
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
Academic Session 2009/2010
Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 2009/2010

NOVEMBER 2009

EPC 431/3 - ROBOTICS AND AUTOMATION
ROBOTIK DAN AUTOMASI

Duration : 3 hours
Masa : 3 jam

INSTRUCTION TO CANDIDATE :
ARAHAN KEPADA CALON :

Please check that this paper contains **TWELVE** (12) printed pages and **FIVE** (5) questions before you begin the examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **DUA BELAS** (12) mukasurat dan **LIMA** (5) soalan yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.*

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

You may answer in **English** or **Malay**.
*Calon boleh menjawab dalam **Bahasa Inggeris** atau **Bahasa Malaysia**.*

Each question must begin from a new page.
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] A PanaRobo robot is connected to a pneumatic gripper and an optical sensor through Output 3, and Input 6 respectively. Draw the electrical and pneumatic circuits connecting the devices.**

Sebuah robot PanaRobo disambungkan kepada satu penggenggam pneumatik dan satu penderia optik melalui Output 3, dan Input 6. Lukis litar-litar elektrik dan pneumatik yang menyambungkan peranti-peranti tersebut.

(25 marks/markah)

- [b] A PanaRobo robot is required to pick a work-piece from a location PW4 and place it to another location PW5. Write a program in memory 3 for the robot to do the task with the speed of 90 mm/s for continuous path and 70% for point to point. The pneumatic gripper is connected to Output 3.**

Sebuah robot PanaRobo perlu mengambil satu bahan-kerja dari lokasi PW4 dan meletaknya ke lokasi PW5. Tulis satu aturcara dalam ingatan 3 bagi robot melakukan tugas tersebut dengan kelajuan 90 mm/s bagi laluan berterusan dan 70% bagi titik ke titik. Penggenggam pneumatik disambung kepada Output 3.

(30 marks/markah)

- [c] The flow chart in Figure Q1[c] shows the task of PanaRobo robot to pick a component from a sliding table and place it on an assembly station. The outputs and inputs of the robot are connected to the gripper, clamping cylinder, sliding table cylinder, magnetic sensor and optical sensor as shown in Table Q1[c]. Write a program for the robot in memory 7 according to the given flow chart.**

Carta alir dalam Rajah S1[c] menunjukkan tugas robot PanaRobo bagi mengambil komponen dari meja meluncur dan meletakkannya di atas stesyen pemasangan. Output-output dan input-input robot tersebut disambung kepada penggenggam, silinder mengapit, silinder meja meluncur, penderia magnet dan penderia optik seperti ditunjukkan dalam Jadual S1[c]. Tulis satu aturcara bagi robot tersebut dalam ingatan 7 mengikut carta alir yang diberikan.

(45 marks/markah)

Table Q1[c]

Jadual S1[c]

PanaRobo	Signal	Device
Output	2	→ Gripper
	4	→ Clamping cylinder
	8	→ Sliding table cylinder
Input	10	← Magnetic sensor at sliding table cylinder
	12	← Optical sensor at gripper

