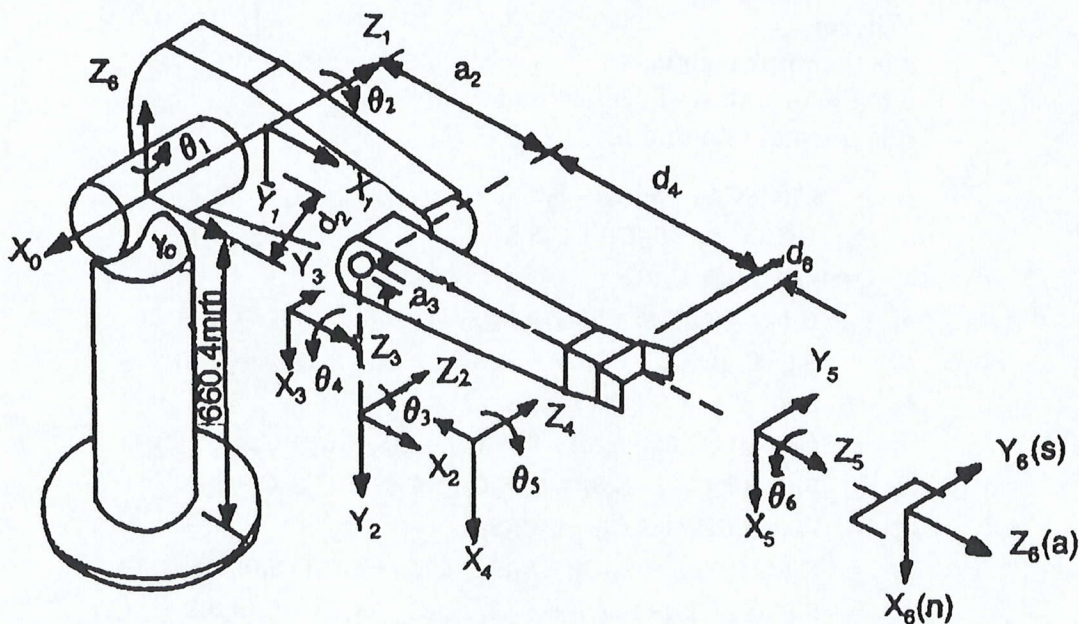


Figure Q3[a]
 Rajah S3[a]

By using the above equations, find:

- 1) the homogeneous transformation matrix for PUMA robot,
- 2) the world coordinates (x, y, z), and
- 3) the link parameters α_i, a_i, d_i ($i = 1, 2, \dots, 6$)

for the joint angles in Table Q3[a]:

Dengan menggunakan persamaan-persamaan di atas tersebut, dapatkan:

- 1) matrik penjelmaan homogen bagi robot PUMA,
- 2) koordinat semester (x, y, z), dan
- 3) parameter-parameter rangkai α_i, a_i, d_i ($i = 1, 2, \dots, 6$)

bagi sudut sendi dalam Jadual S3[a]:

Table Q3[a]
Jadual S3[a]

Joint Angle Sudut Sendi	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	θ_6
[i]	0^0	0^0	0^0	0^0	0^0	0^0
[ii]	90^0	0^0	90^0	-90^0	0^0	0^0

(60 markah)

- [b] By using relevant schematic sketches, discuss briefly the suitable design of robot end effectors to grip objects as followings:

- a) Shafts
- b) Rings
- c) Flanges
- d) Box type objects
- e) Flat pieces
- f) Contoured objects

Dengan menggunakan lakaran skemattik relevan, bincangkan dengan ringkas rekabentuk yang sesuai bagi pengesanan hujung robot untuk menggenggam objek-objek seperti berikut:

- a) Aci
- b) Gegelang
- c) Bebibir
- d) Objek jenis kotak
- e) Kepingan rata
- f) Objek-objek berkantor

(40 markah)

- Q4. [a]** Two programs as shown in Figure Q4[a] for a gantry robot have been downloaded into its XY and ZR axes of the respective motor controllers. Output 1 and Input 2 of XY axes motor controller are connected to Input 1 and Output 2 of ZR axes motor controller respectively. Whereas Output 3 of ZR axes motor controller is connected to the gripper. The gripper is offset by an arm length of 150 mm. When the robot is operating, it will move passing through few points in sequence. List the points with their position and orientation angle (x, y, z, θ). Calculate the time taken to perform the whole task.

