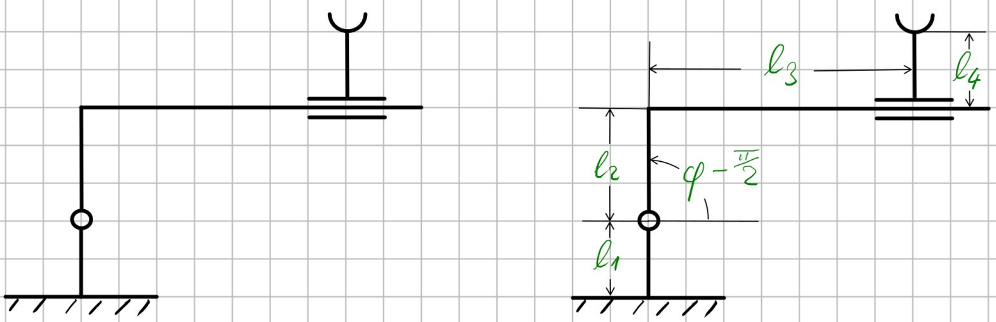
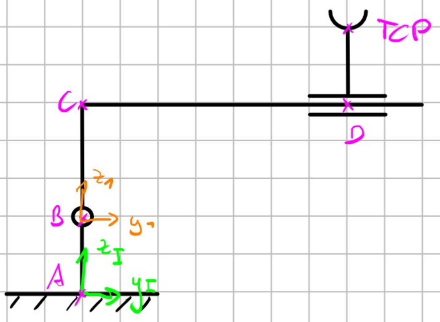
1) Kinematik:



2) Positionsberechnung



$$_I r_{AB} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ l_1 \end{pmatrix} \qquad _1 r_{BTCP} = \begin{pmatrix} 0 \\ l_3 \\ l_2 + l_4 \end{pmatrix}$$

$$^{I1}A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & c\varphi & -s\varphi \\ 0 & s\varphi & c\varphi \end{pmatrix}$$

$$_I r_{ATCP} = {_I r_{AB}} + {^{I1}A} \cdot {_1 r_{BTCP}}$$

$$\boxed{_I r_{ATCP}} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ l_1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \emptyset + \emptyset + \emptyset \\ \emptyset + c\varphi \cdot l_3 - s\varphi \cdot (l_2 + l_4) \\ \emptyset + s\varphi \cdot l_3 + c\varphi \cdot (l_2 + l_4) \end{pmatrix} = \boxed{\begin{pmatrix} \emptyset \\ c\varphi \cdot l_3 - s\varphi \cdot (l_2 + l_4) \\ s\varphi \cdot l_3 + c\varphi \cdot (l_2 + l_4) + l_1 \end{pmatrix}}$$

3) PTP-Steuerung

$v_{max} = 0{,}8\, m/s \qquad \dot{\varphi}_{max} = 0{,}2\, s^{-1} \qquad t_a = t_b = 1/4\, t$

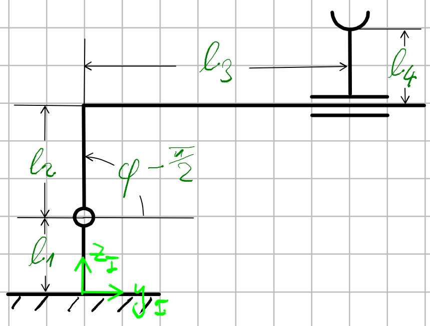
Rotation: Trapezfunktion
Translation: Sinoidenprofil

$$q = \begin{pmatrix} \varphi \\ l_3 \end{pmatrix} \qquad q_{P_1} = \begin{pmatrix} -20^\circ \\ 400\text{ mm} \end{pmatrix} \qquad q_{P_2} = \begin{pmatrix} 30^\circ \\ 1400\text{ mm} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \Delta\varphi \\ \Delta s \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 55^\circ \\ 60\text{ mm} \end{pmatrix}$$

$$\Delta s = 2 \cdot \frac{v_{max} \cdot t}{8} + v_{max} \cdot \frac{t}{2} = v_{max} \cdot t \cdot 3/4 = \Delta s \Rightarrow t_L = \frac{4 \cdot \Delta s}{3 \cdot v_{max}}$$