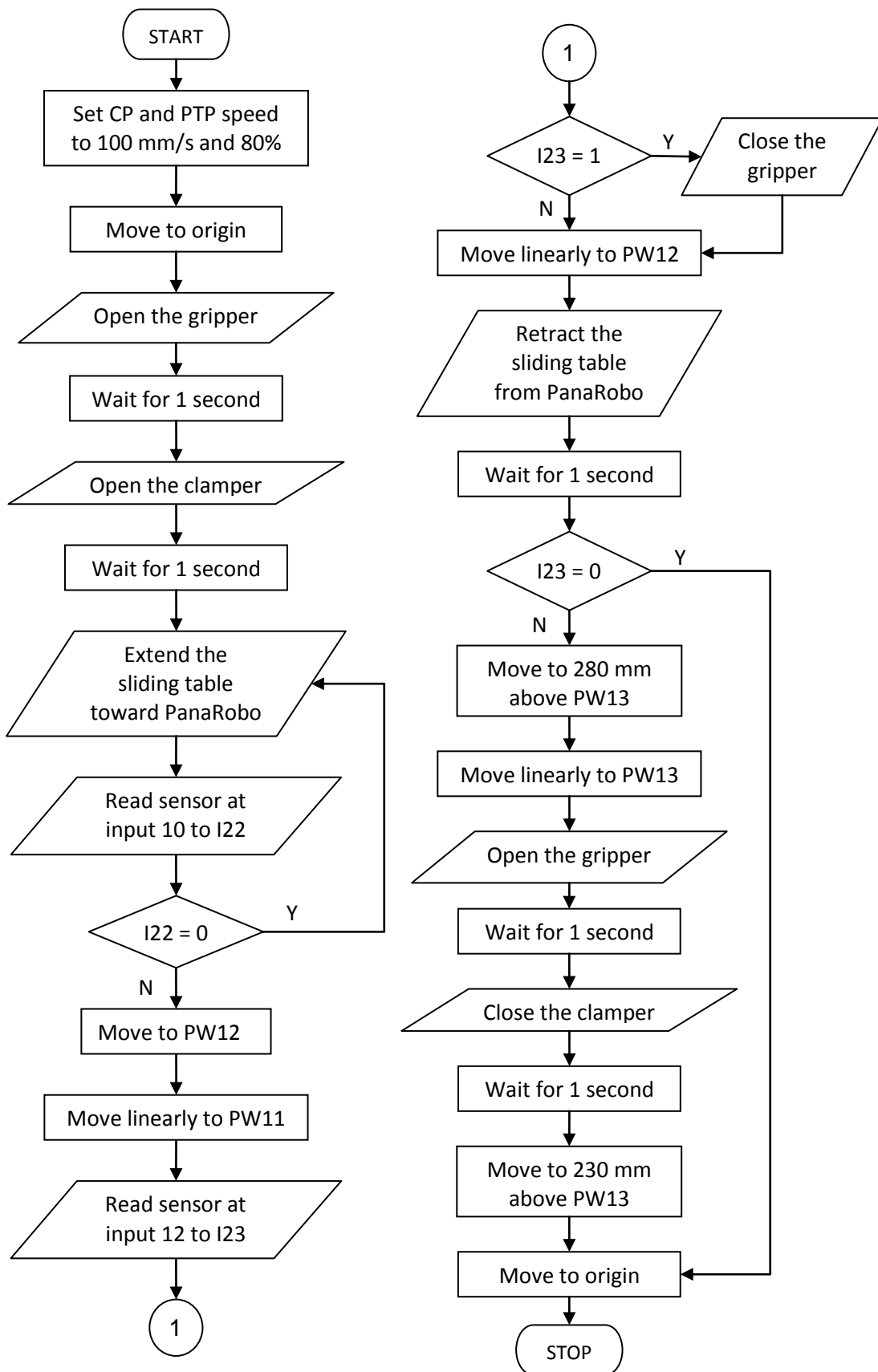


Figure Q1[c]
Rajah S1[c]

- Q2. [a] A gantry robot has z and r axes driven by stepper motors with 1.8° per step resolution. The first motor is connected to the z axis through a ball screw with 6 mm pitch. The second motor is connected to the r axis through a gear box with 15:1 ratio.**

Sebuah robot gantri mempunyai paksi z dan r yang dipacu oleh motor pelangkah dengan resolusi 1.8° per langkah. Motor pertama disambung kepada paksi z melalui satu skrew berbola dengan anggul 6 mm. Motor kedua disambung kepada paksi r melalui kotak gear dengan nisbah 15:1.

- (i) Calculate the required unit value to convert from step to mm and degree for each axis.**

Kira nilai unit diperlukan bagi menukar dari langkah ke mm dan darjah untuk setiap paksi.

- (ii) Calculate the operating speed in Hz if the z and r axes are required to move 0.4 m/s and 90 degree/s respectively.**

Kira kelajuan operasi dalam Hz jika paksi z dan r masing-masing perlu bergerak 0.4 m/s dan 90 darjah/s.

- (iii) Write the commands required to set the unit and operating speed in the z and r motor controller.**

Tuliskan arahan yang perlu bagi menentukan unit dan laju operasi dalam pengawal motor z dan r.

