
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
Academic Session 2015/2016

December 2015/January 2016

EPC 431 – Robotic & Automotion
[Robotik dan Automasi]

Duration: 3 hours
Masa: 3 jam

INSTRUCTIONS TO CANDIDATE :

ARAHAN KEPADA CALON :

Please check that this paper contains **NINE** (9) printed pages and **FIVE** (5) questions before you begin the examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **SEMBILAN** (9) mukasurat dan **LIMA** (5) 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.

Q1. [a] Describe briefly the history of the first industrial robot.

Huraikan dengan ringkas sejarah robot industri yang pertama.

(20 marks/markah)

[b] As a production engineer in one manufacturing industry, you need to convince your top management in applying robot to improve the production in your plants. Explain FIVE (5) benefits of applying robot in manufacturing industry.

Sebagai seorang jurutera pengeluaran dalam sebuah industri pembuatan, anda dikehendaki meyakinkan pengurusan tertinggi anda dalam mengaplikasikan robot untuk memperbaiki pengeluaran dalam kilang anda. Jelaskan LIMA (5) manfaat mengaplikasikan robot dalam industri pembuatan.

(20 marks/markah)

[c] Figure Q1[c] shows a robot manipulator which has six degrees of freedom. By analyzing the robot geometry, elaborate on the mechanical structure of this manipulator.

Rajah S1[c] menunjukkan sebuah pengolah robot yang mempunyai enam darjah kebebasan. Dengan menganalisa geometri robot tersebut, huraikan struktur mekanikal pengolah ini.



Figure Q1[c]
Rajah S1[c]

(30 marks/markah)

- [d] A robot is essentially a movable open chain of successively coupled bodies with one end fixed to the ground and the free end containing an end effector. The bodies of the open chain are usually links which are joined together by some lower pair connectors. State and describe FIVE (5) of the most common types of lower pair connectors.

Robot asasnya adalah rantaian terbuka boleh alih badan berganding berurutan dengan satu hujung tetap ke lantai dan hujung bebas mengandungi pengesan hujung. Badan rantaian terbuka biasanya sambungan yang disambungkan bersama oleh beberapa pasangan penyambung rendah. Nyatakan dan jelaskan LIMA (5) jenis penyambung pasangan rendah yang paling biasa.

(30 marks/markah)

- Q2. [a] Explain what are meant by the degree of mobility, degree of steer-ability and degree of maneuverability.

Terangkan apakah maksud tahap mobiliti, tahap keupayaan-mengemudi dan tahap kebolehkendalian.

(30 marks/markah)

- [b] Figure Q2[b] shows a car-like robot type wheeled mobile robot (WMR). Write the kinematic model for world frame and robot frame. Write also its non-holonomic constraint.

Rajah S2[b] menunjukkan robot mobil beroda jenis kereta. Tuliskan model kinematik untuk kerangka dunia dan kerangka robot. Tuliskan juga kekangan bukan holonomik.

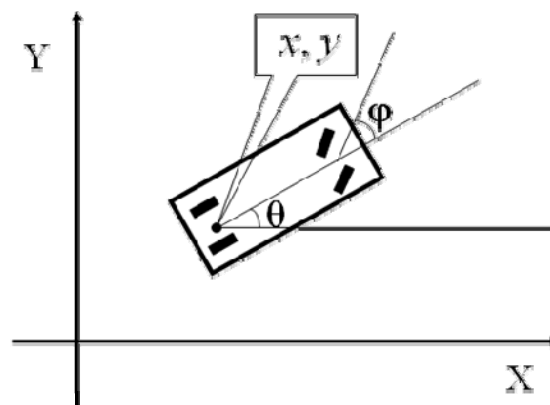


Figure Q2[b]
Rajah S2[b]

(40 marks/markah)

- [c] **What is the purpose of the analog sensor shown in Figure Q2[c]? What is the difference between the analog sensor and an ultrasonic sensor in terms of their input-output signal?**

Apakah tujuan sensor analog yang ditunjukkan dalam Rajah S2[c]? Apakah perbezaan di antara sensor analog tersebut dan sebuah sensor ultrasonik dari segi isyarat input-output?



Figure Q2[c]
Rajah S2[c]

(15 marks/markah)

- [d] **Suppose that you need to design a WMR for line-following task. What kind of sensor can you suggest to fulfill the task? Sketch the arrangement of the sensor on the WMR.**

Andaikan anda perlu mereka bentuk WMR untuk tugas mengikuti-garisan. Apakah jenis sensor yang boleh anda cadangkan untuk memenuhi tugas ini? Lakarkan susunan sensor pada WMR tersebut.

