



First Semester Examination
Academic Session 2018/2019

December 2018/January 2019

EPC431 – Robotic and Automation
[Robotik dan Automasi]

Duration : 3 hours
Masa : 3 jam

Please check that this examination paper consists of TEN [10] printed pages before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi SEPULUH [10] mukasurat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.]

INSTRUCTIONS : Answer **ALL FIVE [5]** questions.

ARAHAN : Jawab **SEMUA LIMA [5]** soalan.]

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.]

1. [a] **There are numerous types of robots available in the market. List and describe FIVE (5) common types of robots with examples.**

Terdapat banyak jenis robot yang ada di pasaran. Senaraikan dan terangkan LIMA jenis robot yang biasa dengan contoh-contoh.

(20 marks/markah)

- [b] **As a test production engineer in one semiconductor manufacturing industry, you have a repeatability and reproducibility issues of inserting a product into test socket using manual process (human operator). You would like to propose robotic solution but you need to convince your top management about this solution to improve the production process. Outline with explanation of FIVE (5) benefits of applying robot in this industry.**

Sebagai jurutera pengeluaran ujian dalam satu industri pembuatan semikonduktor, anda mempunyai masalah kebolehulangan untuk memasukkan produk ke dalam soket ujian menggunakan proses manual (pengendali manusia). Anda ingin mencadangkan penyelesaian robotik tetapi anda perlu meyakinkan pengurusan atasan anda tentang penyelesaian ini untuk meningkatkan proses pengeluaran. Gariskan dengan penjelasan LIMA (5) faedah-faedah penggunaan robot dalam industri ini.

(20 marks/markah)

- [c] **Figure 1[c] shows a robot manipulator used under the flight simulator. By analyzing the robot geometry, elaborate on the mechanical structure of this manipulator.**

Rajah 1[c] menunjukkan sebuah pengolah robot yang digunakan dibawah simulator penerbangan. Dengan menganalisa geometri robot tersebut, huraikan struktur mekanikal pengolah ini.

...3/-



Figure 1[c]
Rajah 1[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 adalah sambungan yang disambungkan bersama oleh beberapa pasangan penyambung rendah. Nyatakan dan jelaskan LIMA (5) jenis penyambung pasangan rendah yang biasa.

(30 marks/markah)

2. [a] Name THREE (3) types of wheel mobile robots and state their configuration advantages and disadvantages with respect to their application.

Namakan TIGA (3) jenis robot bergerak roda dan nyatakan kelebihan dan kelemahan konfigurasi dengan merujuk kepada penggunaannya.

(25 marks/markah)

...4/-

[b] Figure 2[b] shows the differential type wheel mobile robot.

Rajah 2[b] menunjukkan robot bergerak roda jenis pembezaannya.

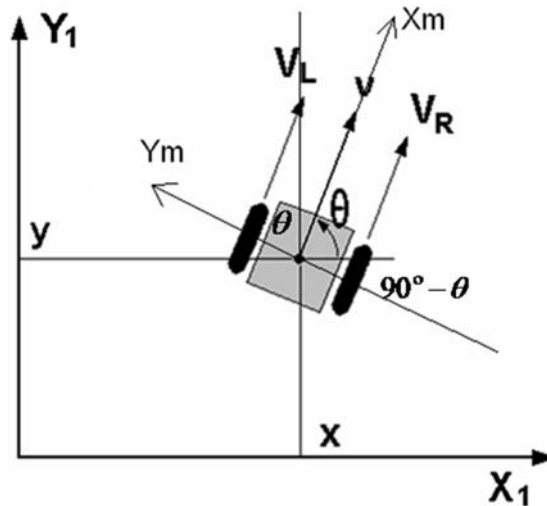


Figure 2[b]
Rajah 2[b]

(i) Draw its instantaneous center of rotation (ICR).

Lukiskan pusat seketika putaran (ICR).

(15 marks/markah)

(ii) Discuss the degree of mobility, steerability and maneuverability for this robot.

Bincangkan darjah kebolehan bergerak, mengemudi dan membelok bagi robot ini.

(25 marks/markah)

(iii) Derive its kinematic model for the world frame and robot frame.

Terbitkan model kinematikanya untuk kerangka dunia dan kerangka robot.

(35 marks/markah)

...5/-

3. [a] **Explain the characteristics of LINEAR and CIRCULAR motion in Kuka Robot Language.**

Terangkan ciri-ciri pergerakan LELURUS dan BULATAN dalam Bahasa Robot Kuka.

(20 marks/markah)

- [b] **List TWO (2) advantages of Spline motion.**

Senaraikan DUA (2) kelebihan pergerakan spline.

