

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
2014/2015 Academic Session

December 2014 / January 2015

**EPC 431 – Robotic & Automation**  
***Robotik & Automasi***

Duration : 3 hours  
*Masa : 3 jam*

---

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

*[Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **SEMBILAN** mukasurat dan **LIMA** 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. [a] Based on Figure Q1[a](i) and Figure Q1[a](ii) information data,**

*Berdasarkan maklumat data di Rajah SI[a](i) dan Rajah SI[a](ii),*

**[i] Explain the trend of industrial robots shipment from 1995 to 2013.**

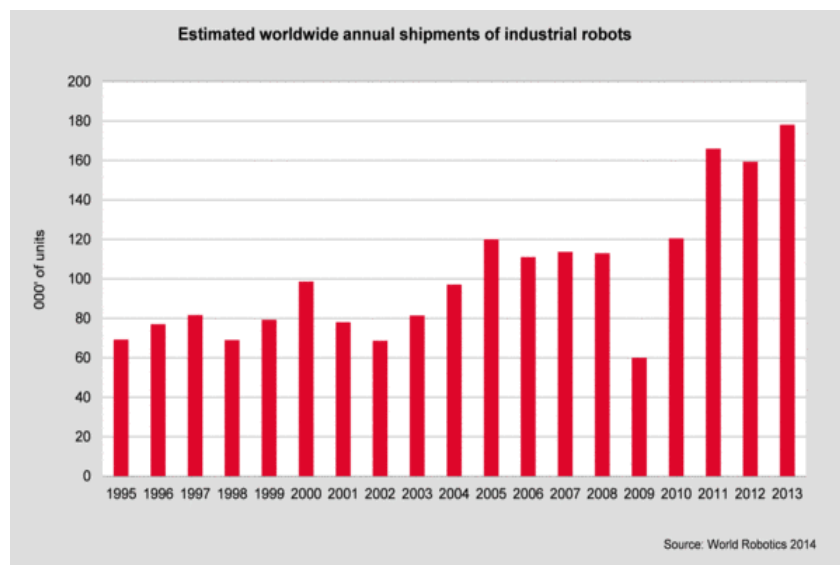
*Terangkan unjuran bagi penghantaran robot industri dari tahun 1995 sehingga tahun 2013.*

**(10 marks/markah)**

**[ii] Briefly explain the usage of industrial robot in various industries.**

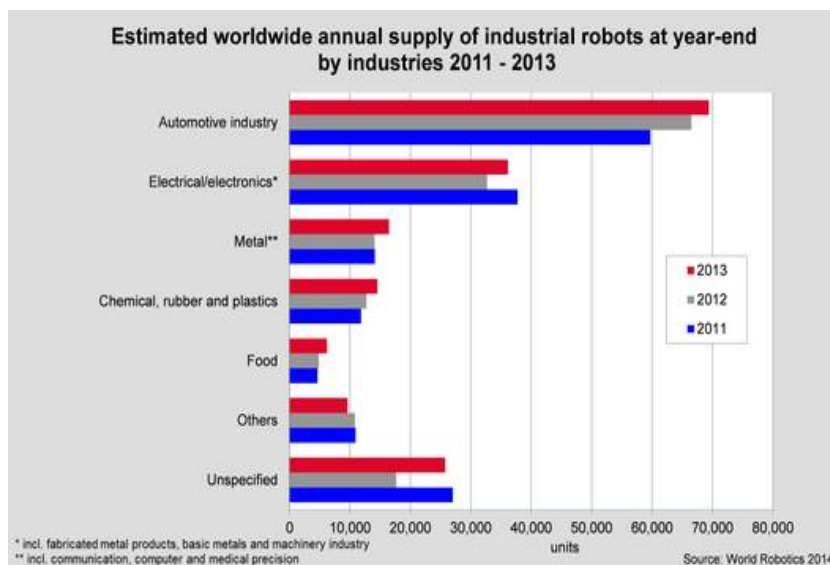
*Terangkan dengan ringkas penggunaan robot industri dalam pelbagai industri.*

**(15 marks/markah)**



**Figure Q1[a](i)**

*Rajah SI[a](i)*



**Figure Q1[a](ii)**

*Rajah SI[a](ii)*

- [b] With the help of a sketch, describe and explain about the Cartesian robot arm and a SCARA robot arm working envelope.