(30 marks/markah)

- [b] A gantry robot is required to move the x and y axes simultaneously to a position 2.1 and 2.6 m relative to the home respectively. Then, it moves the y axis to a distance -1.2 m from the current position. Finally, it moves the x axis to a distance 1.6 m from the current position. Sketch and give the coordinates of the robot motion. Write a program in memory 6 for that task.**

Sebuah robot gantri diperlukan bagi menggerakkan paksi x dan y serentak ke satu posisi masing-masing 2.1 dan 2.6 m merujuk kepada asalan. Kemudian, ia menggerakkan paksi y ke satu jarak -1.2 m dari posisi semasa. Akhirnya, ia menggerakkan paksi x ke satu jarak 1.6 m dari posisi semasa. Lakar dan berikan koordinat-koordinat pergerakan robot. Tulis satu aturcara dalam ingatan 6 untuk tugas tersebut.

(20 marks/markah)

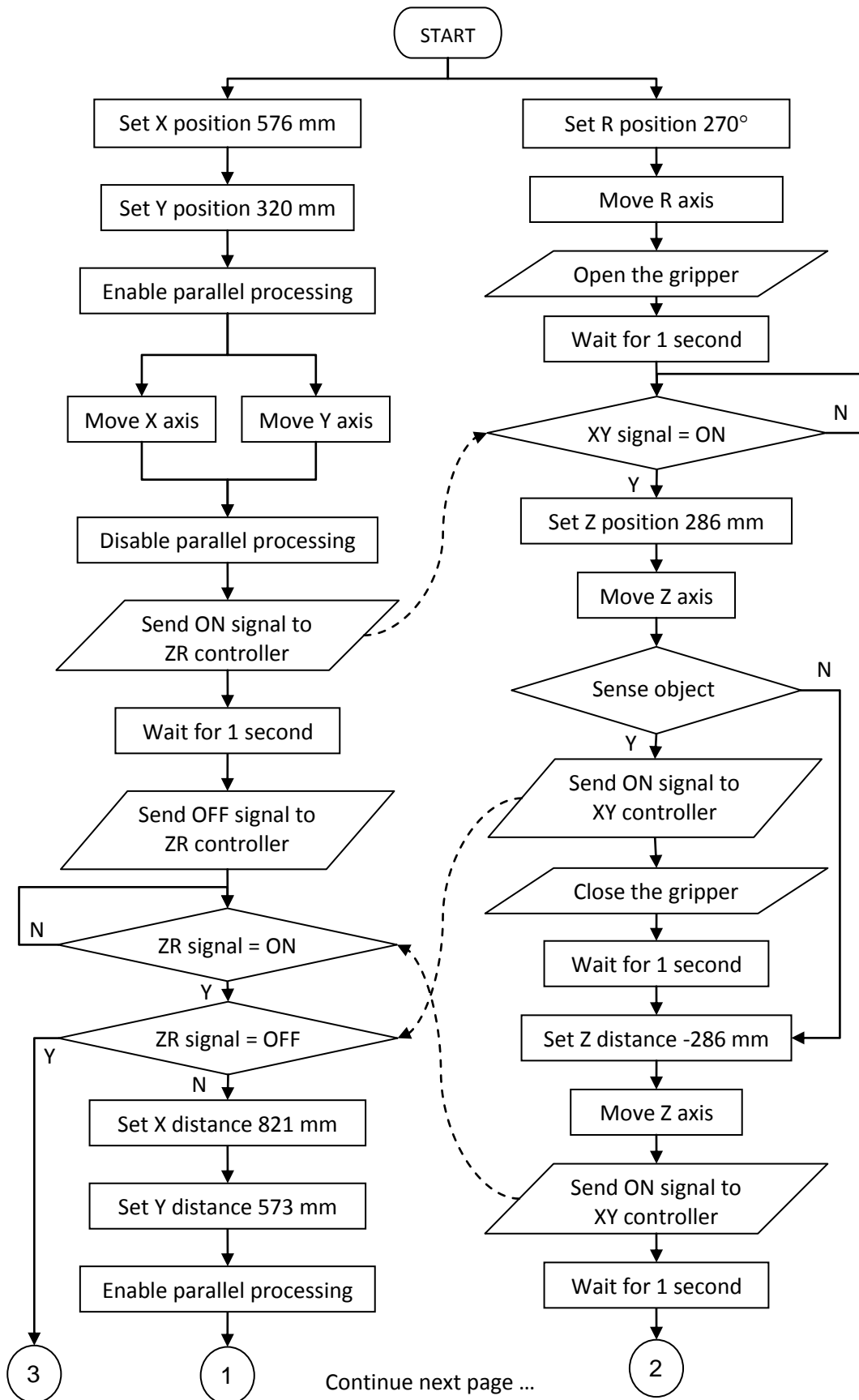
- [c] The flow chart in Figure Q2[c] shows the task of gantry robot to pick a component from a loading station and place it on a sliding table. The inputs and outputs of the ZR motor controller are connected to the solenoid valve of the gripper, optical sensor at the gripper, inputs and outputs of the XY motor controller as shown in Table Q2[c]. Write a program for the XY motor controller and another program for the ZR motor controller according to the given flow chart. Download both programs in memory 9.