Dua aturcara seperti ditunjukkan dalam Rajah S4[a] bagi robot gantri masing-masing telah dimuat turun ke dalam pengawal motor paksi XY dan ZR robot tersebut. Output 1 dan Input 2 pengawal motor paksi XY masing-masing disambung kepada Input 1 dan Output 2 pengawal motor paksi ZR. Manakala Output 3 pengawal motor paksi ZR disambung kepada penggenggam. Penggenggam dioffset oleh satu lengan panjangnya 150 mm. Apabila robot beroperasi, ia akan bergerak melalui beberapa titik mengikut urutan. Senaraikan titik-titik tersebut dengan posisi dan sudut orientasinya (x, y, z, θ). Kira masa diambil untuk melakukan keseluruhan tugas.

X and Y axes	
	SEQ1
1	ACTL1 0,0,0,0,1
2	ACTL2 0,0,0,0,1
3	SEN1 2
4	SEN2 2
5	UNIT1 0.05,1
6	UNIT2 0.05,1
7	VS1 300
8	VS2 300
9	V1 1000
10	V2 1500
11	H1 -
12	H2 -
13	MHOME1
14	MHOME2
15	D1 +300
16	D2 +200
17	INCC
18	OUT 1,1
19	DELAY 1
20	OUT 1,0
21	IN 2,1
22	D1 +800
23	ABS1
24	D2 +1500
25	INC2
26	OUT 1,1
27	DELAY 1
28	OUT 1,0
29	END

Figure Q4[a]
Rajah S4[a]

Z and R axes	
	SEQ1
1	ACTL1 0,0,0,0,1
2	ACTL2 0,0,0,0,1
3	SEN1 2
4	SEN2 2
5	UNIT1 0.02,1
6	UNIT2 0.18,1
7	VS1 300
8	VS2 300
9	V1 1000
10	V2 800
11	H1 -
12	H2 +
13	MHOME1
14	MHOME2
15	D2 -90
16	ABS2
17	IN 1,1
18	D1 +250
19	INC1
20	OUT 3,1
21	DELAY 2
22	D1 0
23	ABS1
24	OUT 2,1
25	DELAY 1
26	OUT 2,0
27	D2 +90
28	INC2
29	IN 1,1
30	D1 +250
31	ABS1
32	OUT 3,0
33	DELAY 2
34	H1 -
35	MHOME1
36	END

(50 markah)

[b] Build a ladder diagram for a programmable logic controller as master controller to synchronize touch screen, PanaRobo robot and gantry robot. Show the input/output needed. The required control actions are listed below:

- i) Execute the PanaRobo robot program to assemble a product when “Auto” and “Run” buttons on the touch screen are pressed.**
- ii) Execute the gantry robot program to pick the base component when “Manual”, “1” and “Run” buttons on the touch screen are pressed.**
- iii) Execute the gantry robot program to pick the body component when “Manual”, “2” and “Run” buttons on the touch screen are pressed.**
- iv) Execute the gantry robot program to pick the roof component when “Manual”, “3” and “Run” buttons on the touch screen are pressed.**
- v) Execute the gantry robot program to pick the pin component when “Manual”, “4” and “Run” buttons on the touch screen are pressed.**
- vi) Execute the gantry robot program to pick the base component when receiving signal for picking base component from PanaRobo robot.**
- vii) Execute the gantry robot program to pick the body component when receiving signal for picking body component from PanaRobo robot.**
- viii) Execute the gantry robot program to pick the roof component when receiving signal for picking roof component from PanaRobo robot.**
- ix) Execute the gantry robot program to pick the pin component when receiving signal for picking pin component from PanaRobo robot.**
- x) Execute the PanaRobo robot program to continue assembling a product when receiving signal for the completion of picking a component from gantry robot.**

Bina rajah tetangga bagi sebuah pengawal logik bolehaturcara sebagai pengawal induk untuk menyegerakkan paparan sesentuh, robot PanaRobo dan robot gantri. Tunjukkan input/output diperlukan. Tindakan kawalan diperlukan disenaraikan di bawah:

