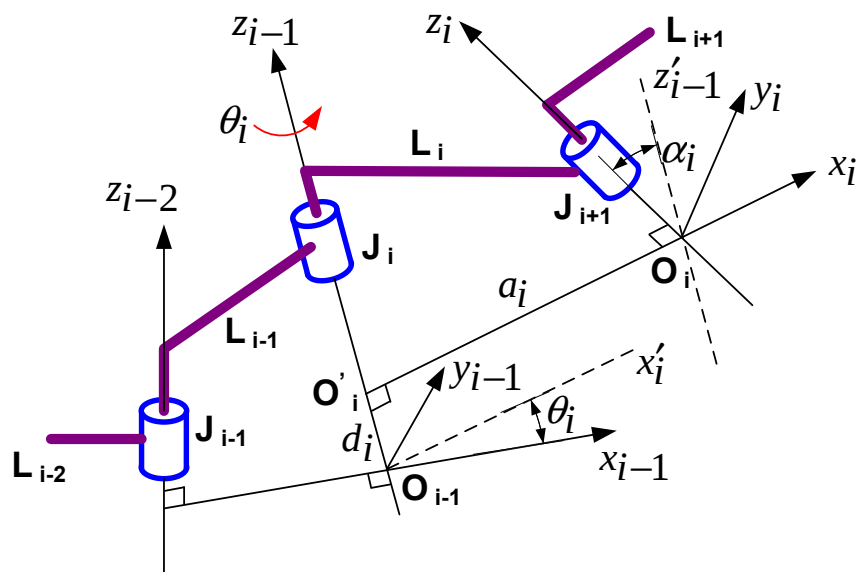
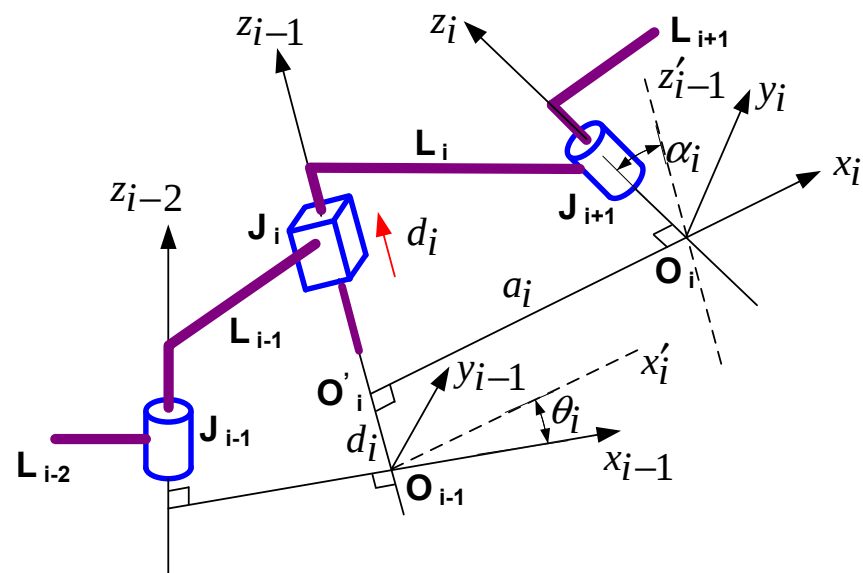




Khớp bản lề – revolute joint



Khớp tịnh tiến loại 5 – prismatic joint

$(Oxyz)_{i-1} \rightarrow (Oxyz)_i$: quay quanh trục z_{i-1} góc θ_i + di chuyển dọc trục z_{i-1} đoạn d_i + di chuyển dọc trục x_i đoạn a_i + quay quanh trục x_i góc α_i .
 θ_i : góc xoay quanh trục z_i để trục x_{i-1} chuyển đến trục x'_i song song trục x_i (**biến số – khớp bản lề**, hằng số - khớp tịnh tiến)
 α_i : góc xoay quanh trục x_i để trục z'_{i-1} song song trục z_i (hằng số)
 d_i : di chuyển dọc trục z_{i-1} để O_{i-1} đến O'_i (hằng số – khớp bản lề, **biến số - khớp tịnh tiến**)
 a_i : di chuyển dọc trục x_i để O'_i đến O_i (hằng số)

$$\begin{bmatrix} c\theta_i & -s\theta_i & 0 & 0 \\ s\theta_i & c\theta_i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a_i \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & c\alpha_i & -s\alpha_i & 0 \\ 0 & s\alpha_i & c\alpha_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c\theta_i & -s\theta_i & c\alpha_i & s\theta_i s\alpha_i & a_i c\theta_i \\ s\theta_i & c\theta_i & c\alpha_i & -c\theta_i s\alpha_i & a_i s\theta_i \\ 0 & s\alpha_i & c\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

θ_i = biến số: (khớp i là khớp bản lề)

θ_i = hằng số: (khớp i là khớp tịnh tiến loại 5)