Carta alir dalam Rajah S2[c] menunjukkan tugas robot gantri bagi mengambil komponen dari satu stesyen pemunggah dan meletakkannya di atas sebuah meja meluncur. Input-input dan output-output pengawal motor ZR disambung kepada injap solenoid penggenggam, penderia optik pada penggenggam, input-input dan output-output pengawal motor XY seperti ditunjukkan dalam Jadual S2[c]. Tulis satu aturcara bagi pengawal motor XY dan satu lagi aturcara bagi pengawal motor ZR mengikut carta alir yang diberikan. Muatturun kedua-dua aturcara dalam ingatan 9.

(50 marks/markah)

Table Q2[c]
Jadual S2[c]

XY motor controller		Signal		ZR motor controller
Output	1	→	1	Input
	2	→	2	
Input	1	←	1	Output
	2	←	2	
Gripper solenoid valve		←	3	
Gripper optical sensor		→	4	Input



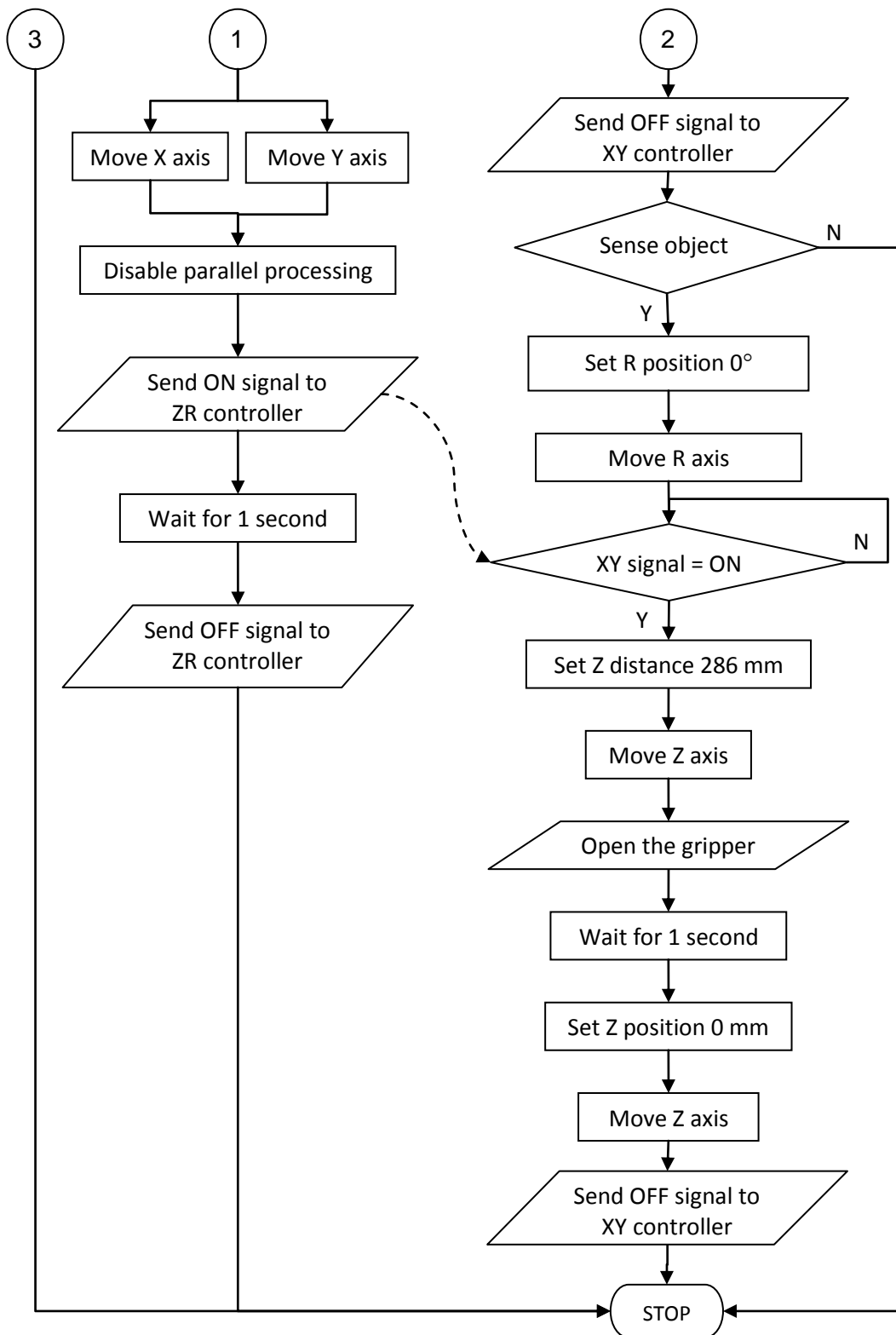


Figure Q2[c]
Rajah S2[c]

- Q3. [a] A Programmable Logic Controller (PLC) is used as a master controller to synchronize PanaRobo controller. A pick and place program has been loaded into memory 7 of the PanaRobo controller. Build a ladder diagram as a subroutine for the PLC to execute the program in the PanaRobo controller. State the required input/output connections between the PLC and the PanaRobo controller.**

Sebuah pengawal logik bolehaturcara (PLC) diguna sebagai pengawal induk bagi menyegerak pengawal PanaRobo. Satu aturcara ambil dan letak telah dimuatkan ke dalam memori 7 pengawal PanaRobo. Bina satu rajah tetangga sebagai satu subrutin bagi PLC melaksanakan aturcara dalam pengawal PanaRobo. Nyatakan sambungan input/output diperlukan antara PLC dan pengawal PanaRobo.

(30 marks/markah)