- i) Laksanakan aturcara robot PanaRobo bagi memasang satu produk apabila butang “Auto” dan “Run” pada paparan sesentuh ditekan.*
- ii) Laksanakan aturcara robot gantri bagi mengambil komponen tapak apabila butang “Manual”, “1” dan “Run” pada paparan sesentuh ditekan.*
- iii) Laksanakan aturcara robot gantri bagi mengambil komponen badan apabila butang “Manual”, “2” dan “Run” pada paparan sesentuh ditekan.*
- iv) Laksanakan aturcara robot gantri bagi mengambil komponen atap apabila butang “Manual”, “3” dan “Run” pada paparan sesentuh ditekan.*
- v) Laksanakan aturcara robot gantri bagi mengambil komponen pin apabila butang “Manual”, “4” dan “Run” pada paparan sesentuh ditekan.*

- vi) *Laksanakan aturcara robot gantri bagi mengambil komponen tapak apabila menerima isyarat bagi mengambil komponen tapak dari robot PanaRobo.*
- vii) *Laksanakan aturcara robot gantri bagi mengambil komponen badan apabila menerima isyarat bagi mengambil komponen badan dari robot PanaRobo.*
- viii) *Laksanakan aturcara robot gantri bagi mengambil komponen atap apabila menerima isyarat bagi mengambil komponen atap dari robot PanaRobo.*
- ix) *Laksanakan aturcara robot gantri bagi mengambil komponen pin apabila menerima isyarat bagi mengambil komponen pin dari robot PanaRobo.*
- x) *Laksanakan aturcara robot PanaRobo bagi menyambung pemasangan satu produk apabila menerima isyarat bagi siap mengambil satu komponen dari robot gantri.*

(50 markah)

Q5. A gantry robot has x, y, z and r axes driven by stepper motors with 200 steps per revolution. The first stepper motor is connected to the x axis through a gear box with ratio 5:1 and a ball screw with 10mm pitch. The second stepper motor is connected to the y axis through a gear box with ratio 4:1 and a ball screw with 16mm pitch. The third stepper motor is connected to the z axis through a gear box with ratio 2:1 and a ball screw with 5mm pitch. Finally the fourth stepper motor is connected to the r axis through a gear box only with ratio 3:1. The solenoid valve and the optical sensor at the gripper are connected to Output 1 and Input 2 of z and r axes motor controller respectively. Whereas the Output 3 and Input 4 of x and y axes motor controller are connected to the Input 3 and Output 4 of z and r axes motor controller.

Sebuah robot gantri mempunyai paksi x, y, z dan r yang dipacu oleh motor-motor pelangkah dengan 200 langkah per putaran. Motor pelangkah pertama disambung kepada paksi x melalui satu kotak gear dengan nisbah 5:1 dan satu skrew berbola dengan 10mm anggul. Motor pelangkah kedua disambung kepada paksi y melalui satu kotak gear dengan nisbah 4:1 dan satu skrew berbola dengan 16mm anggul. Motor pelangkah ketiga disambung kepada paksi z melalui satu kotak gear dengan nisbah 2:1 dan satu skrew berbola dengan 5mm anggul. Akhirnya motor pelangkah keempat disambung kepada paksi r melalui hanya satu kotak gear dengan nisbah 3:1. Injap solenoid dan penderia optik pada penggenggamnya masing-masing disambungkan kepada Output 1 dan Input 2 pengawal motor paksi z dan r. Manakala Output 3 and Input 4 pengawal motor paksi x dan y masing-masing dihubungkan kepada Input 3 dan Output 4 pengawal motor paksi z dan r.

- [a] Calculate the required unit value to convert from step to mm or degree for each axis and determine the operating speed in Hz if the x, y, z and r axes are required to move 0.5 m/s, 0.4 m/s, 0.2 m/s and 360 degree/s respectively.**

Kira nilai unit diperlukan bagi menukar langkah kepada mm atau darjah untuk setiap paksi dan tentukan kelajuan operasi dalam Hz jika paksi x, y, z dan r masing-masing diperlukan bergerak 0.5 m/s, 0.4 m/s, 0.2 m/s dan 360 darjah/s.