(15marks/markah)

- Q3. [a] Define what are singularity position and overhead singularity position that could happen when using Kuka industrial robot arm.**

Berikan definasi kedudukan keistimewaan dan kedudukan keistimewaan atas-kepala yang boleh berlaku apabila menggunakan lengan robot perindustrian Kuka.

(20 marks/markah)

- [b] **Analyze two Kuka robot programs that are shown in Figure Q3[b](i) and Q3[b](ii) to follow some points that are shown in Figure Q3[b](iii). For each program, sketch the resulting path of the tool center point traveled by the robot. Discuss the differences between both paths.**

Analisa dua aturcara robot Kuka yang ditunjukkan dalam Rajah S3[b](i) dan S3[b](ii) untuk mengikuti beberapa titik yang ditunjukkan dalam Rajah S3[b](iii). Bagi setiap aturcara, lakarkan hasil laluan titik pusat alat dilalui oleh robot. Bincangkan perbezaan di antara kedua-dua laluan.

1	DEF MAIN()		
2	INI		
3	PTP HOME	VEL=100%	DEFAULT
4	PTP P1	VEL=70%	PDAT1 TOOL[7] BASE[3]
5	LIN P2	VEL=0.6m/s	CPDAT1 TOOL[7] BASE[3]
6	CIRC P3 P4	VEL=0.4m/s	CPDAT2 TOOL[7] BASE[3]
7	LIN P5	VEL=0.4m/s	CPDAT3 TOOL[7] BASE[3]
8	LIN P6	VEL=0.4m/s	CPDAT4 TOOL[7] BASE[3]
9	CIRC P7 P8	VEL=0.4m/s	CPDAT5 TOOL[7] BASE[3]
10	LIN P9	VEL=0.4m/s	CPDAT6 TOOL[7] BASE[3]
11	CIRC P10 P11	VEL=0.4m/s	CPDAT7 TOOL[7] BASE[3]
12	LIN P12	VEL=0.6m/s	CPDAT8 TOOL[7] BASE[3]
13	LIN P1	VEL=0.6m/s	CPDAT9 TOOL[7] BASE[3]
14	PTP HOME	VEL=100%	DEFAULT
15	END		

Figure Q3[b](i)
Rajah S3[b](i)

1	DEF MAIN()		
2	INI		
3	PTP HOME	VEL=100%	DEFAULT
4	PTP P1	VEL=70%	PDAT1 TOOL[7] BASE[3]
5	SPLINE	VEL=0.4m/s	CPDAT1 TOOL[7] BASE[3]
6	SPL P2	VEL=0.6m/s	
7	SCIRC P3 P4		
8	SPL P5		
9	SPL P6		
10	SCIRC P7 P8		
11	SPL P9		
12	SCIRC P10 P11		
13	SPL P12	VEL=0.6m/s	
14	SLIN P1	VEL=0.6m/s	
15	ENDSPLINE		
16	PTP HOME	VEL=100%	DEFAULT
17	END		

Figure Q3[b](ii)
Rajah S3[b](ii)

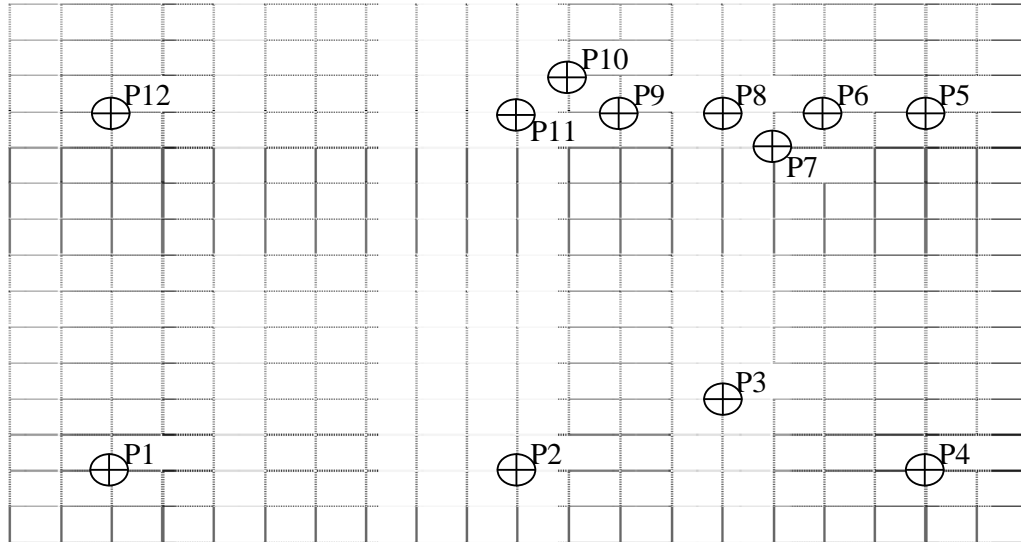


Figure Q3[b](iii)
Rajah S3[b](iii)