$$\Delta\varphi = 2 \cdot \frac{\dot{\varphi}_{max} \cdot t}{8} + \dot{\varphi}_{max} \cdot \frac{t}{2} = \dot{\varphi}_{max} \cdot t \cdot 3/4 = \Delta s \Rightarrow t_R = \frac{4 \cdot \Delta\varphi}{3 \cdot \dot{\varphi}_{max}}$$



$$x = \begin{pmatrix} c\varphi \cdot l_3 - s\varphi \cdot (l_2 + l_4) \\ s\varphi \cdot l_3 + c\varphi \cdot (l_2 + l_4) + l_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_{TCP} \\ z_{TCP} \end{pmatrix}$$

$$J = \frac{\partial x}{\partial q^T} = \begin{bmatrix} [-s\varphi \cdot l_3 - c\varphi \cdot (l_2 + l_4)] & [c\varphi] \\ [c\varphi \cdot l_3 - s\varphi \cdot (l_2 + l_4)] & [s\varphi] \end{bmatrix}$$

$(\varphi\ l_3)$

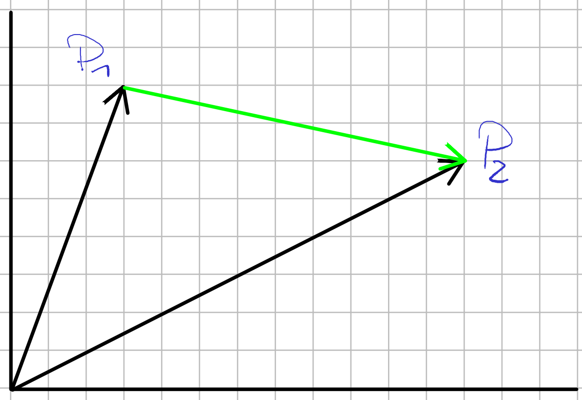
$$\dot{x} = J \cdot \dot{q}$$

$$\dot{J} = \begin{bmatrix} [-c\varphi \cdot l_3 + s\varphi (l_2 + l_4)] & [0] \\ [-s\varphi\, l_3 - c\varphi (l_2 + l_4)] & [0] \end{bmatrix}$$

$$\ddot{x} = \dot{J} \cdot \dot{q} + J \cdot \ddot{q}$$

Berechnung der Profile (a, α, v, ω, s, φ) siehe Python Berechnung

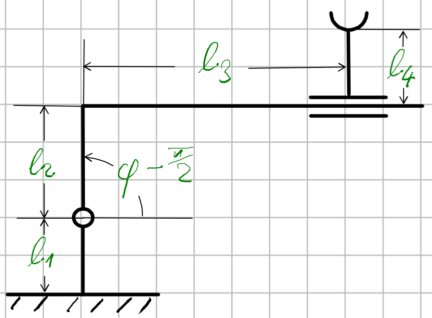
$$\Rightarrow \quad q = \begin{pmatrix} \varphi \\ s \end{pmatrix} \quad \dot{q} = \begin{pmatrix} \omega \\ v \end{pmatrix} \quad \ddot{q} = \begin{pmatrix} \alpha \\ a \end{pmatrix}$$



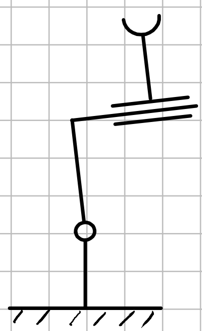
MoveL

Inverse der Jakobimatrix: $J = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}$ $\det J = A \cdot D - C \cdot B$

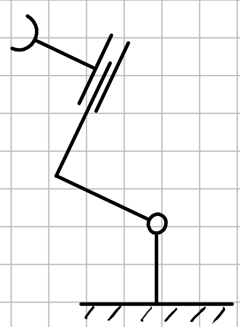
$$J^{-1} = \frac{1}{\det J} \cdot \begin{bmatrix} D & -B \\ -C & A \end{bmatrix}$$



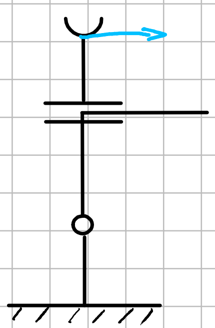
P1



P2



Bsp für Singuläre Stellung: $l_3 = 0$ $\varphi = 0$



Bewegung in diese Richtung ist für sehr kleine Winkel gleich, wie die Richtung der Linearachse. Sprich es kann mit beiden Achsen die selbe Position angefahren werden (φ<<).

Genauen Rechenweg bitte .py Datei entnehmen