*Dengan bantuan lakaran, jelas dan terangkan ruang kerja bagi lengan robot Kartesian dan ruang kerja bagi lengan robot Scara.*

(40 marks/markah)

- [c] Refer to Figure Q1[c], identify the related subsystems available in robot system and explain their interactions.

*Dengan bantuan Rajah S1[c], tentukan subsistem yang wujud bagi sistem robot dan terangkan interaksi di antara subsistem.*

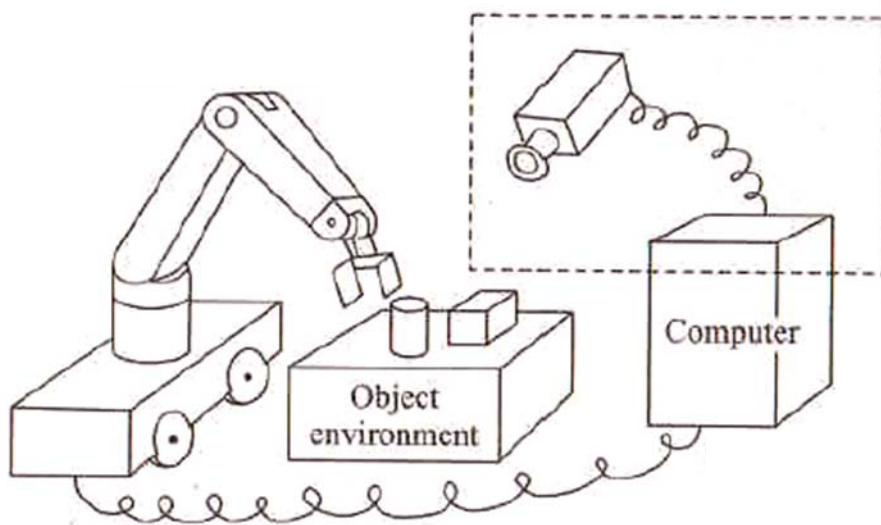


Figure Q1[c]  
Rajah S1[c]

(35 marks/markah)

- Q2. [a] Give a definition of robot arm kinematics. Explain the use of forward and inverse kinematics in robotics.

*Berikan definisi kinematik lengan robot. Jelaskan penggunaan kinematik hadapan dan songsang dalam robotik.*

(10marks/markah)

- [b] Refer to the SCARA type robot in Figure Q2[b].

*Rujuk robot jenis SCARA dalam gambarajah S2[b].*

- [i] Assign the coordinate frames based on the D-H representation.

*Tunjukkan bingkai koordinat dalam bentuk D-H*

(10 marks/markah)

[ii] Construct the parameter table.

Bina jadual parameter.

(10 marks/markah)

[iii] Write all the transformation matrices.

Tuliskan semua matrik transformasi.

(10 marks/markah)

[iv] Write the  ${}^U T_H$  matrix using the transformation matrices in [iii].

Tuliskan matrik  ${}^U T_H$  dalam bentuk matrik transformasi dari soalan [iii].