(10 marks/markah)

- [c] **Develop a program for Kuka robot to pick and place an object following the path with velocity 0.8 m/s as shown in Figure 3[c] without using SPLINE motion. The tool center point starts from current position and ends at the HOME position. Open the gripper at point P1. Pick the object at point P2 and place the object at point P6. Output 17 and 18 are used for opening and closing the gripper respectively.**

Bangunkan satu aturcara bagi robot Kuka untuk mengambil dan meletakkan sebuah objek mengikut laluan dengan halaju 0.8 m/s seperti ditunjukkan dalam Rajah 3[c] tanpa menggunakan pergerakan SPLINE. Titik pusat alatnya bermula dari posisi semasa dan berakhir pada posisi ASALAN. Buka penggenggam pada titik P1. Ambil objek tersebut pada titik P2 dan letakkannya pada titik P6. Output 17 dan 18 masing-masing diguna bagi membuka dan menutup penggenggam.

...6/-

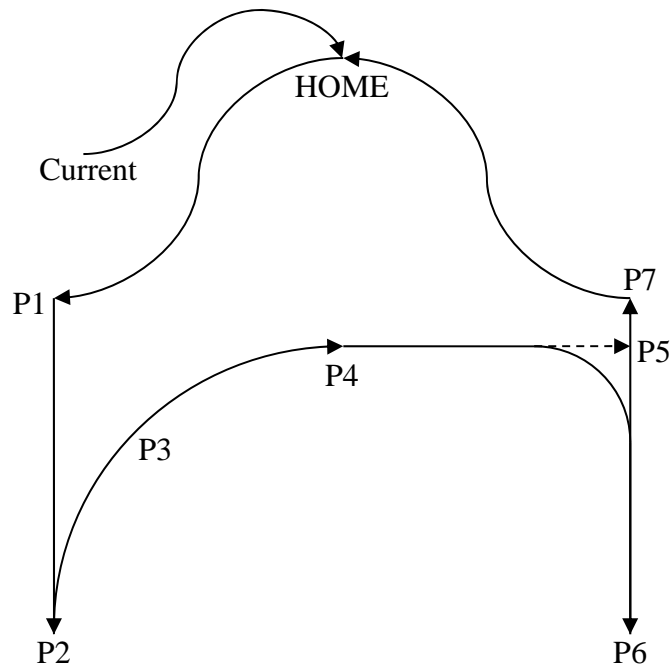


Figure 3[c]
Rajah 3[c]

(35 marks/markah)

- [d] **Redevelop a program in 3[c] using SPLINE motion.**

Bangunkan sekali lagi satu aturcara dalam 3[c] menggunakan pergerakan SPLINE.

(35 marks/markah)

4. [a] **Assign the necessary frames to the 3 degree-of-freedom robot in Figure 4[a] and derive the forward kinematic equation of the robot.**

Tentukan bingkai yang perlu bagi robot 3 darjah kebebasan seperti di dalam Rajah 4[a] dan terbitkan persamaan kinematik hadapan bagi robot tersebut.

...7/-

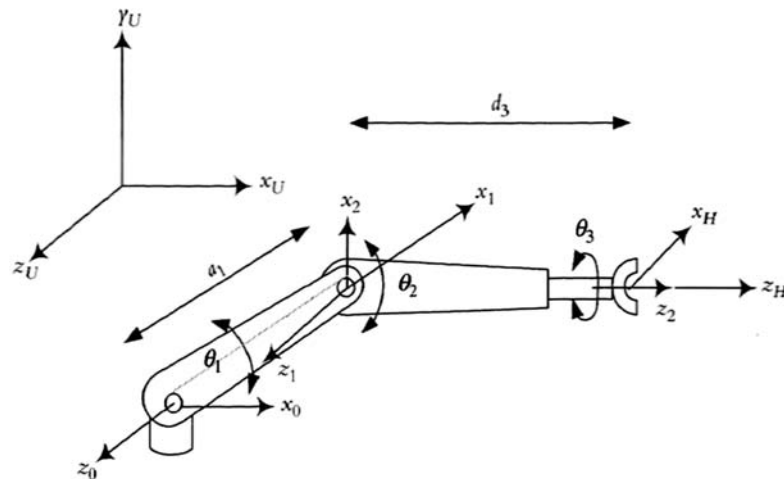


Figure 4[a]
Rajah 4[a]

(25 marks/markah)

- [b] Figure 4[b](i) shows a robot having three degrees of freedom with two revolute joints and one linear joint. Figure Q4[b](ii) shows the manipulator with a linear joint at minimum extension where $L_1 = 400$ mm, $L_2 = 600$ mm and $L_3 = 200$ mm. Produce a mathematical model of the robot kinematics by determining its link parameters and deriving its link transformation.