- [b] A Programmable Logic Controller (PLC) is used as a master controller to synchronize two stepper motor controllers. A program for gantry robot to pick and place a component has been loaded into memory 6 of each motor controller. Build a ladder diagram as a subroutine for the PLC to execute the program in both motor controllers. State the required input/output connection between the PLC and both motor controllers.**

Sebuah pengawal logik bolehaturcara (PLC) diguna sebagai pengawal induk bagi menyegerakkan dua buah pengawal motor pelangkah. Satu aturcara bagi robot gantri mengambil dan letak satu komponen telah dimuatkan ke dalam memori 6 setiap pengawal motor. Bina satu rajah tetangga sebagai satu subrutin bagi PLC melaksanakan aturcara dalam kedua-dua pengawal motor. Nyatakan sambungan input/output diperlukan antara PLC dan kedua-dua pengawal motor.

(30 marks/markah)

- [c] A Programmable Logic Controller is used as master controller to synchronize a PanaRobo robot and a gantry robot in assembling four components into a product. Table Q4[c] shows a list of subroutines to execute the programs for both robot tasks. Arrange the subroutines in a proper sequence and build a ladder diagram as the main program to execute the sequences. The movement of the sliding table is included in the program of PanaRobo robot. State the required input/output connections between the PLC and the controllers.**

Sebuah pengawal logik bolehaturcara sebagai pengawal induk untuk menyegerakkan sebuah robot PanaRobo dan sebuah robot gantri dalam pemasangan empat komponen menjadi satu produk lengkap. Jadual S4[c] menunjukkan satu senarai subrutin-subrutin bagi melaksanakan aturcara-aturcara untuk tugas kedua-dua robot. Susun subrutin-subrutin tersebut dalam satu urutan yang baik dan bina satu rajah tetangga sebagai aturcara utama bagi melaksanakan urutan-urutan tersebut. Pergerakan meja meluncur termasuk dalam aturcara robot PanaRobo. Nyatakan sambungan input/output diperlukan antara PLC dan pengawal-pengawal.