(35 markah)

- [b] Write a program for a gantry robot to move simultaneously to a location 1.2 and 1.5 m away from home in x and y direction respectively. After that move sequentially to second location 0.4 m in x direction and then -0.6 m in y direction using increment instruction. Finally move simultaneously using absolute instruction to third location 0.8 and 1.3 m away from home in x and y direction respectively.**

Tulis satu program bagi robot gantri untuk bergerak serentak ke satu lokasi 1.2 dan 1.5 m jauh dari asalan masing-masing pada arah x dan y. Seterusnya bergerak berurutan ke lokasi kedua 0.4 m pada arah x dan kemudian -0.6 pada arah y menggunakan arahan "increment". Akhirnya bergerak serentak menggunakan arahan "absolute" ke lokasi ketiga 0.8 and 1.3 m jauh dari asalan masing-masing pada arah x dan y.

(25 markah)

- [c] Write a program for a gantry robot to pick a component at a location 1.2 m, 1.5 m, 0.6 m and 90 degree relative to home in x, y, z and r direction respectively. If the component exists, pick and place it to a location 0.4 m in x direction and -0.6 m in y direction. Otherwise move back to home position.**

Tulis satu program bagi robot gantri untuk mengambil satu komponen pada satu lokasi 1.2 m, 1.5 m, 0.6 m dan 90 darjah merujuk kepada asalan masing-masing pada arah x, y, z dan r. Jika komponen wujud, ambil dan letaknya ke satu lokasi 0.4 m pada arah x dan -0.6 pada arah y. Sebaliknya bergerak kembali ke kedudukan asalan.

(40 markah)

- Q6. [a] The flow chart in Figure Q6[a] shows the task of PanaRobo robot to assemble components into a product. The Output 1, 3, 5 and 7 of the robot are connected to the gripper, clamping cylinder, removing cylinder and sliding table cylinder respectively. Variable I6 holds the data for the optical sensor. Write a program for the robot following the flow chart.**

Carta alir dalam Rajah S6[a] menunjukkan tugas eh robot PanaRobo bagi memasang komponen-komponen menjadi satu produk. Output 1, 3, 5 dan 7 robot tersebut masing-masing disambung kepada penggenggam, silinder mengapit, silinder mengalih dan silinder meja meluncur. Pembolehubah I6 menyimpan data bagi penderia optik. Tulis satu aturcara bagi robot tersebut mengikut carta alir.