Rajah 4[b](i) menunjukkan sebuah robot yang mempunyai tiga darjah kebebasan dengan dua sendi putaran dan satu sendi lurus. Rajah S4[b](ii) menunjukkan pengolahnya dengan sendi lurus pada pemanjangan minima dimana $L_1=400$ mm, $L_2=600$ mm dan $L_3=200$ mm. Bina model matematik bagi kinematik robot tersebut dengan menentukan parameter-parameter dan menerbitkan penjelmaan rangkainya.

...8/-

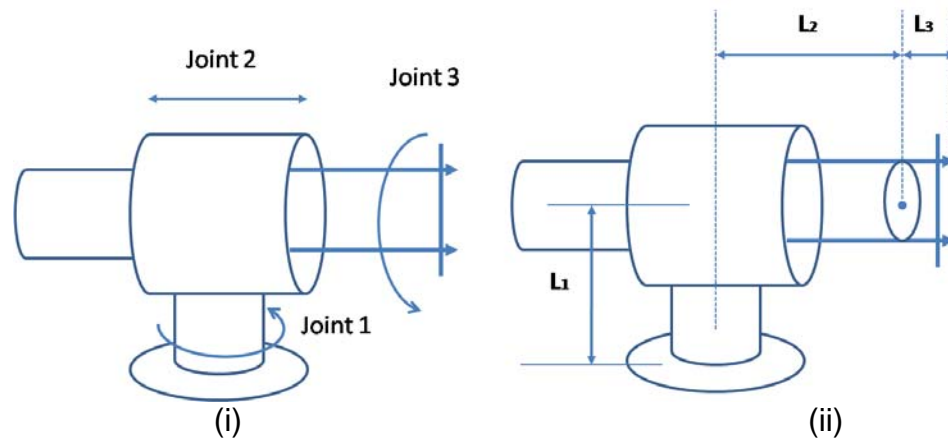


Figure 4[b]
Rajah 4[b]

(35 marks/markah)

- [c] Figure 4[c] shows a manipulator with its link parameters and transformation 0_3T . 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) coordinates is (260 mm, 580 mm), and the desired orientation of the gripper is $\phi = 120^\circ$ relative to X_0 axis.

Rajah 4[c] menunjukkan sebuah pengolah dengan parameter-parameter dan penjelmaan 0_3T rangkainya. Selesaikan kinematik songsang pengolah tersebut bagi mendapatkan sudut-sudut sendinya θ_1, θ_2 dan θ_3 apabila posisi pengenggamnya pada koordinat (x_0, y_0) adalah (260 mm, 580 mm) dan orientasi pengenggamnya adalah $\phi = 120^\circ$ merujuk kepada paksi X_0 .

...9/-

$${}^0_3T = \begin{bmatrix} \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) & -\sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) & 0 & 200\cos\theta_1 + \cos(\theta_1 + \theta_2) \\ \sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) & \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) & 0 & 200\sin\theta_1 + 250\sin(\theta_1 + \theta_2) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

| i | $\alpha_i - 1$ | $a_i - 1$ | d_i | θ_i |
|-----|----------------|-----------|-------|------------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | θ_1 |
| 2 | 0 | 200 | 0 | θ_2 |
| 3 | 0 | 250 | 0 | θ_3 |

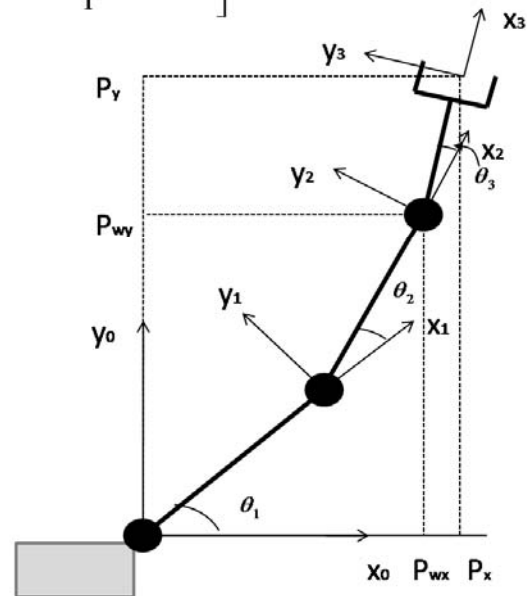


Figure 4[c]
Rajah 4[c]

(40 marks/markah)

5. [a] Explain WAIT and WAITFOR statements used in programming Kuka robot?