$d_i = 0$: (khớp i là khớp bản lề)

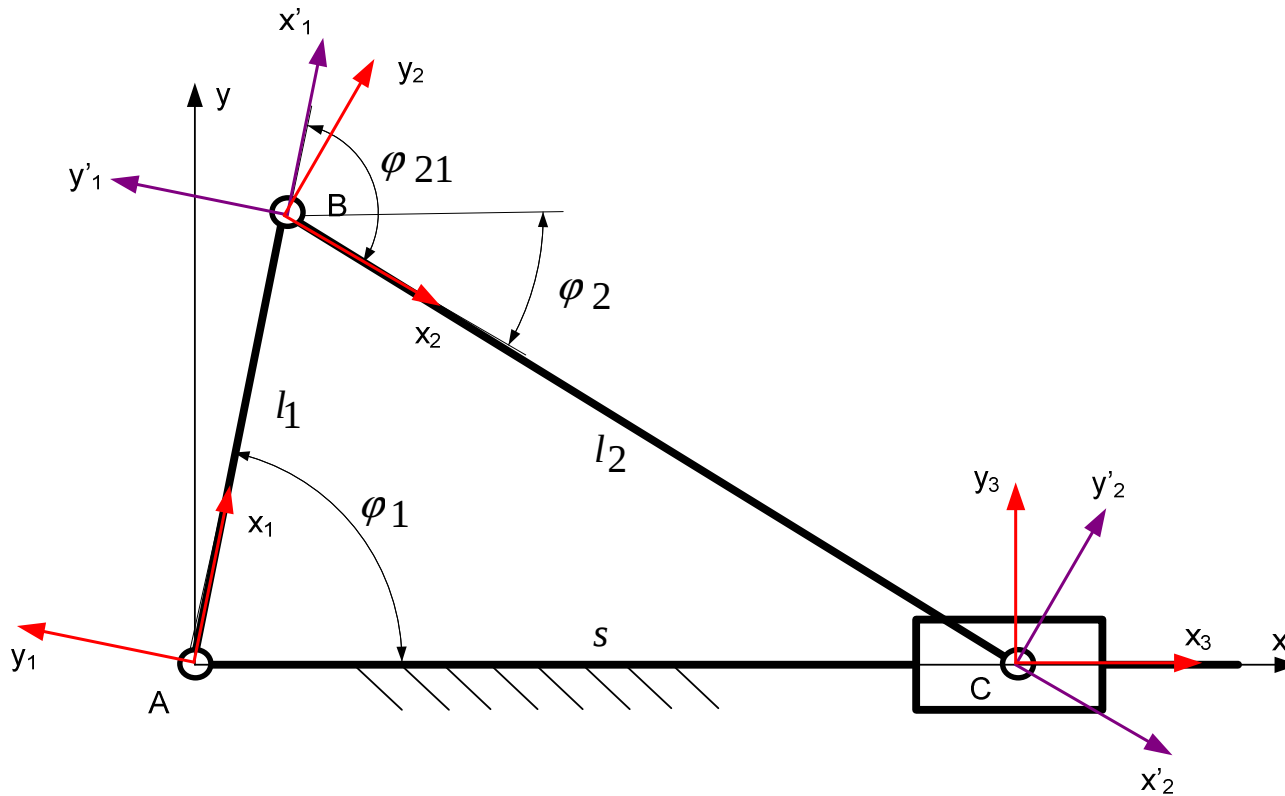
d_i = biến số (khớp i là khớp tịnh tiến loại 5)

$\alpha_i = 0$ (khớp i là khớp bản lề)

$\alpha_i = \pm 90^\circ$ (khớp i là khớp tịnh tiến loại 5)

$a_i = l_i$: khoảng cách giữa tâm 2 khớp bản lề (khớp i và i+1: 2 khớp bản lề) / khoảng cách ngắn nhất từ tâm khớp bản lề đến phương trượt khớp tịnh tiến loại 5 (khớp i hay i+1: khớp bản lề, khớp còn lại: khớp tịnh tiến loại 5)

$a_i = 0$ (khớp i và i+1: 2 khớp tịnh tiến loại 5)