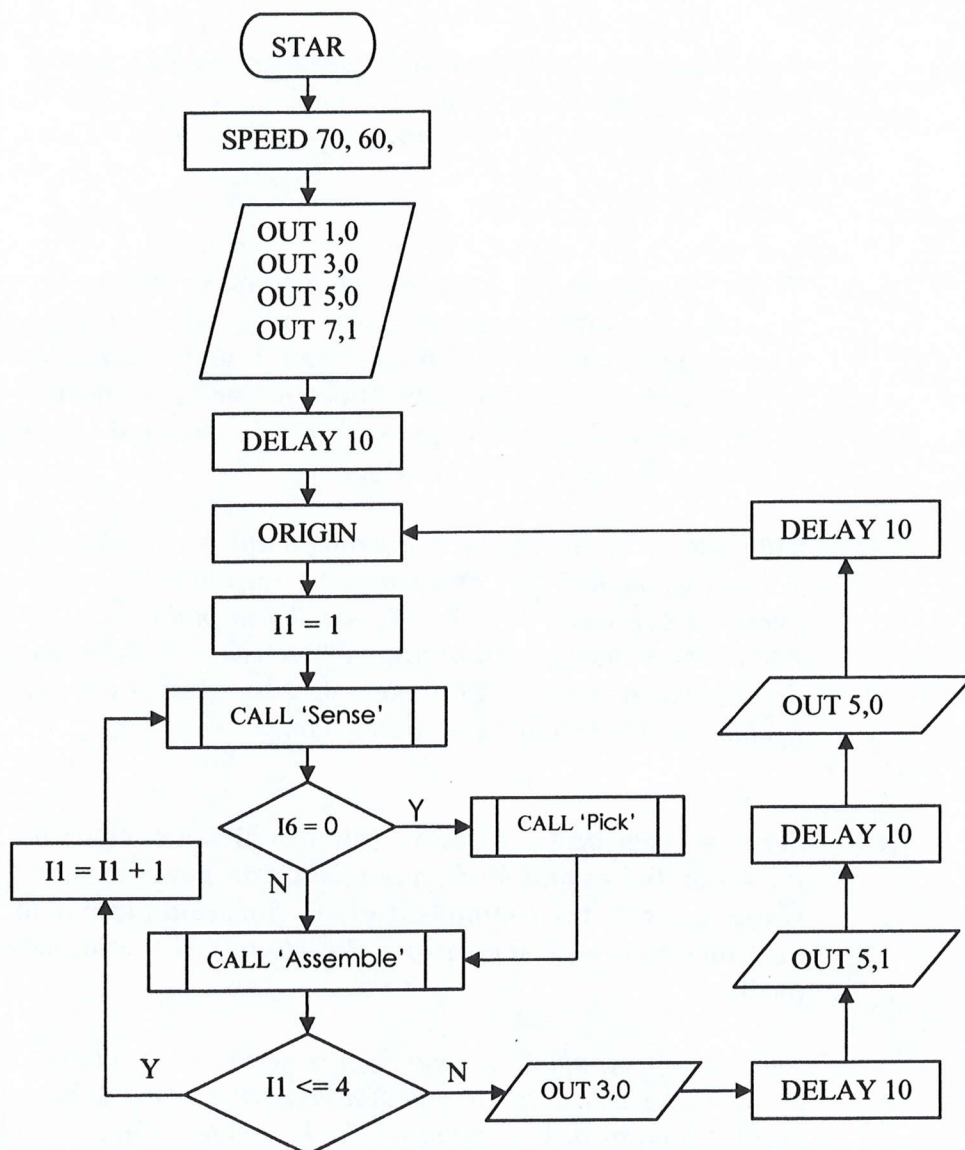
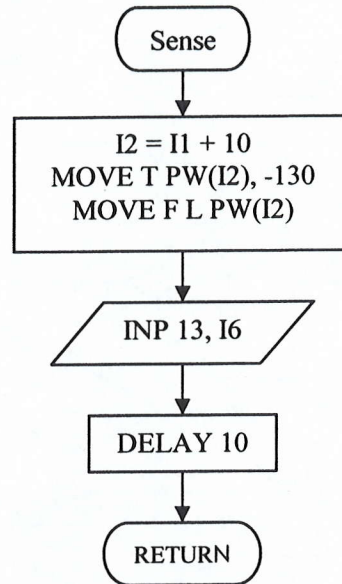


Figure Q6[a]
Rajah S6[a]

(40 markah)

- [b] The flow chart in Figure Q6[b] shows the task of PanaRobo robot to sense components. The Input 13 of the robot is connected to the optical sensor. Variable I1 represents the component number 1, 2, 3 and 4. Write a subroutine for the robot following the flow chart. List the points that the robot will pass through in sequence.

Carta alir dalam Rajah S6[b] menunjukkan tugas robot PanaRobo bagi mengesan komponen-komponen. Input 13 robot tersebut disambung kepada penerima optik. Pembolehubah I1 mewakili nombor komponen 1, 2, 3 dan 4. Tulis satu subroutin bagi robot tersebut mengikut carta alir. Senaraikan titik-titik yang robot akan lalui mengikut urutan.

