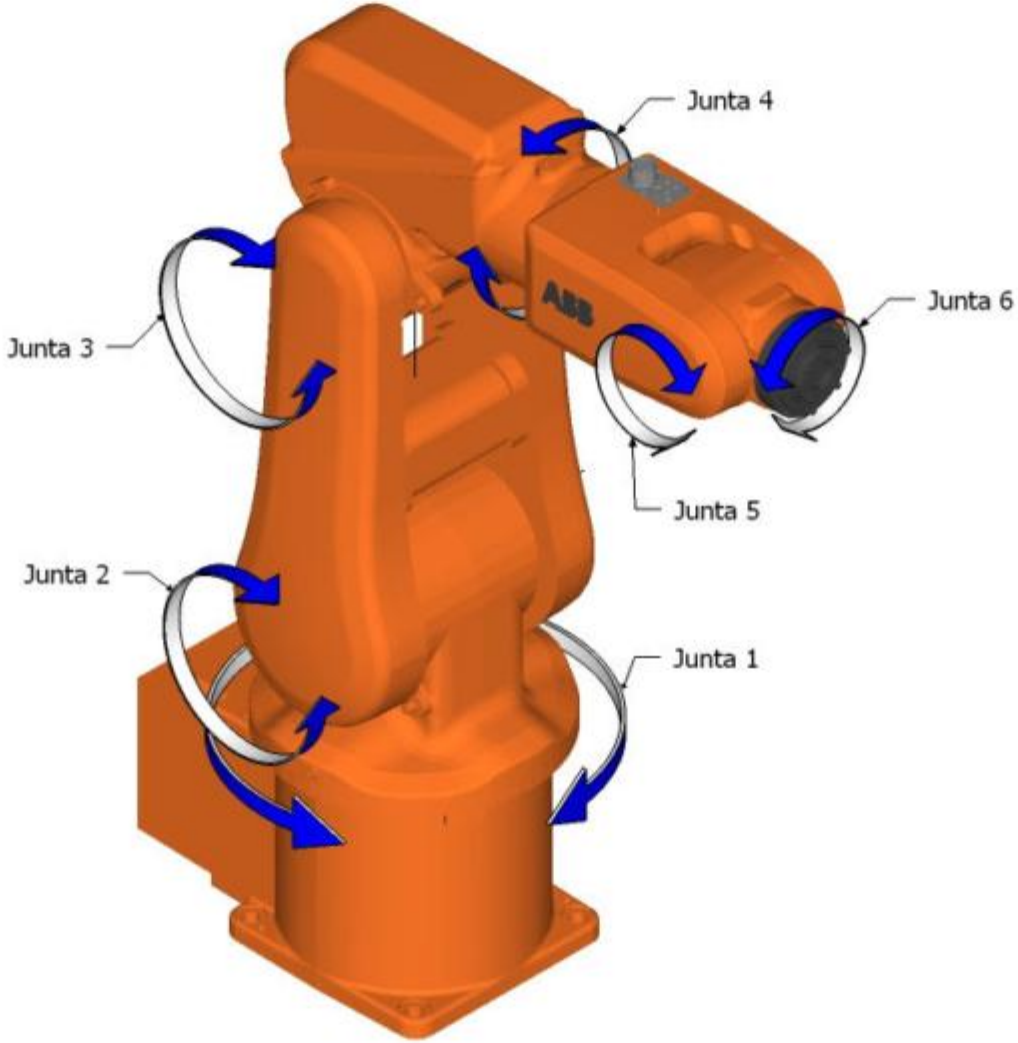
Robótica

Desacoplamento cinemático

Prof. Leonardo Paiva

Universidade Federal de Lavras

DESACOPLAMENTO CINEMÁTICO



DESACOPLAMENTO CINEMÁTICO

Para manipuladores com seis juntas, nos quais os eixos das três últimas juntas se interceptam em um ponto (como no caso do manipulador de Stanford anterior), é possível desacoplar o problema da cinemática inversa em dois problemas mais simples, conhecidos por cinemática inversa de posição e cinemática inversa de orientação, respectivamente.

