Robótica

manipulador - base fixa (cadeia cinemática)

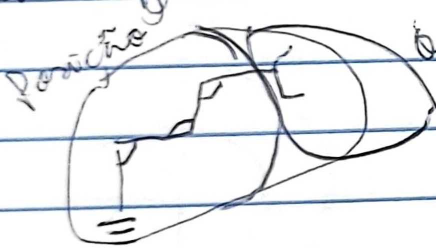
cinemática - movimento

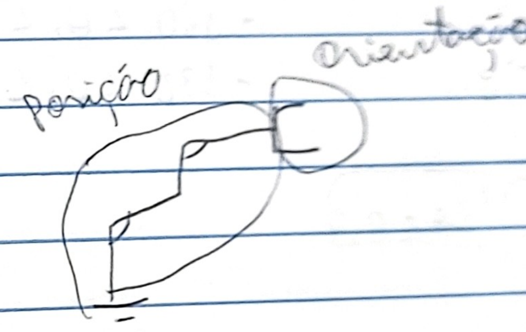
cinemática direta - passado referência da garra e da base, quais são os ângulos?

cinemática inversa → passado os ângulos, deve-se determinar a referência para base

Elo = link

Nº graus liberdade =





punho 3° e corpo 3° ⇒ 6 graus de liberdade

cadeia cinemática aberta → ñ possui sensoriamento

Vetor Z - permite a rotação

q - rotação

d - prismático

Volume de trabalho - espaço que o end-efector consegue trabalhar

juntas permitem mais flexibilidade.

Classificação → (base → garra)
Para robôs como 2 graus de liberdade, temos os PP, RR, PR ...

D S T Q Q S S
D L M M J V

cinemática

6 DOF { 3 DOF (Posição) ⇒ Cartesiano (PPP) → movimentos prismáticos — 1ª junta, 2ª junta, 3ª junta

→ cilíndrico (RPP)

Articulado (RRR)

Esféricos (RRP)

SCARA (RRP) → Juntas 2 e 3 são paralelas

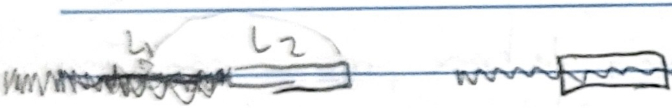
3 DOF (orientação)

Lista de exercícios

① RRR, PPP, RRP, RPR
Antro, Cilin, esfe

② RP

③ RR



$L_1 + L_2 = 1{,}2$ $\quad -180 < \theta_1 < 180$

$L_1 - L_2 = 0{,}8$ $\quad -180 < \theta_2 < 180$

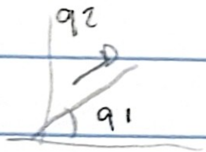
$2L_1 = 2{,}0$

$\boxed{L_1 = 1{,}0}$ $\boxed{L_2 = 0{,}2}$

(4) $L_1 - L_2 = 0,3$

$L_1 + L_2 = 2,7$

$1,5$

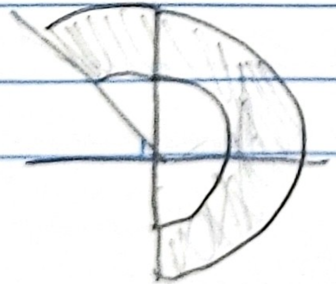


(5) RP

$-\frac{\pi}{2} < q_1 < \frac{5\pi}{6}$,

$2 < d_2 < 3$

$\cancel{\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{6} = \frac{3\pi + \pi}{6} = \frac{4\pi}{6} = \frac{2\pi}{3}}$



$$\frac{\pi r^2}{2} + \frac{\pi r^2}{6} = \frac{\pi(3^2-2^2)}{2} + \frac{\pi(3^2-2^2)}{6} = \frac{5\pi}{2} + \frac{5\pi}{6}$$

$\approx 10,47$

Exercícios

① a) RRR - Manipuladores Articulados.

b) RPP - manipulador cilíndrico.