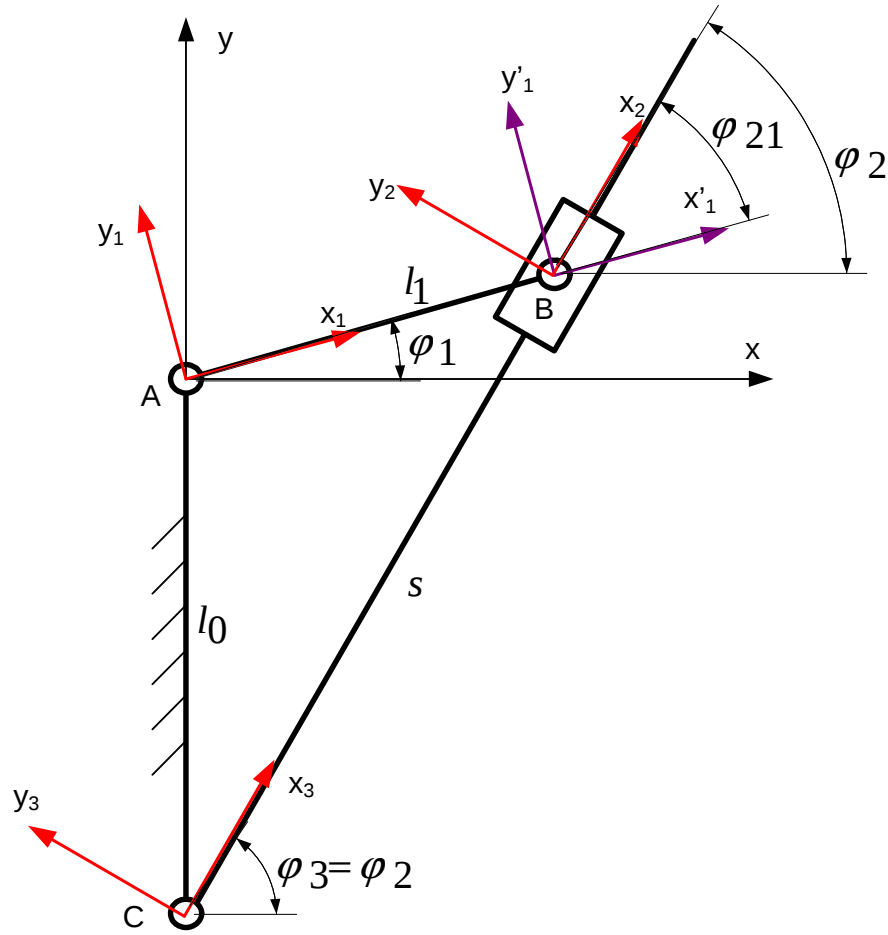


$$\theta_1 = \varphi_1; \alpha_1 = 0; a_1 = l_1; d_1 = 0 \Rightarrow \begin{bmatrix} c\varphi_1 & -s\varphi_1 & 0 & l_1 c\varphi_1 \\ s\varphi_1 & c\varphi_1 & 0 & l_1 s\varphi_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\theta_2 = \varphi_{21}; \alpha_2 = 0; a_2 = l_2; d_2 = 0 \Rightarrow \begin{bmatrix} c\varphi_{21} & -s\varphi_{21} & 0 & l_2 c\varphi_{21} \\ s\varphi_{21} & c\varphi_{21} & 0 & l_2 s\varphi_{21} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\theta_3 = -\varphi_2; \alpha_1 = 0; a_1 = 0; d_1 = 0 \Rightarrow \begin{bmatrix} c\varphi_2 & s\varphi_2 & 0 & 0 \\ -s\varphi_2 & c\varphi_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} c\varphi_1 & -s\varphi_1 & 0 & l_1 c\varphi_1 \\ s\varphi_1 & c\varphi_1 & 0 & l_1 s\varphi_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c\varphi_{21} & -s\varphi_{21} & 0 & l_2 c\varphi_{21} \\ s\varphi_{21} & c\varphi_{21} & 0 & l_2 s\varphi_{21} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c\varphi_2 & s\varphi_2 & 0 & 0 \\ -s\varphi_2 & c\varphi_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



$$\theta_1 = \varphi_1; \alpha_1 = 0; a_1 = l_1; d_1 = 0 \Rightarrow \begin{bmatrix} c\varphi_1 & -s\varphi_1 & 0 & l_1 c\varphi_1 \\ s\varphi_1 & c\varphi_1 & 0 & l_1 s\varphi_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\theta_2 = \varphi_{21}; \alpha_2 = 0; a_2 = l_2; d_2 = 0 \Rightarrow \begin{bmatrix} c\varphi_{21} & -s\varphi_{21} & 0 & l_2 c\varphi_{21} \\ s\varphi_{21} & c\varphi_{21} & 0 & l_2 s\varphi_{21} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\theta_3 = -\varphi_2; \alpha_1 = 0; a_1 = 0; d_1 = 0 \Rightarrow \begin{bmatrix} c\varphi_2 & s\varphi_2 & 0 & 0 \\ -s\varphi_2 & c\varphi_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} c\varphi_1 & -s\varphi_1 & 0 & l_1 c\varphi_1 \\ s\varphi_1 & c\varphi_1 & 0 & l_1 s\varphi_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c\varphi_{21} & -s\varphi_{21} & 0 & l_2 c\varphi_{21} \\ s\varphi_{21} & c\varphi_{21} & 0 & l_2 s\varphi_{21} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c\varphi_2 & s\varphi_2 & 0 & 0 \\ -s\varphi_2 & c\varphi_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$