(40 marks/markah)

- [c] Write a subprogram for Kuka robot to pick a glue nozzle as a tool from location point P13 and a subprogram for Kuka robot to place back the tool. Set the coordinate system to TOOL[2] and BASE[1] with the speed 0.8 m/s. Use point P14 which is located on top of the tool for approaching the tool. Output 17 and 18 are used for opening and closing the gripper respectively. Modify the program shown in Figure Q3[b](i) to call the subprogram for picking the tool before following the points and to call the subprogram for placing the tool after following the points.

Tulis satu subaturcara bagi Kuka robot untuk mengambil sebuah muncung gam sebagai sebuah alat dari lokasi titik P13 dan satu subaturcara bagi Kuka robot untuk meletakkan kembali alat. Set sistem koordinatnya kepada TOOL[2] dan BASE[1] dengan kelajuan 0.8 m/s. Gunakan titik P14 yang terletak di atas alat untuk menghampirinya. Keluaran 17 dan 18 masing-masing digunakan untuk membuka dan menutup penggenggam. Ubah aturcara yang ditunjukkan dalam Rajah S3[b](i) bagi memanggil subaturcara untuk mengambil alat sebelum mengikuti titik-titik dan bagi memanggil subaturcara untuk meletakkan alat selepas mengikuti titik-titik.

(40 marks/markah)

- Q4. [a] (i) Identify the type of robot arm shown in Figure Q4[a] and draw its workspace.

Kenalpasti jenis lengan robot yang ditunjukkan dalam Rajah S4[a] dan lukiskan ruang kerjanya.

(20 marks/markah)

- (ii) From Figure Q4[a], by using inverse kinematics, convert all the Cartesian-coordinates system's axes to the robot's own set of coordinates. Given the current position of the end effector is (150 mm, 245 mm, 100 mm).

Daripada Rajah S4[a], dengan menggunakan kinematik songsang, tukarkan semua paksi sistem Cartesian-koordinat kepada set koordinat robot tersebut. Diberikan kedudukan semasa pegesan hujung adalah (150 mm, 245 mm, 100 mm).

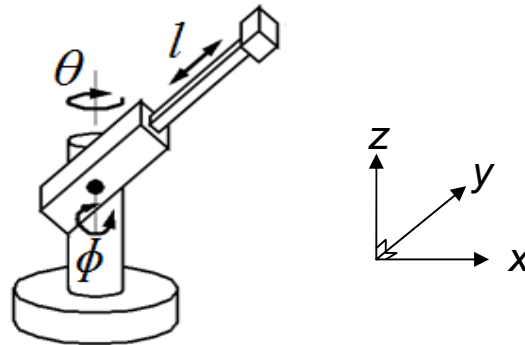


Figure Q4[a]
Rajah S4[a]

(40 marks/markah)

- [b] (i) Assign a coordinate frame for every link shown in Figure Q4[b] using right hand rule. Create the D-H link parameters table.

Tentukan satu rangka koordinat untuk setiap penghubung seperti yang ditunjukkan dalam Rajah S4[b] dengan menggunakan peraturan tangan kanan. Buat jadual D-H parameter penghubung.

(10 marks/markah)

- (ii) Calculate the homogeneous transformation matrices T_{n-1}^n by substituting the link parameters from the D-H table created in Q4[b](i). Determine the overall transformation from the base of the link to its end.

Kirakan matriks transformasi homogen T_{n-1}^n dengan menggantikan pautan parameter dari jadual D-H yang dibuat dalam S4[b](i). Tentukan transformasi keseluruhan dari pangkal penghubung ke penghujungnya.