(25 marks/markah)

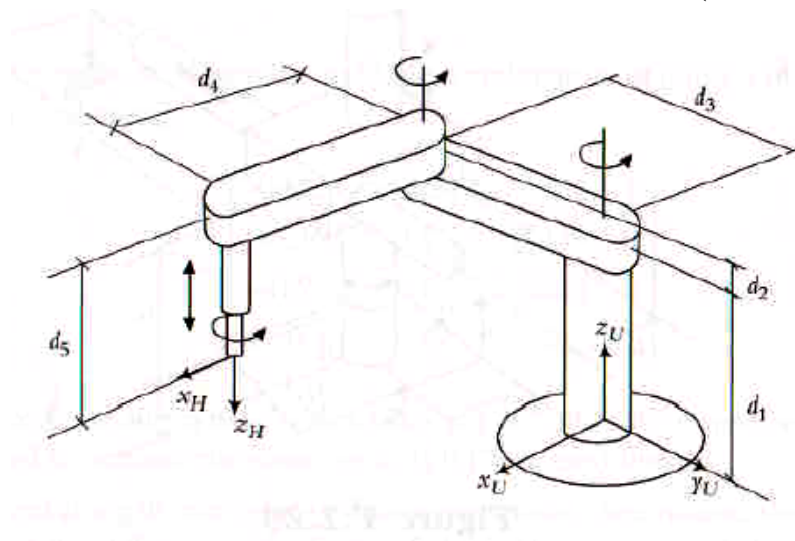


Figure Q2[b]  
Rajah S2[b]

[c] The desired final position and orientation of the gripper of a Cartesian RPY robot is given below. Find the necessary RPY angles and displacements.

Kedudukan terakhir dan orientasi bagi pengenggam robot Kartesian RPY seperti diberikan di bawah. Carikan nilai sudut-sudut dan sesaran-sesaran RPY yang perlu.

$${}^R T_P = \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & p_x \\ n_y & o_y & a_y & p_y \\ n_z & o_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.354 & -0.674 & 0.649 & 4.33 \\ 0.505 & 0.722 & 0.475 & 2.50 \\ -0.788 & 0.160 & 0.595 & 8 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(35 marks/markah)

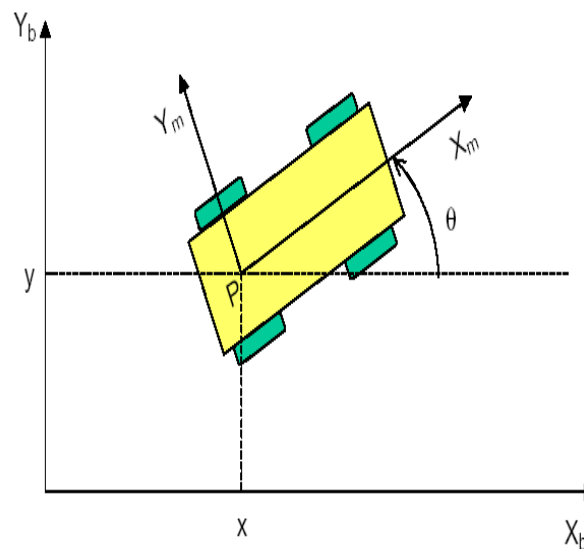
- Q3. [a] Name THREE (3) types of wheeled robots. State their configuration advantages and disadvantages with respect to their application.**

*Namakan TIGA (3) jenis robot beroda. Nyatakan kelebihan dan kelemahan konfigurasi berpandu kepada jenis aplikasinya.*

**(15 marks/markah)**

- [b] Figure Q3[b] shows the differential-typed wheeled robot. Write the kinematic models for world frame and robot frame.**

*Rajah S3[b] menunjukkan robot beroda jenis pembeza. Tuliskan model kinematik untuk kerangka dunia dan kerangka robot.*



**Figure Q3[b]**  
*Rajah S3[b]*

**(35 marks/markah)**

- [c] State and describe FIVE (5) safety factors that should be considered when operating Kuka industrial robot arm.**

*Nyatakan dan jelaskan Lima (5) faktor keselamatan yang perlu diambil kira semasa mengendalikan lengan robot industri Kuka.*

**(20 marks/markah)**

- [d] In programming a Kuka industrial robot arm for spline motion to execute points on a work surface, a collision with the work surface is possible when the first point is approached as shown in Figure Q3[d]. Suggest a way to avoid the collision.