Terangkan kenyataan-kenyataan WAIT dan WAITFOR diguna dalam pengaturcaraan robot Kuka?

(25 marks/markah)

- [b] Explain, with the help of a sketch, the movement of the Kuka robot tool center point when the command in Figure 5[b] is executed.

Terangkan, dengan bantuan lakaran, pergerakan titik pusat perkakas robot Kuka bila arahan dalam Rajah 5[b] dilaksanakan.

```
CIRC_REL {X 100, Y 3.2, Z -20}, {Y 50}, CA 270 C_VEL
```

Figure 5[b]
Rajah 5[b]

(25 marks/markah)

...10/-

- [c] Develop a program for the path of the tool centre point shown in Figure 5[c] using SPLINE motion. The air start blowing (Air gun is connected to Output port 1) at position P2 and the spot welding is done (Welding torch is connected to Output port 2) at the location stated in the Figure 5[c]. Explain the flow of the program when it is executed.

Bangunkan satu aturcara untuk laluan titik pusat alat yang ditunjukkan dalam Rajah 5[c] menggunakan gerakan SPLINE. Udara mula bertiup (Pistol udara disambungkan ke Output port 1) pada kedudukan P2 dan kimpalan tempat dilakukan (obor kimpalan disambungkan ke Output port 2) di lokasi yang dinyatakan dalam Rajah 5[c]. Terangkan aliran aturcara apabila ia dilaksanakan.

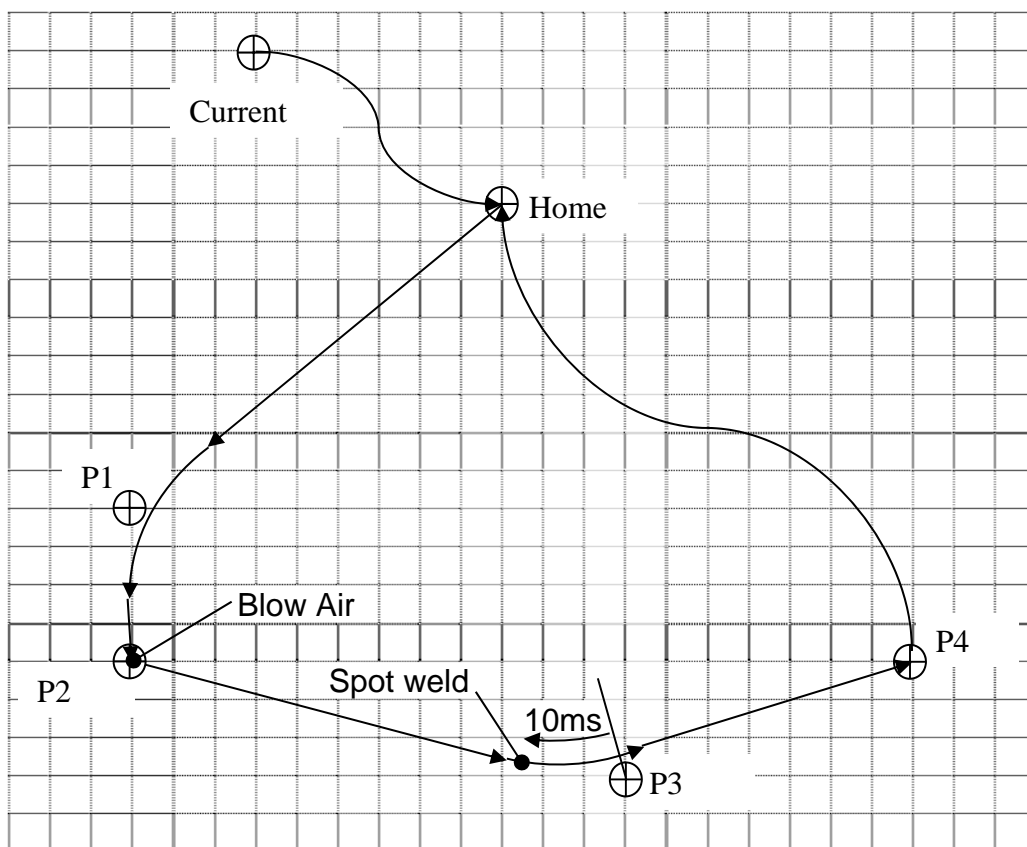


Figure 5[c]
Rajah 5[c]

(50 marks/markah)

- oooOooo -