(40 marks/markah)

Table Q3[c]
Jadual S3[c]

Subroutine	Robot	Component	From	To	Duration (Seconds)	Preceding subroutine
11	Gantry	A	A loading station	A sliding table	44	None
12	Gantry	B	B loading station	B sliding table	36	None
13	Gantry	C	C loading station	C sliding table	41	None
21	PanaRobo	A	A sliding table	Assembly station	16	11
22	PanaRobo	B	B sliding table	Assembly station on A	9	12 21
23	PanaRobo	C	C sliding table	Assembly station on B	12	13 22

Q4. [a] State SEVEN main components of a robot.

Nyatakan TUJUH komponen utama sebuah robot.

(20 marks/markah)

[b] Describe the structure, type of joints, degree of freedom and configuration of the robot shown in Figure Q4[b]. Sketch the work envelop that can be reached by the robot and give an example of its application.

Huraikan struktur, jenis sendi, darjah kebebasan dan konfigurasi robot yang ditunjukkan dalam Rajah S4[b]. Lakarkan ruang kerja yang boleh dicapai oleh robot tersebut dan beri satu contoh aplikasinya.

(30 marks/markah)



Figure Q4[b]
Rajah S4[b]

- [c] Refer to the engineering drawing of PanaRobo shown in Figure Q4[c], calculate the joint coordinate for joint 1, 2 and 3 if the robot is required to position its tool center point to a coordinate $X = -70$, $Y = 450$ and $Z = 610$. Assume joint 4 and 5 are fix at zero degree and the origin of the coordinate system is located at the center of the base.

Merujuk kepada lukisan kejuruteraan PanaRobo ditunjukkan dalam Rajah S4[c], kira koordinat sendi bagi sendi 1, 2 dan 3 jika robot tersebut perlu memposisikan titik pusat perkakasnya pada koordinat $X = -70$, $Y = 450$ dan $Z = 610$. Anggapkan sendi 4 dan 5 tetap pada kosong darjah dan asalan sistem koordinat terletak pada pusat tapaknya.

(50 marks/markah)