Ou seja, para um manipulador com seis graus de liberdade munido de um punho esférico, pode-se inicialmente achar a posição do centro do punho (interseção dos três eixos do punho esférico) e, após, encontrar a orientação do punho.

DESACOPLAMENTO CINEMÁTICO

Para um manipulador de 6 GDL com punho esférico:

– CENTRO DO PUNHO: intersecção das três últimas juntas

– O movimento dos últimos três eixos não afeta a posição do centro do punho

– Assim, a posição do centro do punho é função apenas das três primeiras juntas !

DESACOPLAMENTO CINEMÁTICO

Últimos três eixos se interseccionam
em um ponto

$\downarrow$

Robô com punho esférico

$\downarrow$

DESACOPLAMENTO CINEMÁTICO

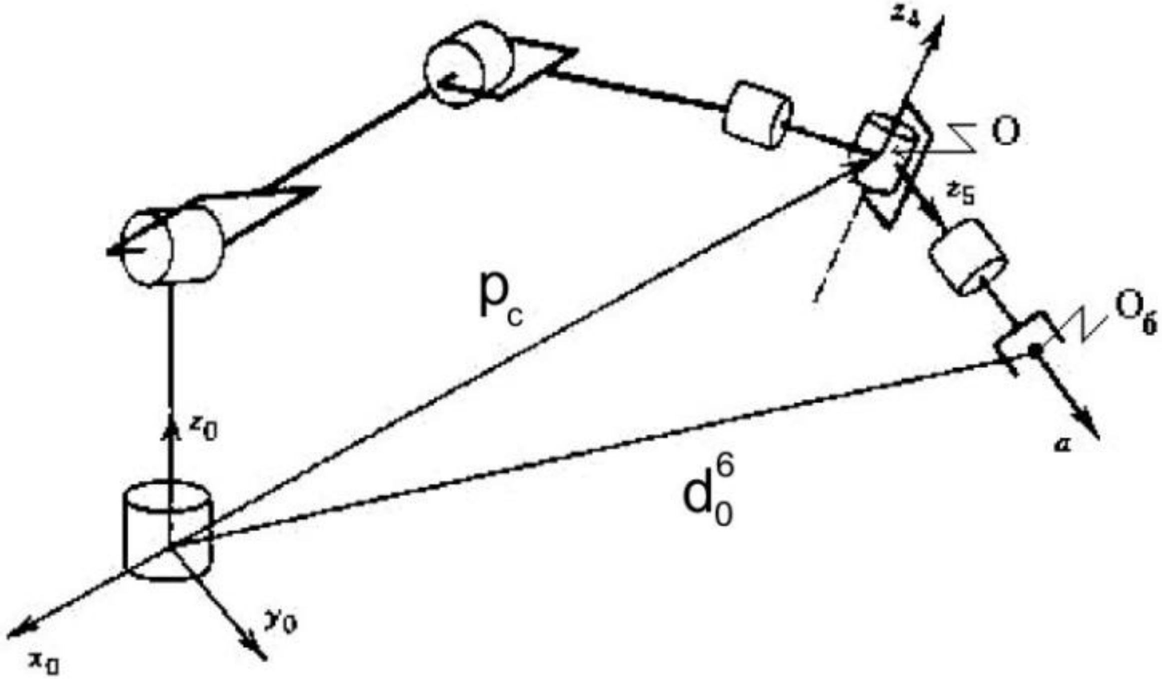
Cinemática inversa de POSIÇÃO + Cinemática inversa de ORIENTAÇÃO

DESACOPLAMENTO CINEMÁTICO

– Para um manipulador de 6 GDL com punho esférico, o problema da cinemática inversa pode ser separado em dois problemas mais simples:

1. Encontrar a **posição** do centro do punho
2. Encontrar a **orientação** do punho

DESACOPLAMENTO CINEMÁTICO



$$\mathbf{d}_0^6 = \mathbf{p}_c + \mathbf{R}_0^6 \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ d_6 \end{bmatrix} \quad \rightarrow \quad \boxed{\mathbf{p}_c = \mathbf{d}_0^6 - d_6 \mathbf{R}_0^6 \mathbf{k}}$$

Desacoplamento cinemático

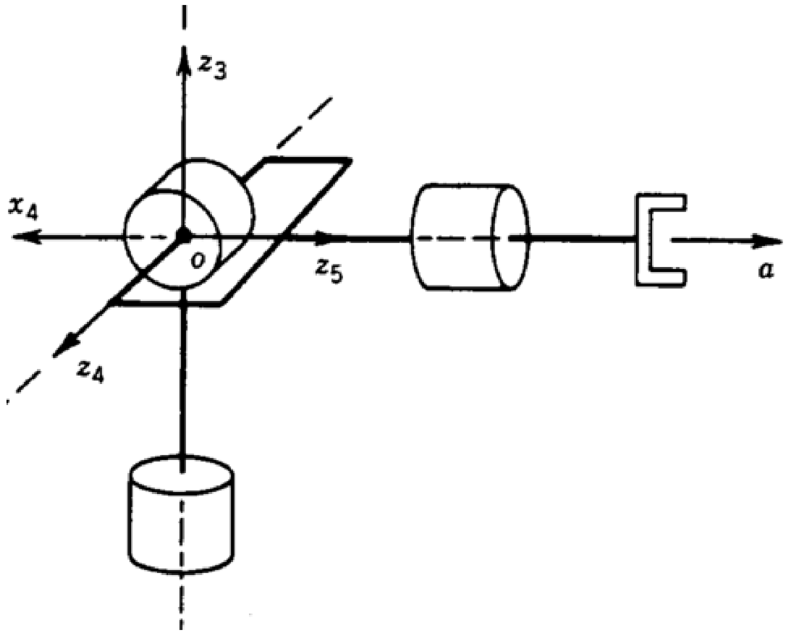
Considere-se, pois, que existam exatamente seis graus de liberdade e que os eixos das últimas três juntas, os eixos z4, z5 e z6, se interceptem no ponto O (centro do punho), no qual se localizam as origens O4 e O5 e, na maioria das vezes, embora não necessariamente, a origem O3.

A posição do centro do punho é função apenas das três primeiras coordenadas, não dependendo das três últimas coordenadas. A origem O6 do sistema do órgão terminal é obtida por uma translação d6 ao longo do eixo z5, a partir do centro do punho O.

Chamando pc o vetor que vai da origem do sistema da base $O_0x_0y_0z_0$ ao centro do punho, tem-se (ver fig. anterior):

PUNHO ESFÉRICO

Muito usado em robótica industrial, caracteriza-se por três rotações em torno de três eixos z3, z4 e z5, que se interceptam num mesmo ponto, denominado centro do punho, conforme ilustra a figura



As variáveis das juntas, θ4, θ5 e θ6, são os ângulos de Euler φ, θ e ψ, com relação ao sistema de coordenadas do punho, O3x3y3z3. Achar a matriz de transformação homogênea.

