



First Semester Examination
2019/2020 Academic Session

December 2019 / January 2020

EPC431 – Robotic and Automation
[Robotik dan Automasi]

Duration : 3 hours
Masa : 3 jam

Please check that this examination paper consists of EIGHT [8] printed pages before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi LAPAN [8] 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] **Give the definition of the words “Robot” and “Robotics”.**
Beri definisi perkataan “Robot” dan Robotics”.
(25 marks/markah)
- [b] **With the help of a sketch and explanation, give a lower pair connector type that allows three degrees of freedom.**
Dengan bantuan lakaran dan penerangan, beri satu jenis penyambung pasangan bawah yang membenarkan tiga darjah kebebasan.
(25 marks/markah)
- [c] **With the help of sketches, describe the cylindrical robot configuration and its work envelope.**
Dengan bantuan lakaran-lakaran, jelaskan konfigurasi dan ruang kerja robot silinder.
(25 marks/markah)
- [d] **List SIX (6) benefits of applying robot.**
Senaraikan ENAM (6) manfaat menggunakan robot.
(25 marks/markah)
2. [a] **Describe approximate positioning of KUKA Robot with the help of a sketch. List TWO (2) disadvantages of approximated LIN and CIRC motions.**
Terangkan kedudukan anggaran KUKA Robot dengan bantuan lakaran. Senaraikan DUA (2) kelemahan anggaran pergerakan LIN dan CIRC.
(30 marks/markah)
- [b] **Develop a program for Kuka robot to follow a path as shown in Figure 2[b]. The tool center point moves from current position to Home position with 100% speed and to other points with 0.5 m/s. The robot will activate a welding torch which is connected to Output 1 after 20 milliseconds passing the end of the approximate positioning range of P4 and deactivate the welding torch 10 milliseconds before approximately reaching P6. Set the coordinate system to TOOL[3] and BASE[2].**
Bangunkan satu aturcara bagi robot Kuka untuk mengikuti jejak seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2[b]. Titik pusat alatnya bergerak dari posisi semasa ke posisi ASALAN dengan kelajuan 100% dan ke titik lain dengan 0.5 m/s. Robot akan mengaktifkan obor kimpalan yang

...3/-

disambungkan ke output 1 selepas 20 milisaat melewati hujung kedudukan anggaran P4 dan menyahaktifkan obor kimpalan 10 milisaat sebelum mencapai anggaran P6. Tetapkan sistem koordinat ke TOOL[3] dan BASE[2].

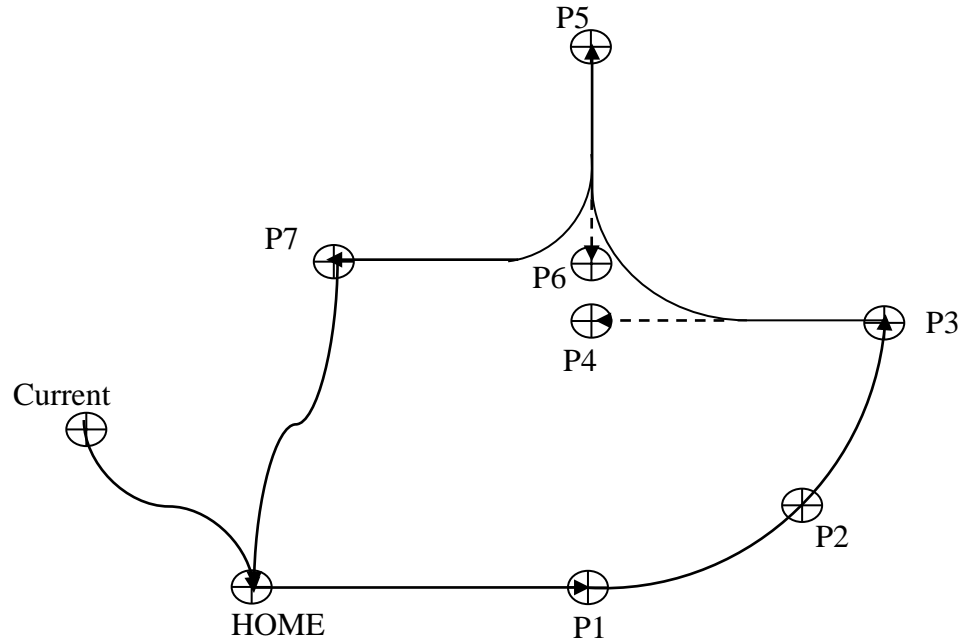


Figure 2[b]
Rajah 2[b]

(50 marks/markah)

- [c] Based on question 2[b], sketch the position of the process where the welding torch is activated and deactivated.**

Berdasarkan soalan 2[b], lakarkan posisi proses di mana obor kimpalan diaktifkan dan dinyahaktifkan.