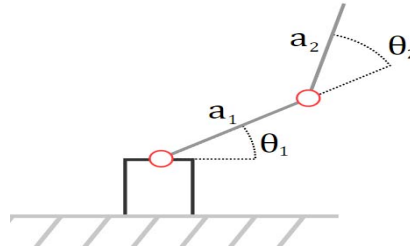


Figure Q4[b]

Rajah S4[b]

(30 marks/markah)

- Q5. [a]** Sketch the velocity profiles (velocity vs time) of the tool center point for a Kuka robot when the programs shown in Figure Q3[b](i) and Q3[b](ii) are executed by indicating the positions that are shown in Figure Q3[b](iii) and HOME based on time. Explain the difference between both velocity profiles.

Lakarkan profil halaju (halaju melawan masa) titik pusat alat bagi sebuah robot Kuka apabila aturcara yang ditunjukkan dalam Rajah S3[b](i) dan S3[b](ii) dilaksanakan dengan menandakan kedudukan yang ditunjukkan dalam Rajah S3[b](iii) dan ASALAN berdasarkan masa. Terangkan perbezaan di antara kedua-dua profil halaju.

(40 marks/markah)

- [b]** Figure Q5[b] shows a combination of orientation control during a circular motion. State the \$ORI_TYPE and \$CIRC_TYPE that are combined to control the orientation. Explain what happens as the Kuka robot tool center point moves along the circular path.

Rajah S5[b] menunjukkan satu gabungan kawalan orientasi semasa gerakan membulat. Nyatakan \$ORI_TYPE dan \$CIRC_TYPE yang digabungkan untuk mengawal orientasi tersebut. Terangkan apa yang berlaku semasa titik pusat alat robot Kuka bergerak di sepanjang laluan membulat.

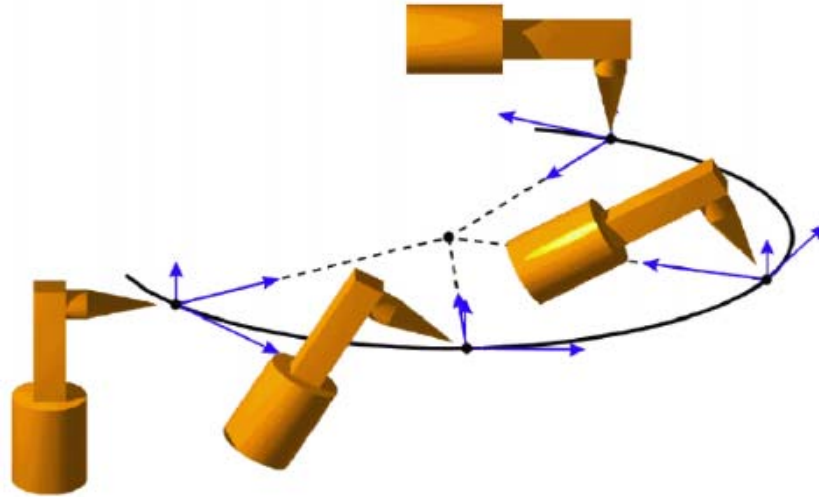


Figure 5[b]
Rajah 5[b]

(30 marks/markah)

- [c] As an engineer in a manufacturing industry, you are required to automate an adhesive station with a robot arm. Modify again the program that has been modified in Question Q5[a] to integrate it with the adhesive station. The glue nozzle (Output 6) must be activated 1 second before it reaches the component and deactivated 0.5 second after it leaves the component. Before the glue nozzle reaches point P2 and P6, the operator needs to insert additional components and then issue an enabling signal using switches connected to Input 7 and 8 respectively. When reaching point P11, the program must turn on the heater that is connected to Output 9 for 5 seconds to dry the glue.

Sebagai seorang jurutera dalam industri pembuatan, anda dikehendaki untuk mengautomasikan stesen pelekat dengan lengan robot. Ubah lagi program yang telah diubah dalam Soalan S5[a] untuk mengintegrasikan dengan stesen pelekat. Muncung gam (Keluaran 6) mesti diaktifkan 1 saat sebelum ia sampai komponen tersebut dan dinyahaktifkan 0.5 saat selepas ia meninggalkan komponen tersebut. Sebelum muncung gam sampai titik P2 dan P6, pengendali perlu memasukkan komponen tambahan dan kemudian memberi isyarat membolehkan menggunakan suis yang masing-masing disambungkan kepada Masukan 7 dan 8. Apabila sampai titik P11, aturcara tersebut mesti menghidupkan pemanas yang disambungkan kepada Keluaran 9 untuk 5 saat bagi mengeringkan gam.

(30 marks/markah)