

Trường Đại học Bách khoa TP.HCM  
 Thi học kỳ I, 2011 – 2012 (31 / 12 / 2011)  
 207701 – Cấu trúc người máy lập trình được

Lưu ý: - Đề thi gồm 4 câu

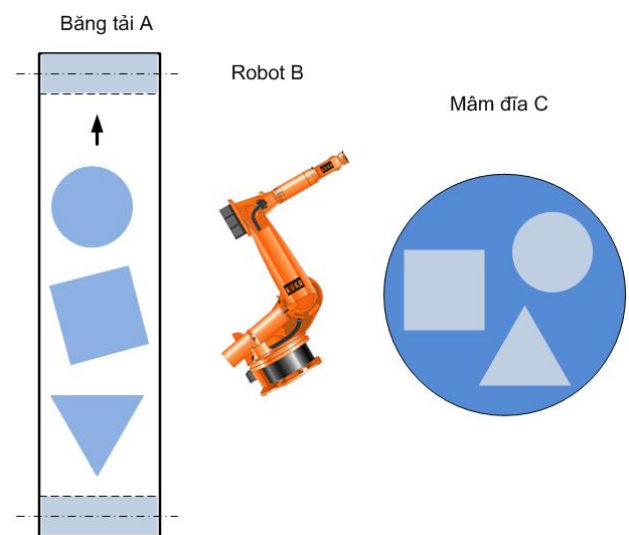
- Thời lượng thi: 90 phút

- Sinh viên được phép sử dụng tài liệu (không được sử dụng laptop)

**Câu 1 (1.0 điểm)**

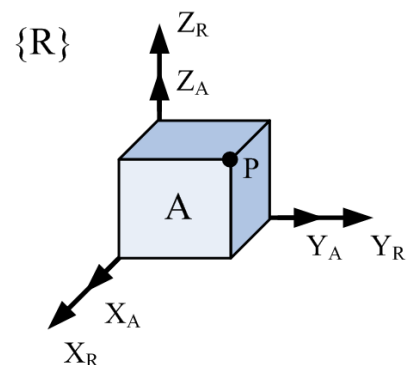
Như thể hiện ở hình bên, một cánh tay Robot B được ứng dụng để gắp các chi tiết trên Băng tải A (di chuyển) và đặt vào Mâm đĩa C (cố định).

Yêu cầu: lập luận, phân tích để xác định số bậc tự do tối thiểu của Robot B để thực hiện được nhiệm vụ được nêu ở trên.



**Câu 2 (3.0 điểm)**

Cho hệ tọa độ tham chiếu {R} cố định có gốc tọa độ O. Hình khối A có các cạnh bằng 2 và hệ tọa độ cục bộ là {A} được đặt ở vị trí ban đầu như trong hình bên. P là một đỉnh của hình khối và được mô tả trong hệ {A} bởi vec-tơ  ${}^A\mathbf{p} = [2 \ 2 \ 2]^T$ .



Từ vị trí ban đầu, thực hiện quay hình khối theo ba thứ tự như sau:

- Bước 1: Quay hình khối xung quanh vectơ OP một góc  $90^0$
- Bước 2: Sau đó, quay hình khối xung quanh trục X của {R} một góc  $90^0$
- Bước 3: Sau đó, quay hình khối xung quanh trục Z của {R} một góc  $-90^0$

Sau ba bước quay trên, yêu cầu:

- a. Xác định  ${}^R\mathbf{T}_A$ .

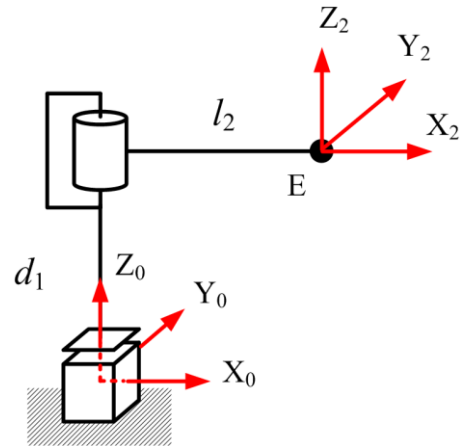
- b. Xác định  ${}^R\mathbf{p}$  – mô tả tọa độ của điểm P trong hệ {R}.