*Dalam mengaturcarakan sebuah lengan robot industri Kuka untuk pergerakan “spline” bagi melaksanakan titik-titik di atas satu permukaan kerja, satu pelanggaran dengan permukaan kerja tersebut mungkin berlaku bila titik pertama dihampiri seperti ditunjukkan dalam Rajah S3[d]. Cadangkan satu cara bagi mengelakkan pelanggaran tersebut.*

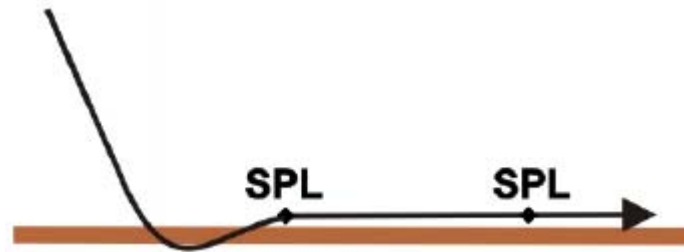


Figure Q3[d]  
Rajah S3[d]

(30 marks/markah)

- Q4. [a] Explain the differences between constant and standard orientation control for LINEAR motion in Kuka Robot Language.

*Terangkan perbezaan di antara kawalan orientasi pemalar dan piawai bagi pergerakan LELURUS dalam Bahasa Robot Kuka.*

(20 marks/markah)

- [b] Analyze the Kuka robot program to pick an object at point P2 and place it at point P6 as shown in Figure Q4[b]. The xyz coordinates are HOME (0, 0, 100), P1 (60, -40, 50), P2 (60, -40, 10), P3 (60, -30, 30), P4 (60, 0, 40), P5 (60, 40, 40), P6 (60, 40, 10) and P7 (60, 40, 10). Sketch the path of the tool center point taken by the robot and explain what will happen along the path.

*Analisa aturcara robot Kuka bagi mengambil sebuah objek pada titik P2 dan meletakkannya pada titik P6 seperti ditunjukkan dalam Rajah S4[b]. Koordinat xyz adalah ASALAN (0, 0, 100), P1 (60, -40, 50), P2 (60, -40, 10), P3 (60, -30, 30), P4 (60, 0, 40), P5 (60, 40, 40), P6 (60, 40, 10) dan P7 (60, 40, 10). Lakarkan laluan titik pusat perkakas yang dilalui oleh robot tersebut dan terangkan apa akan berlaku di sepanjang laluan tersebut.*

1	DEF MAIN()			
2	INI			
3	PTP HOME	VEL=100%	DEFAULT	
4	PTP P1	VEL=100%	PDAT1 TOOL[4] BASE[5]	
5	OUT 17	'Gripper STATE=	GDAT1	
6	OUT 18	'Gripper STATE=	GDAT2	
7	LIN P2	VEL=0.8m/s	CPDAT1 TOOL[4]	
8	OUT 17	'Gripper STATE=	GDAT3	
9	OUT 18	'Gripper STATE=	GDAT4	
10	CIRC P3 P4	VEL=0.8m/s	CPDAT2	TOOL[4]
11	LIN P5 CONT	VEL=0.8m/s	CPDAT3	TOOL[4]
12	LIN P6	VEL=0.8m/s	CPDAT4	TOOL[4]
13	OUT 17	'Gripper STATE=	GDAT5	
14	OUT 18	'Gripper STATE=	GDAT6	
15	LIN P7	VEL=0.8m/s	CPDAT5	TOOL[4]
16	PTP HOME	VEL=100%	DEFAULT	
17	END			

Figure Q4[b]

Rajah S4[b]

(40 marks/markah)

- [c] Develop a program for Kuka robot to execute an endless loop which calls 3 subprograms named `Pick_Cube()`, `Place_Cube()` and `Store_Cube()` sequentially in order to pick a cube from a container, place the cube on a work table and store the cube back into the container repeatedly. The loop will be terminated when the robot receive TRUE signal from a switch connected to input port 12.