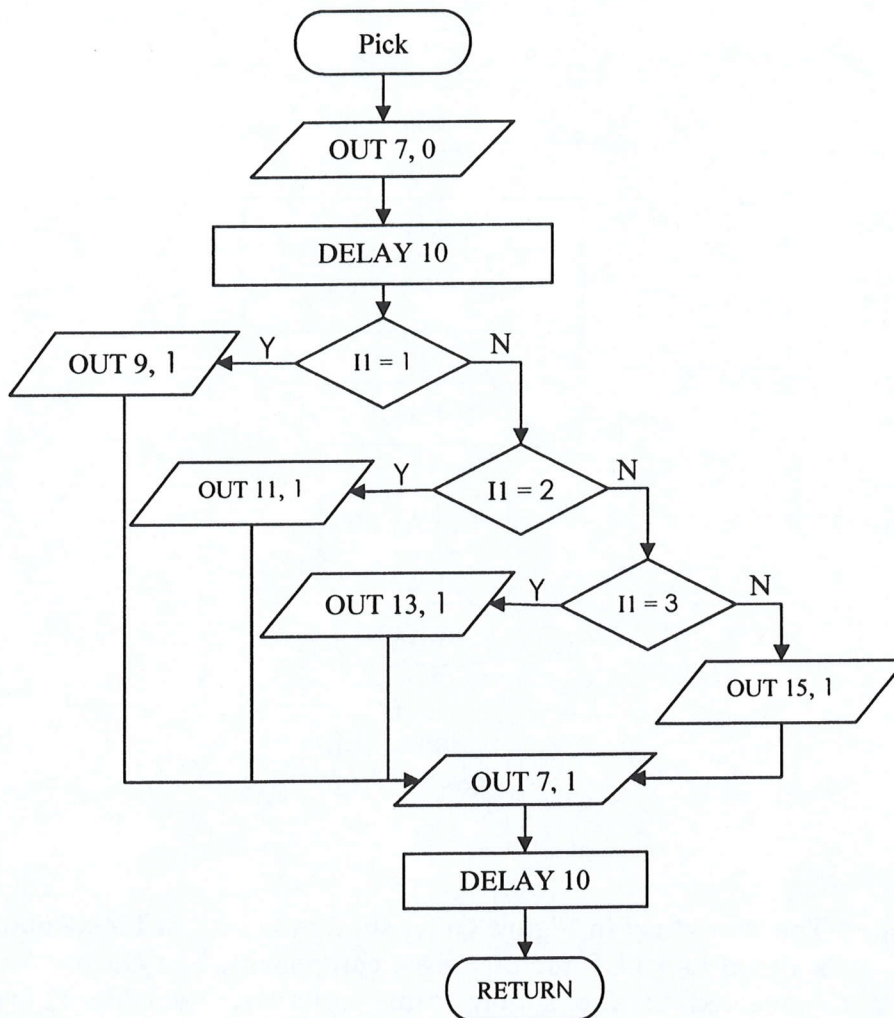


Rajah S3[b]
Figure Q3[b]

(15 markah)

- [c] The flow chart in Figure Q6[c] shows the task of PanaRobo robot to send a signal to a PLC for picking a component. The Output 7 of the robot is connected to the sliding table cylinder. Variable I1 represents the component number 1, 2, 3 and 4. The Output 9, 11, 13 and 15 of the robot is connected to inputs of PLC to indicate signal for component 1, 2, 3 and 4 respectively. Write a subroutine for the robot following the flow chart.

Carta alir dalam Rajah S6[c] menunjukkan tugas robot PanaRobo bagi menghantar satu isyarat kepada sebuah PLC bagi mengambil satu komponen. Output 7 robot tersebut disambung kepada silinder meja meluncur. Pembolehubah I1 mewakili nombor komponen 1, 2, 3 dan 4. Output 9, 11, 13 dan 15 robot tersebut masing-masing disambung kepada input-input PLC bagi menunjuk isyarat untuk komponen 1, 2, 3 dan 4. Tulis satu subroutin bagi robot tersebut mengikut carta alir.



Rajah S6[c]
Figure Q6[c]

(25 markah)

- [d] The flow chart in Figure Q6[d] shows the task of PanaRobo robot to assemble a component. The Output 1 and 3 of the robot is connected to the gripper and the clamping cylinder respectively. Variable I1 represents the component number 1, 2, 3 and 4. Write a subroutine for the robot following the flow chart. List the points that the robot will pass through in sequence.

Carta alir dalam Rajah S6[d] menunjukkan tugas robot PanaRobo bagi memasang satu komponen. Output 1 dan 3 robot tersebut masing-masing disambung kepada penggenggam dan silinder mengepit. Pembolehubah I1 mewakili nombor komponen 1, 2, 3 dan 4. Tulis satu subrutin bagi robot tersebut mengikut carta alir. Senaraikan titik-titik yang robot akan lalui mengikut urutan.