c) RRP - manipuladores Esférico (ou Polares)

d) RPR

② RP

③ a) RR

b) $L_1 + L_2 = 1{,}2$ $\qquad -180^\circ < \theta_1 < 180^\circ$

$L_1 - L_2 = 0{,}8$ $\qquad -180^\circ < \theta_2 < 180^\circ$

$2L_1 = 2 \Rightarrow \boxed{L_1 = 1}$

$1 + L_2 = 1{,}2$

$L_2 = 1{,}2 - 1 \Rightarrow \boxed{L_2 = 0{,}2}$

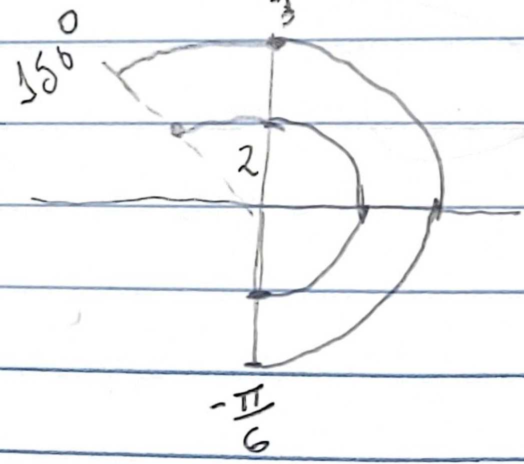
④ $L_1 + L_2 = 2{,}7$

$L_1 - L_2 = 0{,}3$

$2L_1 = 3$ $\qquad L_2 = 1{,}5 - 0{,}3 \Rightarrow \boxed{L_2 = 1{,}2}$

$\boxed{L_1 = 1{,}5}$

5) $-\pi/2 < qi < 5\pi/6$ & $2 < q1 < 3$ m



$\pi R^2 = P$

$\frac{\pi R^2}{2} + \frac{\pi R^2}{6} = \frac{\pi(3^2-2^2)}{2} + \frac{\pi(3^2-2^2)}{6} \Rightarrow \frac{5\pi}{2} + \frac{5\pi}{6}$

$\frac{15\pi + 5\pi}{6} = 10{,}47$

lado direito → frames

1- manipulador → a base dele é a referência.

±1 manipulador →

singularidade → end-effector não atinge um ponto.

translação →

rotação →

P novo = ( ) P antigo

rot inv = inverso de 1 mon

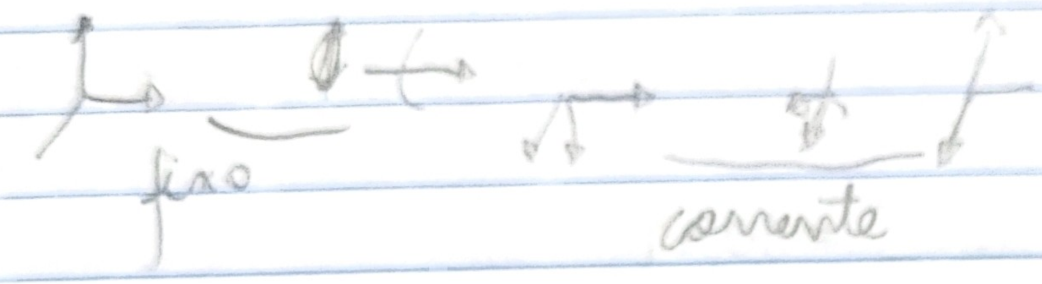
x y z → juros → movimentos da base

n o a → correntes → movimentos a partir de todas outras angular.

referência → palma da mão { z e x → x seja a palma da mão (pontos)

y → mão aponta p/ baixo → positivo

$\lambda = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2} = 1$



$R_0^2 =$ fixo $= R_1^2 R_0^1$

$R_0^2 =$ correntes $= R_0^1 R_1^2$

x, y, z fixo
n o a corrente

3° 1° 2° 4°

Rot (90, y) Rot (30, x) Rot (n, 40) Rot (90, a)