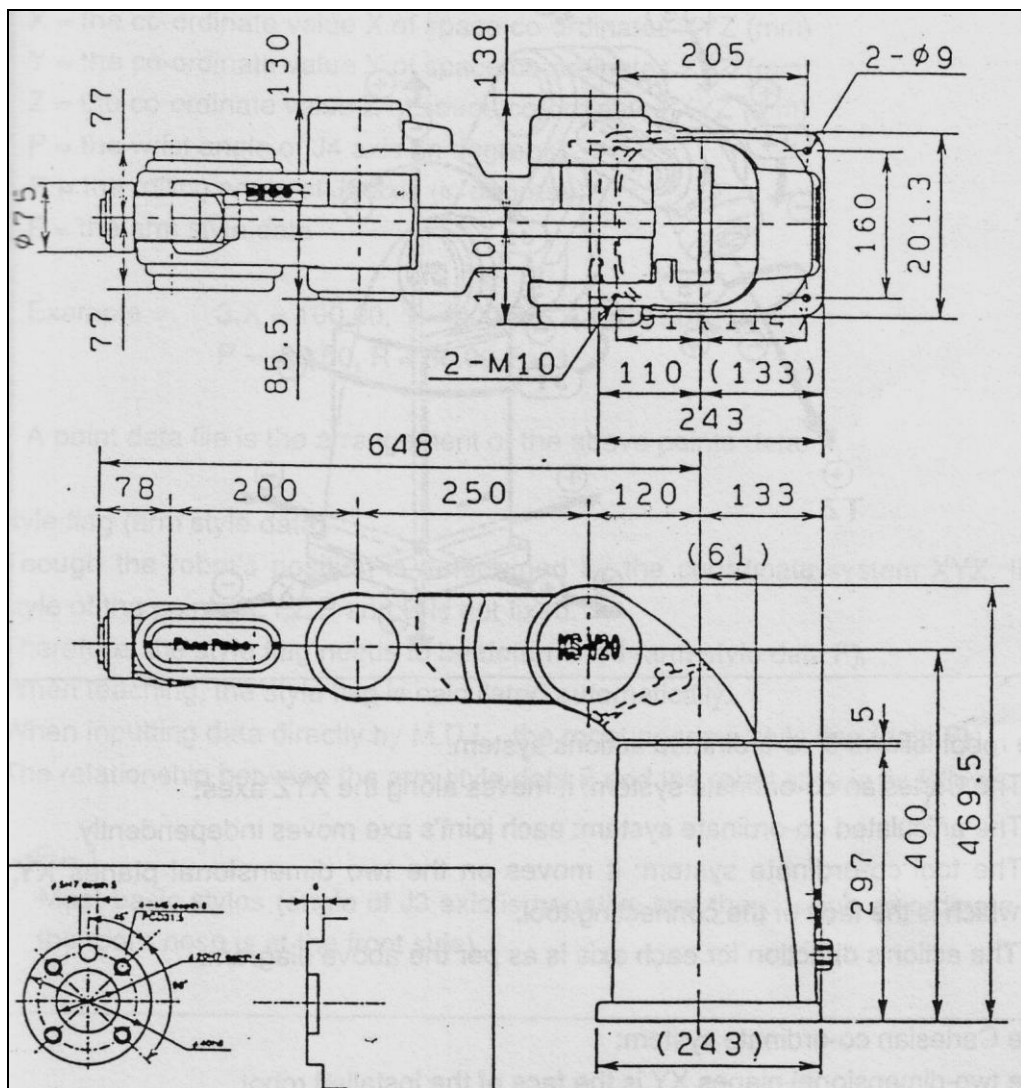


Figure Q4[c]
Rajah S4[c]

- Q5. [a] With the aid of a sketch, describe the degree of freedom of a spherical joint. How can this type of joint be modeled?

Dengan bantuan lakaran, huraikan darjah kebebasan satu sendi bersfera. Bagaimana sendi jenis ini boleh dimodelkan?

(20 marks/markah)

- [b] Figure Q5[b](i) shows a robot having three degrees of freedom with two revolute joint and one linear joint. Figure Q5[b](ii) shows the manipulator with the linear joint at minimum extension where $L_1 = 200$ mm, $L_2 = 300$ mm and $L_3 = 100$ mm. Model the robot kinematics by determining its link parameters and deriving its link transformation 0_3T .

Rajah Q5[b](i) menunjukkan sebuah robot yang mempunyai tiga darjah kebebasan dengan dua sendi putaran dan satu sendi lurus. Rajah Q5[b](ii) menunjukkan pengolahnya dengan sendi lurus pada pemanjangan minima di mana $L_1 = 200$ mm, $L_2 = 300$ mm dan $L_3 = 100$ mm. Modelkan kinematik robot tersebut dengan menentukan parameter-parameter dan menerbitkan penjelmaan rangkainya 0_3T .

(40 marks/markah)

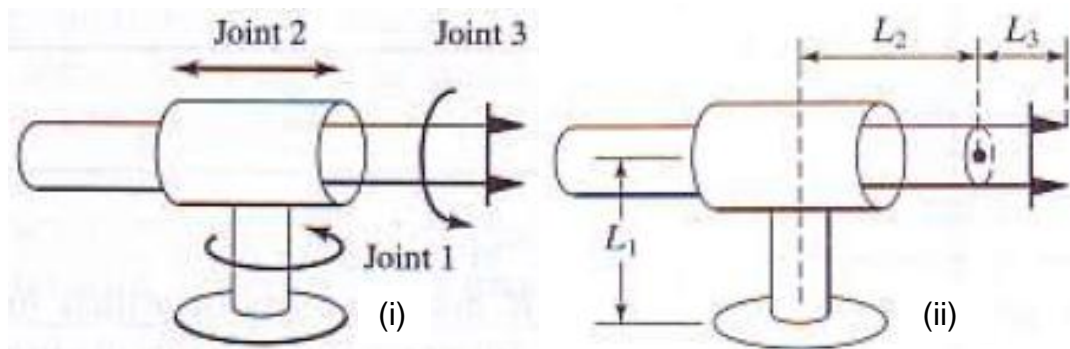


Figure Q5[b]
Rajah S5[b]

- [c] Figure Q5[c] shows a three-link planar manipulator with its link parameters and transformation 0_3T given. Solve the inverse kinematics of the manipulator to obtain the joint angles θ_1 , θ_2 , and θ_3 when the desired position of the gripper at the (x_0, y_0) coordinate is (130 mm, 290 mm), and the desired orientation of the gripper is $\phi = 120^\circ$ relative to X_0 axis.