**Câu 3 (2.5 điểm)**

Một cơ cấu 2-DOF (degree of freedom) được thiết kế để định vị điểm E, gồm có: khớp thứ nhất là khớp tịnh tiến (có biến khớp  $d_1$ ) và khớp thứ hai là khớp quay (có biến khớp  $\theta_2$ ).

Với hệ trục tọa độ {0} và {2} được cho trước tương ứng với khâu giá và khâu 2, yêu cầu:

- Thiết lập hệ tọa độ cho khâu 1 sao cho:
  - cơ cấu có tư thế như hình vẽ khi biến khớp  $\theta_2 = 0$ , và
  - thành phần  $d_2$  luôn bằng không.
- Lập bảng các thông số D-H ( $\alpha_i, a_i, d_i, \theta_i$ ) tương ứng với các hệ tọa độ thiết lập ở câu a.

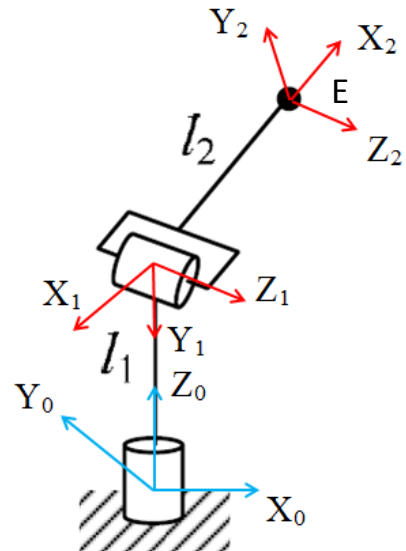


**Câu 4 (3.5 điểm)**

Một robot 2-DOF với các hệ trục tọa độ {0}, {1}, và {2} được gắn tương ứng với khâu giá, khâu 1, và khâu 2 như hình bên:

Yêu cầu:

- Lập bảng các thông số D-H ( $\alpha_i, a_i, d_i, \theta_i$ ).
- Thiết lập ma trận biến đổi  ${}^0\mathbf{T}_2$ , từ đó xác định biểu thức tọa độ điểm cuối E ( ${}^0x_E, {}^0y_E, {}^0z_E$ ) theo hai giá trị biến khớp.
- Xác định điều kiện ràng buộc của ba thành phần  ${}^0x_E, {}^0y_E$ , và  ${}^0z_E$  để nghiệm của bài toán động học ngược tồn tại.



Chủ nhiệm bộ môn

Giáo viên ra đề

Phạm Công Bằng

Trường Đại học Bách khoa TP.HCM  
 Đáp án kiểm tra học kỳ I, 2011 – 2012 (31 / 12 / 2011)  
 207701 – Cấu trúc người máy lập trình được

---

**Câu 1 (1.0 điểm)**

- Di chuyển (định vị) các chi tiết trong không gian → cần 3 bậc tự do (0.5 đ)
- Xoay chi tiết quanh phương thẳng đứng để đúng hướng trên mâm  
 → cần thêm 1 bậc tự do → robot cần tối thiểu 4 DOF (0.5 đ)

**Câu 2 (3.0 điểm)**

- Bước 1: Quay hình khối xung quanh vector OP một góc  $90^0$

$T_1 =$

$$\begin{matrix} 0.3333 & -0.2440 & 0.9107 & 0 \\ 0.9107 & 0.3333 & -0.2440 & 0 \\ -0.2440 & 0.9107 & 0.3333 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.0000 \end{matrix} \quad (0.5 \text{ đ})$$

- Bước 2: Quay hình khối xung quanh trục X của {R} một góc  $90^0$

$T_2 =$

$$\begin{matrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{matrix} \quad (0.5 \text{ đ})$$

- Bước 3: Quay hình khối xung quanh trục Z của {R} một góc  $-90^0$

$T_3 =$

$$\begin{matrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{matrix} \quad (0.5 \text{ đ})$$

