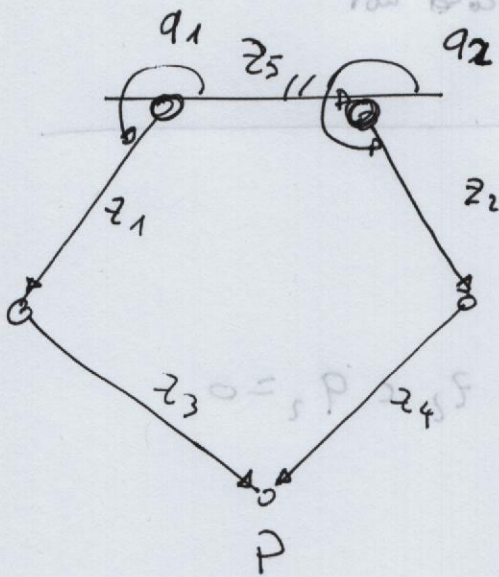


Cinematica in vettore numerico



$$\begin{Bmatrix} x \\ y \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} z_1 \cos q_1 + z_3 \cos q_3 \\ z_1 \sin q_1 + z_3 \sin q_3 \end{Bmatrix} \quad \begin{Bmatrix} x \\ y \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} z_5 + z_2 \cos q_2 + z_4 \cos q_4 \\ z_2 \sin q_2 + z_4 \sin q_4 \end{Bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -z_1 \sin q_1 \dot{q}_1 - z_3 \sin q_3 \dot{q}_3 \\ z_1 \cos q_1 \dot{q}_1 + z_3 \cos q_3 \dot{q}_3 \end{Bmatrix} \quad \begin{Bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -z_2 \sin q_2 \dot{q}_2 - z_4 \sin q_4 \dot{q}_4 \\ z_2 \cos q_2 \dot{q}_2 + z_4 \cos q_4 \dot{q}_4 \end{Bmatrix}$$

Uguagliando \dot{x} e \dot{y} , si ottiene

$$\begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} C \\ D \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{q}_3 \\ \dot{q}_4 \end{Bmatrix} \Rightarrow \begin{Bmatrix} \dot{q}_3 \\ \dot{q}_4 \end{Bmatrix} = B^{-1} A \begin{Bmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \end{Bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{Bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} -z_1 \sin q_1 & 0 \\ z_1 \cos q_1 & 0 \end{bmatrix}}_C \begin{Bmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \end{Bmatrix} + \underbrace{\begin{bmatrix} -z_3 \sin q_3 & 0 \\ z_3 \cos q_3 & 0 \end{bmatrix}}_D \begin{Bmatrix} \dot{q}_3 \\ \dot{q}_4 \end{Bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{Bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} C + D B^{-1} A \end{bmatrix}}_J \begin{Bmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \end{Bmatrix}$$

J