(20 marks/markah)

- 3. [a] Discuss the degree of mobility, steerability and maneuverability for a wheeled mobile robot with tricycle locomotion.**

Bincangkan darjah kebolehan bergerak, mengemudi dan membelok bagi sebuah robot bergerak beroda dengan lokomotif roda tiga.

(25 marks/markah)

...4/-

- [b] A differential wheeled mobile robot, which has 50 mm wheel diameter, is travelling in a curve with left and right wheel speed 600 rpm and 800 rpm respectively. Calculate the length of the curve path travelled for 40 seconds if the robot needs to accelerate and decelerate in 2 seconds. Given the length of path is $D = \frac{r}{2} \left(\frac{\omega_L + \omega_R}{2} \right) (t_3 - t_0 + t_2 - t_1)$ where r is the wheel radius, ω_L is left wheel speed, ω_R is right wheel speed, t_0 is initial time travelled, t_1 is time after accelerating, t_2 is time before decelerating and t_3 final time travelled.

Sebuah robot bergerak beroda perbezaan, yang mempunyai garispusat roda 50 mm, bergerak dalam satu lengkok dengan laju roda kiri dan kanan masing-masing 600 rpm dan 800 rpm. Kira panjang lengkok dilalui bagi 40 saat jika robot perlu memecut dan menyahpecut dalam 2 saat. Diberi panjang laluan adalah $D = \frac{r}{2} \left(\frac{\omega_L + \omega_R}{2} \right) (t_3 - t_0 + t_2 - t_1)$ di mana r adalah jejari roda, ω_L adalah laju roda kiri, ω_R adalah laju roda kanan, t_0 adalah masa mula bergerak, t_1 adalah masa selepas memecut, t_2 adalah masa sebelum menyahpecut dan t_3 adalah masa akhir bergerak.

(25 marks/markah)

- [c] Figure 3[c] shows a LEGO Mindstorms EV3 program for a wheeled mobile robot with its wheels are driven by two large motors connected to Port B and C and has an ultrasonic sensor connected to Port 4. Explain the movement of the robot toward an object when the program is downloaded and executed.

Rajah 3[c] menunjukkan satu aturcara LEGO Mindstorms EV3 bagi robot bergerak beroda dengan roda-rodanya dipacu oleh dua motor besar yang disambung kepada Port B dan C dan mempunyai satu penderia ultrasonic yang disambung kepada Port 4. Terangkan pergerakan robot tersebut ke arah sebuah objek apabila aturcara tersebut dimuat-turun dan dilaksanakan.



Figure 3[c]
Rajah 3[c]

(25 marks/markah)

...5/-

- [d] Figure 3[d] shows a LEGO Mindstorms EV3 program for a wheeled mobile robot with its wheels are driven by two large motors connected to Port B and C and has a gyro sensor connected to Port 2. Explain the movement of the robot when the program is downloaded and executed.

Rajah 3[d] menunjukkan satu aturcara LEGO Mindstorms EV3 bagi robot bergerak beroda dengan roda-rodanya dipacu oleh dua motor besar yang disambung kepada Port B dan C dan mempunyai satu penderia gyro yang disambung kepada Port 2. Terangkan pergerakan robot tersebut apabila aturcara tersebut dimuat-turun dan dilaksanakan.



Figure 3[d]
Rajah 3[d]

(25 marks/markah)

4. [a] Explain the use of option PATH in SYN OUT inline form with the help of a sketch.

Terangkan penggunaan pilihan PATH dalam borang dalam talian sebaris SYN OUT dengan bantuan lakaran.

(20 marks/markah)

- [b] Analyze the Kuka robot program as shown in Figure 4[b] and comment what will happen to Kuka robot when the program is executed.

Analisa aturcara robot Kuka seperti ditunjukkan dalam Rajah 4[b] dan komen apa akan berlaku bila aturcara tersebut dilaksanakan.