Rajah Q5[c] menunjukkan sebuah pengolah satah tiga-rangkai dengan parameter-parameter dan penjelmaan 0_3T rangkainya diberikan. Selesaikan kinematik songsang pengolah tersebut bagi mendapatkan sudut-sudut sendinya θ_1 , θ_2 , dan θ_3 apabila posisi penggenggamnya pada koordinat (x_0, y_0) adalah (130 mm, 290 mm) dan orientasi penggenggamnya adalah $\phi = 120^\circ$ merujuk kepada paksi X_0 .

(40 marks/markah)

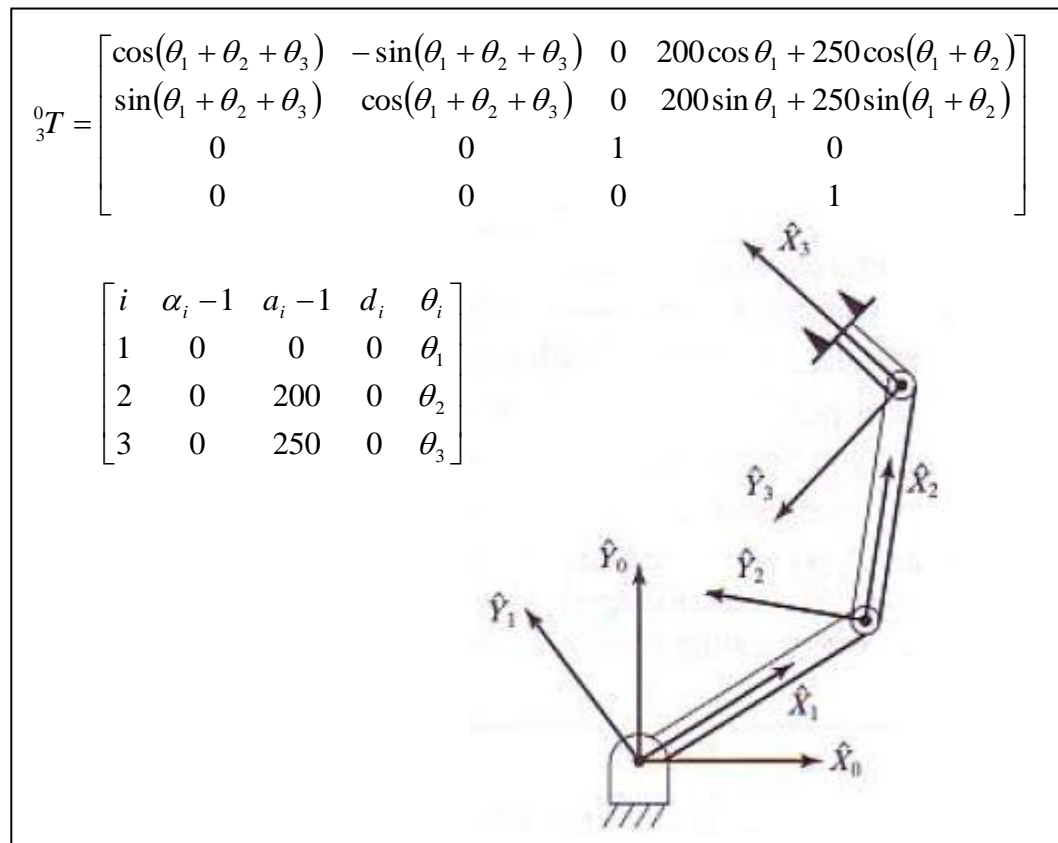


Figure Q5[c]
Rajah S5[c]

-oooOOOooo-