PUNHO ESFÉRICO

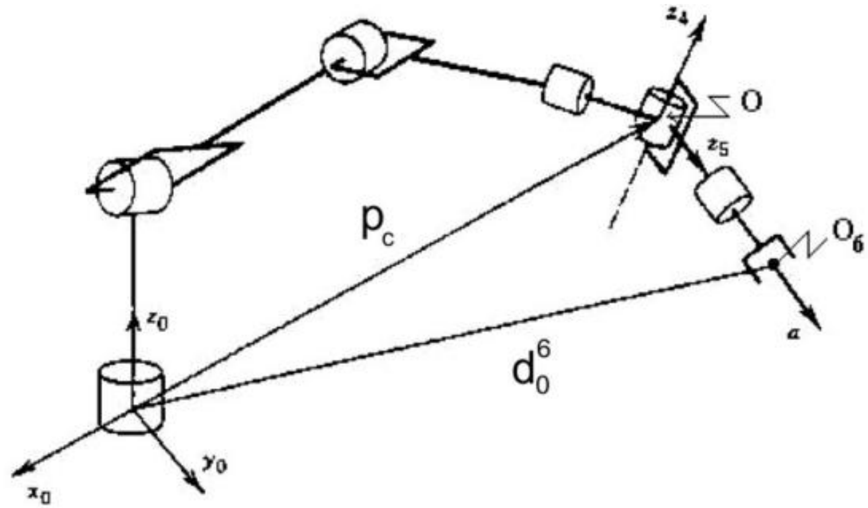
Obtida a cinemática direta por DH:

$$\mathbf{H}^6{}_3 = \mathbf{A}^4{}_3\ \mathbf{A}^5{}_4\ \mathbf{A}^6{}_5 =$$

$$= \begin{bmatrix} c_4c_5c_6 - s_4s_6 & -c_4c_5s_6 - s_4c_6 & c_4s_5 & c_4s_5d_6 \\ s_4c_5c_6 + c_4s_6 & -s_4c_5s_6 + c_4c_6 & s_4s_5 & s_4s_5d_6 \\ -s_5c_6 & s_5s_6 & c_5 & c_5d_6 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Desacoplamento cinemático

$$\mathbf{p}_c = \mathbf{d}_0^6 - d_6\mathbf{R}_0^6\mathbf{k}$$



$$\downarrow$$

$$\begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_x - d_6 r_{13} \\ d_y - d_6 r_{23} \\ d_z - d_6 r_{33} \end{bmatrix}$$

Coordenadas do centro do punho

De posse de $\mathbf{p}_c$, calcula-se as três primeiras variáveis das juntas

$\rightarrow$ $\mathbf{R}_0^3$

DESACOPLAMENTO CINEMÁTICO

- Após, calcula-se a orientação do órgão terminal com relação ao centro do punho (sistema 3):

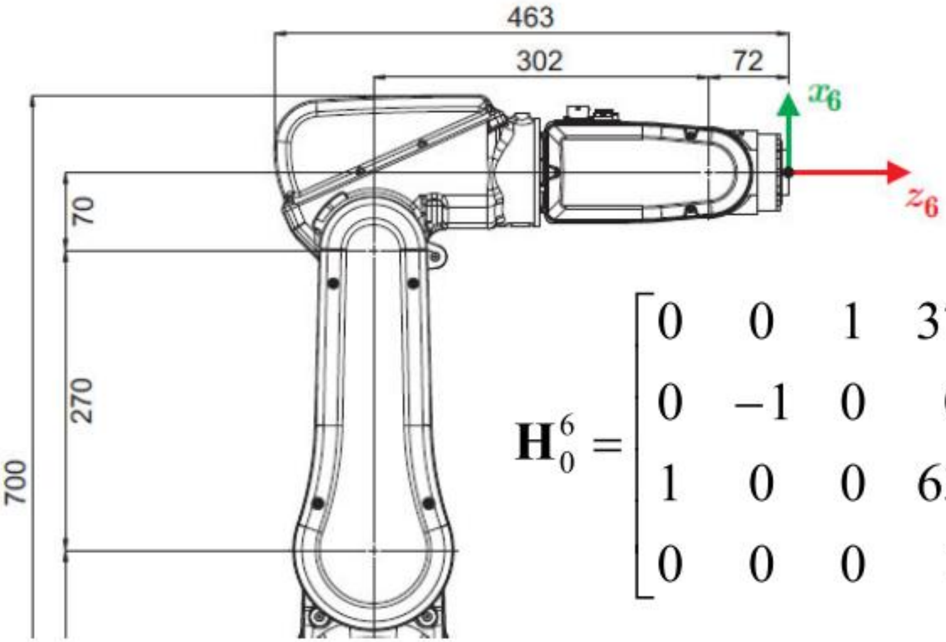
$$\mathbf{R}_0^6 = \mathbf{R}_0^3 \mathbf{R}_3^6 \qquad \mathbf{R}_3^6 = \left(\mathbf{R}_0^3\right)^{-1} \mathbf{R}_0^6$$