...6/-

```

1 DEF Main()
2 INI
3 PTP HOME Vel=100 % DEFAULT
4 WAIT FOR $IN[7]
5 PTP {X 20,Y -50,Z 40,A 10,B 60,C 30,S 'B010',T 'B1010'}
6 LIN_REL {Y 100}
7 CIRC {X 40,B 50},{Y 40},CA 200
8 PTP HOME Vel=100 % DEFAULT
9 END

```

Figure 4[b]

Rajah 4[b]

(30 marks/markah)

- [c] Using expert level, develop a program named Main() for a Kuka robot to pick up a cube from a table, place the cube on another work table and store the cube into a box. The program will call 3 subprograms sequentially to perform each of the tasks in an endless loop. Suggest a way on how to stop the robot from repeating the loop by inserting suitable program execution control. After exiting the loop, it will move using point to point motion to Home position with maximum speed. Finally the program terminates due to END command and the robot stops. Note that the Kuka robot is initially at current position.

Menggunakan tahap tinggi, bina satu aturcara bernama Main () untuk robot Kuka untuk mengambil kiub dari meja, letakkan kiub pada meja kerja lain dan simpan kiub itu ke dalam kotak. Aturcara ini akan memanggil 3 subprogram berturut-turut untuk melaksanakan setiap tugas dalam gelung yang tidak berkesudahan. Cadangkan cara bagaimana untuk menghentikan robot daripada mengulang gelung dengan memasukkan kawalan pelaksanaan program yang sesuai. Selepas ia keluar dari gelung, ia akan bergerak menggunakan pergerakan titik ke titik ke posisi Home dengan kelajuan maksimum. Akhirnya program itu berakhir kerana arahan END dan robot berhenti. Ambil perhatian bahawa robot Kuka pada mulanya berada pada kedudukan semasa.

(50 marks/markah)

5. [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.

(20 marks/markah)

...7/-

[b] Refer to the SCARA type robot in Figure 5[b].
Rujuk robot jenis SCARA dalam Rajah 5[b].

- (i) Assign the coordinate frames based on the D-H representation.
Tunjukkan bingkai koordinat dalam bentuk D-H
- (ii) Construct the parameter table.
Bina jadual parameter.
- (iii) Write all the transformation matrices.
Tuliskan semua matrik transformasi.
- (iv) Write the ${}^U T_H$ matrix using the transformation matrices in part (iii).

Tuliskan matrik ${}^U T_H$ dalam bentuk matrik transformasi dari bahagian (iii).

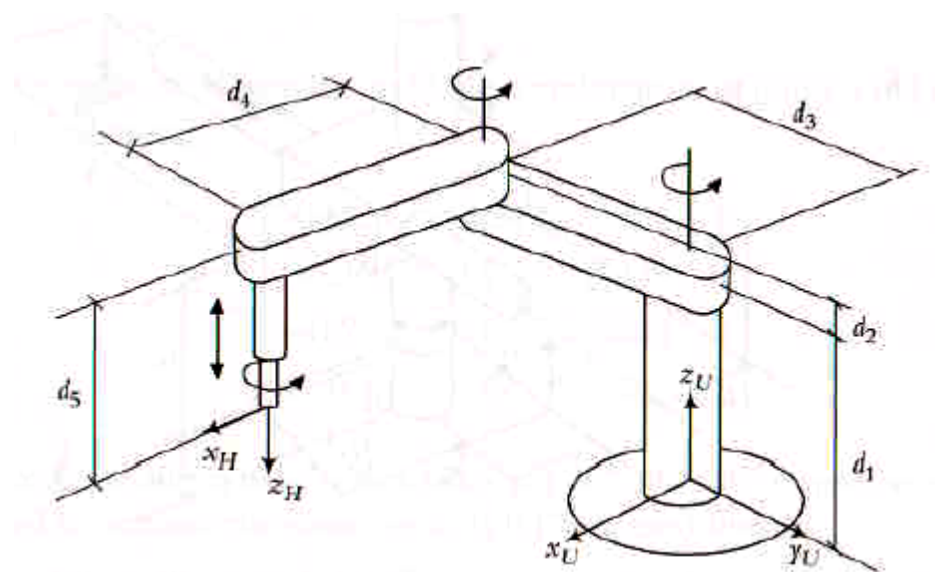


Figure 5[b]
Rajah 5[b]

(40 marks/markah)

[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 dan orientasi terakhir bagi pengenggam robot Kartesian RPY diberikan di bawah. Carikan nilai sudut-sudut dan anjakan-anjakan RPY yang perlu.

...8/-

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

(40 marks/markah)

- oooOooo -