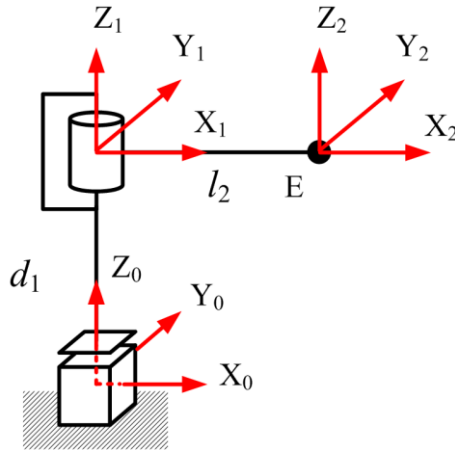
- Sau ba bước quay:  ${}^R_A T = T_3 \cdot T_2 \cdot T_1 =$  (0.5 đ)

$$\begin{matrix} 0.2440 & -0.9107 & -0.3333 & 0 \\ -0.3333 & 0.2440 & -0.9107 & 0 \\ 0.9107 & 0.3333 & -0.2440 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.0000 \end{matrix} \quad (0.5 \text{ đ})$$

- Tọa độ của điểm P trong hệ {R}:  ${}^R\mathbf{p} = {}^R\mathbf{T}_A \mathbf{p} = [-2 \ -2 \ 2]^T$  (0.5 đ)

**Câu 3 (2.5 điểm)**

- Thiết lập hệ tọa độ cho khâu 1 (0.5 đ)



- Lập bảng các thông số D-H  
 Với các hệ tọa độ được thiết lập ở trên.
  - Điền đầy đủ 4 tham số D-H của khâu 1:  $4 \times 0.25$  (1.0 đ)
  - Điền đầy đủ 4 tham số D-H của khâu 2 :  $4 \times 0.25$  (1.0 đ)

$i$	$\alpha_i$	$a_i$	$d_i$	$\theta_i$
1	0	0	$d_1$	0
2	0	$l_2$	0	$\theta_2$

**Câu 4 (3.5 điểm)**

- Lập bảng các thông số D-H ( $\alpha_i, a_i, d_i, \theta_i$ )

$i$	$a_i$	$\alpha_i$	$d_i$	$\theta_i$
1	0	$-90^\circ$	$l_1$	$\theta_1$
2	$l_2$	0	0	$\theta_2$

(0.25 đ)

(0.25 đ)

- Thiết lập ma trận biến đổi  ${}^0\mathbf{T}_2$

$${}^0\mathbf{T}_1 = \begin{bmatrix} \cos \theta_1 & 0 & -\sin \theta_1 & 0 \\ \sin \theta_1 & 0 & \cos \theta_1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (0.5 \text{ đ})$$

$${}^1T_2 = \begin{bmatrix} \cos \theta_2 & -\sin \theta_2 & 0 & l_2 \cos \theta_2 \\ \sin \theta_2 & \cos \theta_2 & 0 & l_2 \sin \theta_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (0.5 \text{ đ})$$

$$\rightarrow {}^0T_2 = \begin{bmatrix} c\theta_1 c\theta_2 & -c\theta_1 s\theta_2 & -s\theta_1 & l_2 c\theta_1 c\theta_2 \\ s\theta_1 c\theta_2 & -s\theta_1 s\theta_2 & c\theta_1 & l_2 s\theta_1 c\theta_2 \\ -s\theta_2 & -c\theta_2 & 0 & -l_2 s\theta_2 + l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (0.5 \text{ đ})$$

- Tọa độ điểm cuối E ( ${}^0x_E, {}^0y_E, {}^0z_E$ ) (0.5 đ)

$${}^0x_E = l_2 c\theta_1 c\theta_2$$

$${}^0y_E = l_2 s\theta_1 c\theta_2$$

$${}^0z_E = -l_2 s\theta_2 + l_1$$

- Điều kiện ràng buộc:

$$x_E^2 + y_E^2 \leq l_2^2 \quad (0.5 \text{ đ})$$

$$(z_E - l_1)^2 \leq l_2^2 \quad (0.5 \text{ đ})$$