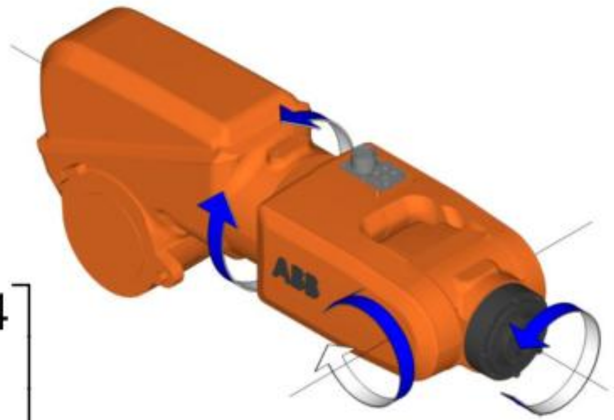
- As três últimas juntas são determinadas como um conjunto de três *Ângulos de Euler* para um punho esférico:

$$\mathbf{R}_3^6 = \mathbf{R}_{z,\phi} \mathbf{R}_{y,\theta} \mathbf{R}_{z,\psi}$$

DESACOPLAMENTO CINEMÁTICO

Exemplo: calcule as coordenadas do centro do punho, dados:

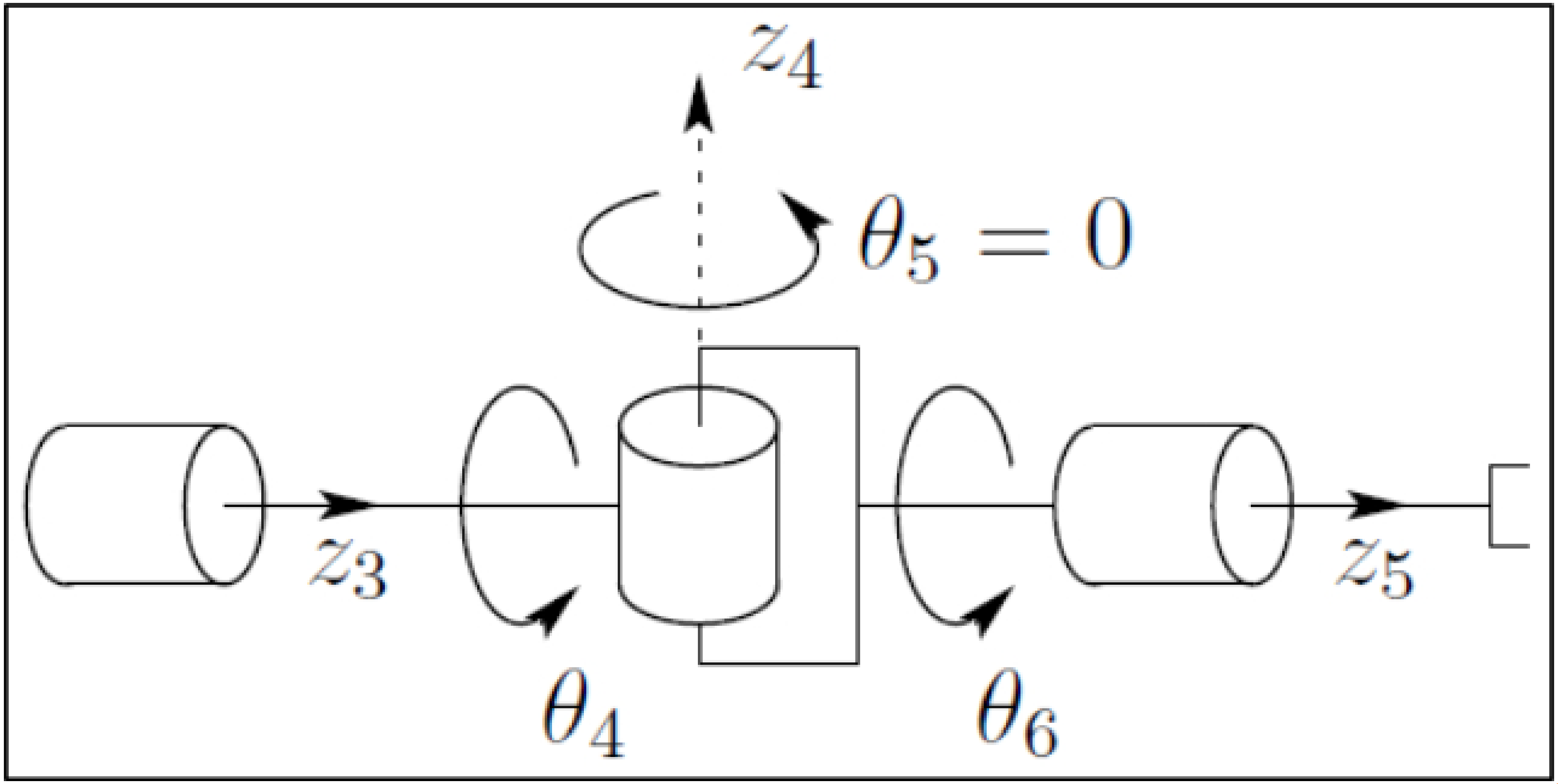




$$\mathbf{H}_0^6 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 374 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 630 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{p}_c = \mathbf{d}_0^6 - d_6 \mathbf{R}_0^6 \mathbf{k}$$

Por este motivo, não é possível o cálculo dos ângulos Θ4 e Θ6 individualmente, mas apenas a soma deles



EXERCÍCIOS

Exercício 1)
Considerando que o manipulador em questão possui um punho esférico nas suas três últimas
juntas e sabendo que as três primeiras juntas possuem ângulos correspondentes à seguinte matriz de rotação:

$$\mathbf{R}_0^3 = \begin{bmatrix} 0 & \sqrt{2}/2 & \sqrt{2}/2 \\ 0 & -\sqrt{2}/2 & \sqrt{2}/2 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \qquad \mathbf{H}_0^6 = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 852{,}92 \\ 0 & 0 & 1 & 1352{,}9 \\ -1 & 0 & 0 & 850 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Considerando um punho esférico, a matriz de rotação foi calculada pela cinemática direta:

$$\mathbf{R}_3^6 = \begin{bmatrix} c_4c_5c_6 - s_4s_6 & -c_4c_5s_6 - s_4c_6 & c_4s_5 \\ s_4c_5c_6 + c_4s_6 & -s_4c_5s_6 + c_4c_6 & s_4s_5 \\ -s_5c_6 & s_5s_6 & c_5 \end{bmatrix}$$

Exercício 2) Faça o mesmo para os novos dados apresentados

$$\mathbf{H}_0^6 = \begin{bmatrix} 0{,}612 & 0{,}354 & \sqrt{2}/2 & 1206.5 \\ -0{,}612 & -0{,}354 & \sqrt{2}/2 & 1206{,}5 \\ 0{,}5 & -\sqrt{3}/2 & 0 & 850 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad \mathbf{R}_0^3 = \begin{bmatrix} 0 & \sqrt{2}/2 & \sqrt{2}/2 \\ 0 & -\sqrt{2}/2 & \sqrt{2}/2 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$