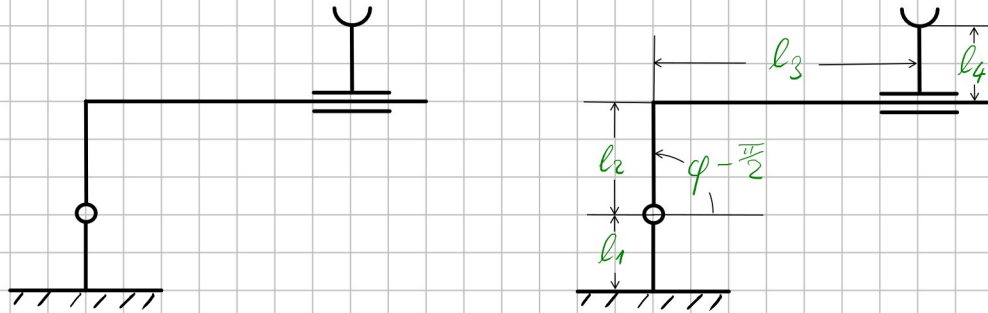
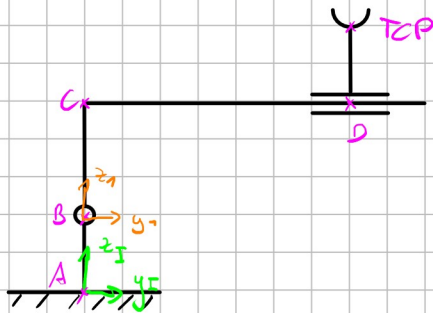


1) Kinematik:



2) Positionsberechnung



$${}^I\Gamma_{AB} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ l_1 \end{pmatrix} \quad {}^I\Gamma_{BTCP} = \begin{pmatrix} 0 \\ l_2 \\ l_2 + l_4 \end{pmatrix}$$

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

$${}^I\Gamma_{ATCP} = {}^I\Gamma_{AB} + {}^I A \cdot {}^I\Gamma_{BTCP}$$

$${}^I\Gamma_{ATCP} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ l_1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & +c\varphi \cdot l_2 & -s\varphi \cdot (l_2 + l_4) \\ 0 & +s\varphi \cdot l_2 & +c\varphi \cdot (l_2 + l_4) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ c\varphi \cdot l_2 - s\varphi \cdot (l_2 + l_4) \\ s\varphi \cdot l_2 + c\varphi \cdot (l_2 + l_4) + l_1 \end{pmatrix}$$

3) PTP-Steuerung

$$v_{\max} = 0,8 \frac{m}{s}$$

$$\dot{\varphi}_{\max} = 0,2 \text{ s}^{-1}$$

$$t_a = t_b = \frac{1}{4} t$$

Rotation: Trapezfunktion  
Translation: Sinoidenprofil

$$q = \begin{pmatrix} \varphi \\ l_3 \end{pmatrix}$$

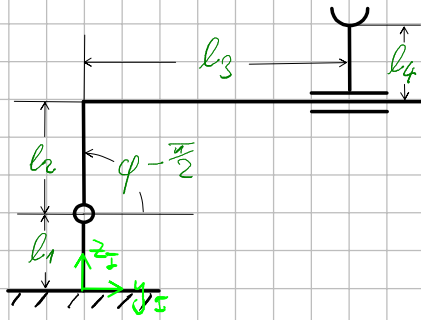
$$q_{p1} = \begin{pmatrix} 6^\circ \\ 100 \text{ mm} \end{pmatrix}$$

$$q_{p2} = \begin{pmatrix} 50^\circ \\ 160 \text{ mm} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \Delta\varphi \\ \Delta s \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 44^\circ \\ 60 \text{ mm} \end{pmatrix}$$

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

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



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

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

( $\varphi = l_3$ )

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

$$\ddot{J} = \begin{bmatrix} -c\varphi \cdot l_3 + s\varphi \cdot (l_2 + l_4) \\ -s\varphi \cdot l_3 - c\varphi \cdot (l_2 + l_4) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{\varphi} \\ \ddot{\varphi} \end{bmatrix}$$

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

Berechnung der Profile ( $\alpha, \omega, v, s, \varphi$ ) siehe Python Berechnung

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