~~fixo →~~
~~corrente ←~~

fixo
←
corrente
→

A ordem de multiplicação das matrizes é inversa

~~BBB~~ $R_0^2 = R_0^1 R_2^1 = \left[\quad \right]$

$\underbrace{Trans(0,0,20)\ Trans(10,0,0)}_{Trans(10,0,20)}\ Rot(20,x)\ Rot(40,z).$

Cartesiano → PPP

Cilíndrico → RPP

Esférico → RRP

matriz Transf Homog.

$$T = \begin{bmatrix} R_{3\times3} & T_{3\times1} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \rightarrow \text{posição}$$

orientação

$P_1 = T P_0$

$P_{novo} = T P_{antigo}$.

xyz → mov. Fixo (base)

noa → mov. correntes.

R_0^3 → fixos → $R_2^3 R_1^2 R_0^1$

R_0^3 → correntes → $R_0^1 R_1^2 R_2^3$

Cartesiano

$$T_{cartesiano} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & P_x \\ 0 & 1 & 0 & P_y \\ 0 & 0 & 1 & P_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Cilíndrico

$$T_{cilíndrico} = Tra(0,0,L)\ Rot(\alpha, z)\ T(r,0,0)$$

$$T_{cilíndrico} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & L \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C\alpha & -S\alpha & 0 & 0 \\ S\alpha & C\alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & r \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C\alpha & -S\alpha & 0 & r\cos\alpha \\ S\alpha & C\alpha & 0 & r\,s\alpha \\ 0 & 0 & 1 & L \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

atan2 d → | atan2 d (sin, cos)

$$T_{teórico} = \begin{bmatrix} c\beta c\gamma & -s\gamma & s\beta c\gamma & r s\beta c\gamma \\ c\beta s\gamma & c\gamma & s\beta s\gamma & r s\beta s\gamma \\ -s\beta & 0 & c\beta & r c\beta \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Prática

$$\text{Ponto A} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 10 \\ 0 & 1 & 0 & 4 \\ 0 & 0 & 1 & 7 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{Ponto B} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -4 \\ 0 & 1 & 0 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \Rightarrow$$

Ponto A ⇒ $P_x = 10$, $P_y = 4$, $P_z = 7$

$B = \begin{cases} -4 \\ 5 \\ 0 \end{cases}$

b) A)
$$\begin{cases} r\cos\alpha = 10 \\ r\,s\,\alpha = 4 \end{cases}$$

$\boxed{L = 7}$

$tg^{-1}\left(\frac{4}{10}\right) \Rightarrow \boxed{7{,}59 = \theta}$

$r \sin(7{,}59) = 4$

$r = \frac{4}{\sin(7{,}59)} = \boxed{30{,}28}$

$\operatorname{atan2}(4,5)$

B) $r\cos\alpha = -4$ $\quad tg^{-1}\left(\frac{r\sin\alpha}{r\cos\alpha}\right) = tg^{-1}\left(\frac{5}{-4}\right) \Rightarrow \boxed{\theta = 128,66}$

$r\sin\alpha = 5$

$L = 0$ $\quad r\sin\alpha = 5 \Rightarrow r = \frac{5}{\sin(128,66)} \Rightarrow \boxed{r = 6,4031}$

Esférica.

Ponto A = $\begin{cases} r\sin\beta\cos\gamma = 10 \\ r\sin\beta\sin\gamma = 4 \\ r\cos\beta = 7 \end{cases}$ $\quad \begin{cases} \gamma = 21,8 \\ \beta = 31,56 \\ r = 8,21 \end{cases}$ $\quad \gamma = tg^{-1}(4/10) = 21,8^\circ$

$r\sin\beta = 4/\cos(21,8^\circ) = 4,3$

$\boxed{\cancel{r = \frac{7}{\cos\beta}}}$ $\quad \begin{cases} \cancel{\frac{7}{\cos\beta}\sin\beta\cos\gamma = 10} \\ \cancel{\frac{7}{\cos\beta}\sin\beta\sin\gamma = 4} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \cancel{7\,tg\beta\cos\gamma = 10} \\ \cancel{7\,tg\beta\sin\gamma = 4} \end{cases}$

Jandaia