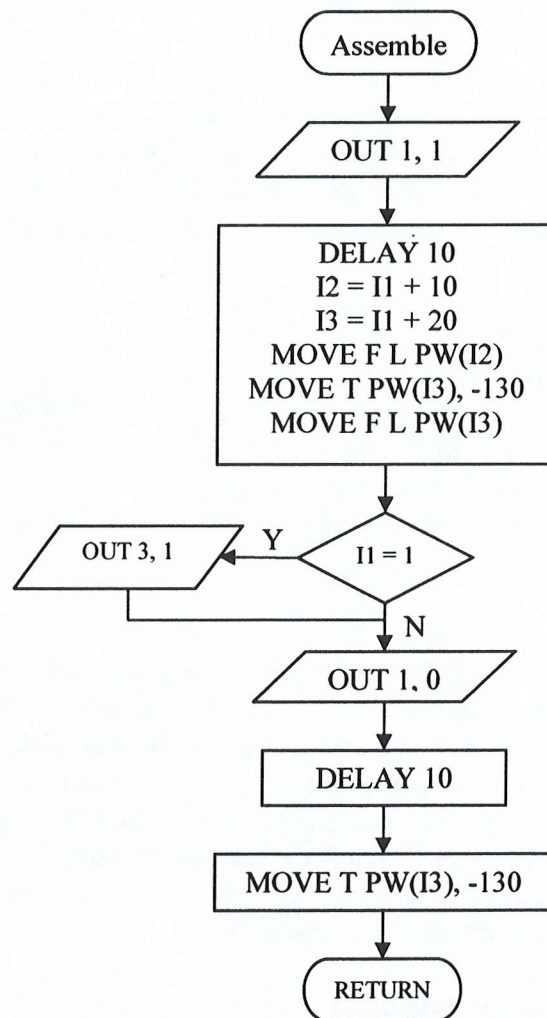


Figure Q3[d]
Rajah S3[d]

(20 markah)

- Q7. [a] Two programs as shown in Figure Q7[a] for a gantry robot have been downloaded into its x and y axes controller and z and r controller. When the robot is running, it will move passing through few points in sequence. List the points with their position (x, y, z) and orientation (r).

Sebuah PanaRobo robot mempunyai satu penggengam pneumatik dan satu penerima optik yang masing-masing disambungkan kepada Output 1 dan Input 1. Lukis litar-litar elektrik dan pneumatik yang menyambungkannya.

(25 markah)

- [b]** A PanaRobo robot is required to pick a work-piece from a location (PW1: X=-55.58, Y=+401.22, Z=+251.36, P=-93.83, R=-6.32, F=1) and place it to another location which is 300 mm away in positive x direction and 200 mm away in negative y direction. Write a program for the robot to calculate the coordinate for the required points and do the task with the speed of 160 mm/s and 75% for continuous path and point to point respectively. The pneumatic gripper is connected to Output 1.

Sebuah robot PanaRobo diperlukan bagi mengambil satu bahan-kerja dari satu lokasi (PW1: X=-55.58, Y=+401.22, Z=+251.36, P=-93.83, R=-6.32, F=1) dan meletaknya ke satu lokasi lain yang jauhnya 300 mm pada arah x positif dan 200 mm pada arah y negatif. Tulis satu aturcara bagi robot mengira koordinat untuk titik-titik yang diperlukan dan melakukan tugas dengan kelajuan masing-masing 160 mm/s dan 75% bagi laluan berterusan dan titik ke titik. Penggenggam pneumatik disambung kepada Output 1.

(35 markah)

- [c]** A PanaRobo robot is required to pick a product from a location PW1 if available and place it to another location PW2. If the product is not available at location PW1, it needs to assemble component 1 from location PW3 on top of component 2 from location PW4 to become a product at location PW1. Write a program for the robot to do the task with the speed of 130 mm/s and 85% for continuous path and point to point respectively. The pneumatic gripper is connected to Output 1 whereas the optical sensor is connected to Input 13.

Sebuah robot PanaRobo diperlukan bagi mengambil satu produk dari satu lokasi PW1 jika ada dan meletaknya ke satu lokasi lain PW2. Jika produk tersebut tiada pada lokasi PW1, ia perlu memasang komponen 1 dari lokasi PW3 di atas komponen 2 dari lokasi PW4 untuk menjadi satu produk pada lokasi PW1. Tulis satu aturcara bagi robot melakukan tugas dengan kelajuan masing-masing 130 mm/s dan 85% bagi laluan berterusan dan titik ke titik. Penggenggam pneumatik disambung kepada Output 1. Penggenggam pneumatiknya disambung kepada Output 1 manakala penderia optiknya disambung kepada Input 13.

(40 markah)