*Bangunkan satu aturcara bagi robot Kuka untuk melaksanakan satu ulangan yang berterusan untuk memanggil 2 sub-aturcara bernama `Pick_Cube()`, `Place_Cube()` dan `Store_Cube()` berturutan bagi mengambil sebuah bongkah dari sebuah bekas, meletakkan bongkah tersebut di atas satu meja kerja dan menyimpan bongkah tersebut kembali ke dalam bekas berulang-ulang. Ulangan tersebut akan terhenti bila robot tersebut menerima isyarat TRUE dari suis yang disambung kepada terminal masukan 12.*

(40 marks/markah)

**Q5. [a] When is WAIT FOR statement used in programming Kuka robot?**

*Bilakah kenyataan WAIT FOR diguna dalam pengaturcaraan robot Kuka?*

**(20 marks/markah)**

**[b] Explain, with the help of a sketch, the movement of the Kuka robot tool center point when the command in Figure Q5[b] is executed.**

*Terangkan, dengan bantuan lakaran, pergerakan titik pusat perkakas robot Kuka bila arahan dalam Rajah S5[b] dilaksanakan.*

**PTP {X 12.3, Y 100.0, Z 50.0, A 9.2, B 50.0, C 0.0, S 'B010', T 'B1010'}**

**Figure Q5[b]**

*Rajah S5[b]*

**(20 marks/markah)**

**[c] Explain, with the help of a sketch, the movement of the Kuka robot tool center point when the command in Figure Q5[c] is executed.**

*Terangkan, dengan bantuan lakaran, pergerakan titik pusat perkakas robot Kuka bila arahan dalam Rajah S5[c] dilaksanakan.*

**CIRC\_REL {X 100.0, Y 3.2, Z -20.0}, {Y 50.0}, CA 270 C\_VEL**

**Figure Q5[c]**

*Rajah S5[c]*

**(20 marks/markah)**

**[d] A program for Kuka robot to weld a circular edge of an automotive component is shown in Figure Q5[d]. Kuka robot input 6 and output 7 are connected to output 4 and input 5 of a programmable logic controller respectively. The welding torch is connected to Kuka robot output 9. A signal lamp is connected to Kuka robot output 8. Explain the welding process that will occur according to the program.**

*Satu aturcara untuk robot Kuka bagi mengimpal sepanjang satu pinggir bulatan sebuah komponen automotif ditunjukkan dalam Rajah S5[d]. Masukan 6 dan keluaran 7 robot Kuka masing-masing disambungkan kepada keluaran 4 dan masukan 5 bagi sebuah pengawal logik bolehaturcara. Muncung pengimpalnya disambungkan kepada keluaran 9 robot Kuka. Satu lampu isyarat disambungkan kepada keluaran 8 robot Kuka. Jelaskan proses pengimpalan yang akan berlaku berdasarkan aturcara tersebut.*

```
1  DEF MAIN()
2  INI
3  WAIT FOR      IN 6
4  OUT 8         STATE=TRUE
5  PTP HOME     VEL=100%      DEFAULT
6  SYN OUT 9    STATE=TRUE   AT END DELAY=-600ms
7  PTP P1       VEL=100%     PDAT1 TOOL[7] BASE[3]
8  SYN OUT 9    STATE=FALSE  AT  END  PATH=-10mm
9  CIRC P2 P3   VEL=0.4m/s    CPDAT1 TOOL[7] BASE[3]
10 PTP HOME     VEL=100%     DEFAULT
11 PULSE 7      STATE=TRUE   TIME=2s
12 OUT 8        STATE=FALSE
13 END
```

**Figure Q5[d]**  
*Rajah S5[d]*

**(40 marks/markah)**

**-0000000-**