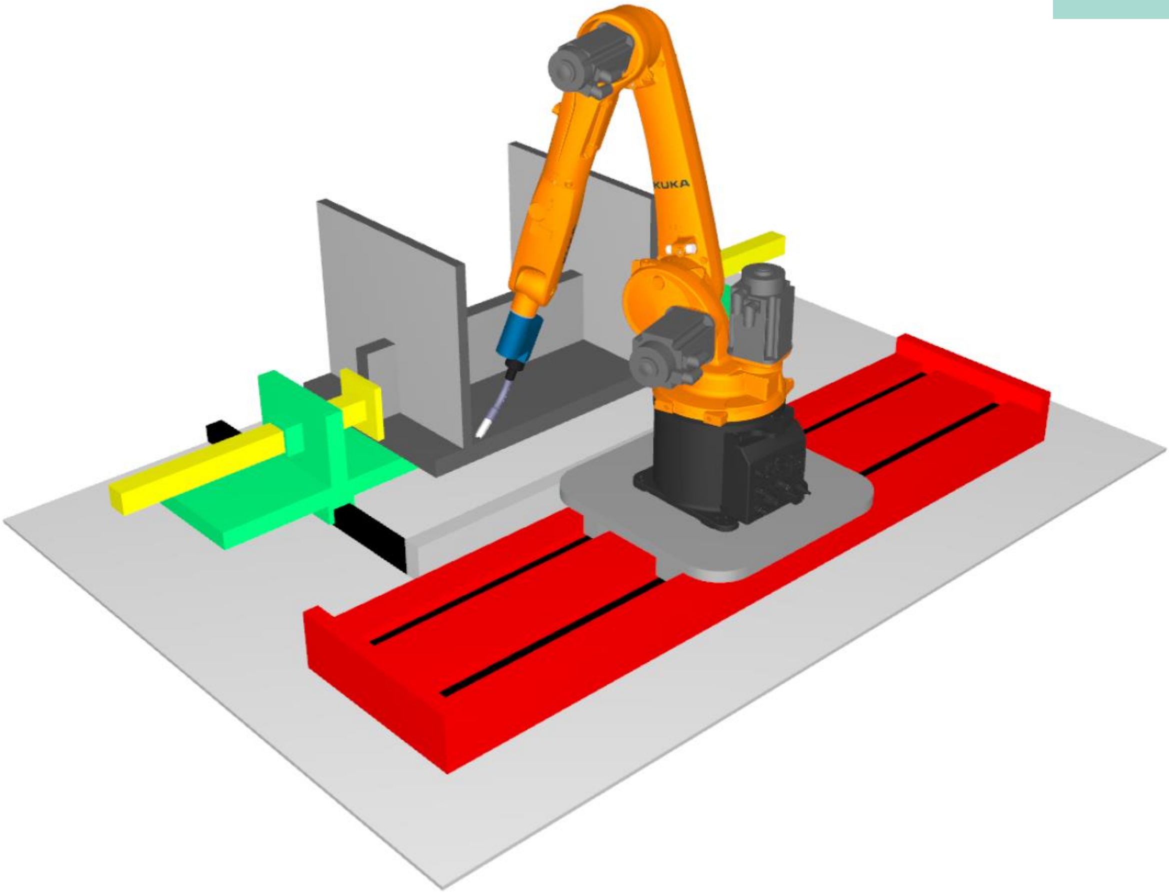
2020



Anvendt Robotteknikk 2020 Høst

EKSAMEN - FASIT

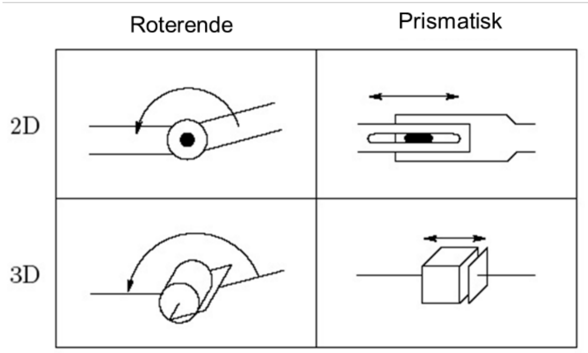
HARIS JASAREVIC

Oppgave 1

Svar på følgende:

1. En seriell robot er en robot bestående av ledd satt sammen av faste koblinger i en serie.
2. Et ledd er punktet på roboten som kan settes i bevegelse for å flytte på koblingene den er tilknyttet til. Koblingene er bare forbindelsene mellom leddene.
3. Det finnes 2 type tradisjonelle ledd for serielle roboter. Det er:
    a. Roterende ledd som roterer rundt en gitt akse.
    b. Translerende eller prismatiske ledd som kan forflytte seg frem og tilbake i en akseretning.

   De kan beskrives som figur slik:

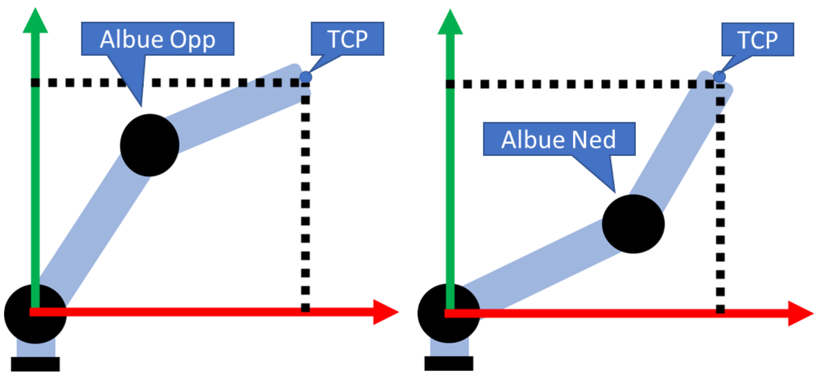


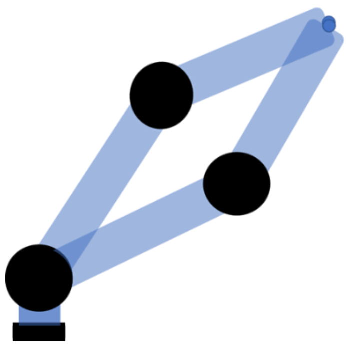
4. En seriell robot er redundant når den består av flere ledd enn det den trenger for å oppnå alle mulige forflytninger og rotasjoner av endepunktet sitt innenfor dimensjonene den operer på. Eksempel i 3D trenger en robot minimum 6 ledd for å kunne forflytte og rotere endepunktet til roboten i alle 3 akseretningene. En robot med 7 ledd vil da være redundant.

Oppgave 2

En robot vil ha flere konfigurasjoner når dens endepunkt eller TCP kan oppnå samme posisjon ved forskjellige parametere av dens ledd.

Eksempel 2-akset robot med 2 roterende ledd i 2D, vil kunne ha 2 konfigurasjoner hvor 2 set med ledd-parametere vil gi samme posisjon for TCP, albue opp og albue ned konfigurasjon.





Kompleksiteten og antall konfigurasjoner kan øke med flere ledd og lengden leddet kan bevege seg.

Oppgave 3

Gitt følgende rotasjoner:

1. Rotasjon av α rundt $y - aksen$ til gjeldende-plan.
2. Rotasjon av θ rundt $x - aksen$ til base-planet.
3. Rotasjon av ψ rundt $y - asken$ til gjeldende-plan.
4. Rotasjon av ϕ rundt $z - aksen$ til gjeldende-plan.

Riktig rekkefølge vil bli:

<u>2, 1, 3, 4</u>

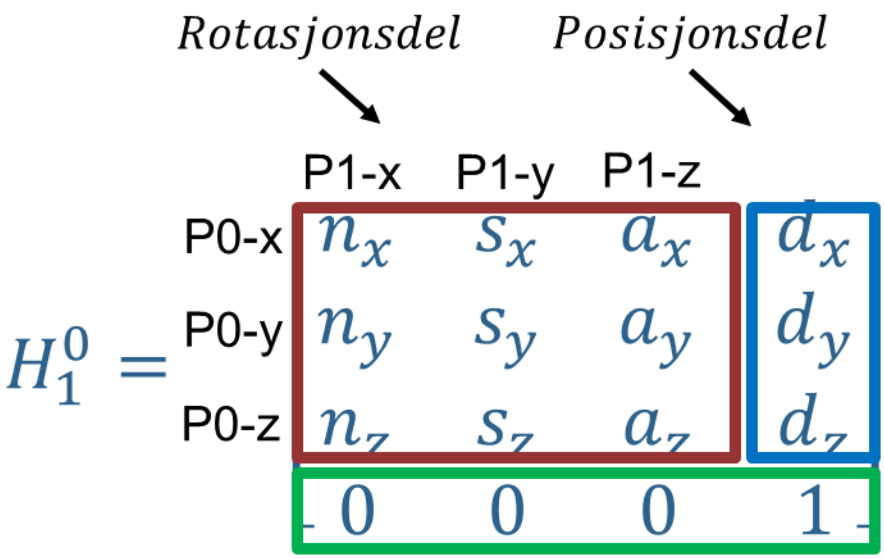
Oppgave 4

Homogene transformasjonsmatriser benyttes for å forflytte objekter, roboter og posisjonen til robotens TCP. Fordelen med Homogene transformajsonsmatriser er at de kombiner både translasjon og rotasjon i en matrise. Dette gjør det enklere å utføre transformasjoner i 3D uten å separere rotasjon og translasjon i to komponenter. Matrisen blir trukket opp til 4 dimensjoner.

Matrisen består av en rotasjonskomponent som tilfredsstiller SO(n), translasjonskomponent og til slutt en fast komponents som endrer ikke verdiene sine:

$$H = \begin{bmatrix} R & d \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \; R \epsilon SO(3), \; d \epsilon R^3, \; H = \begin{bmatrix} n_x & s_x & a_x & d_x \\ n_y & s_y & a_y & d_y \\ n_z & s_z & a_z & d_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Figuren under viser dette mer detaljert:

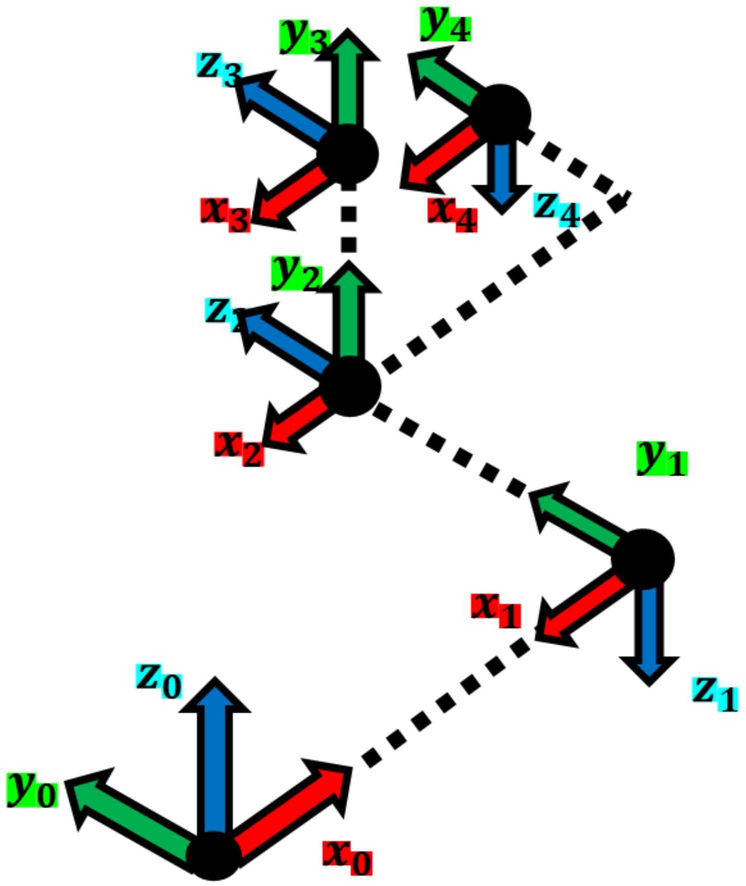


Den faste delen benyttes vanligvis ikke i robotikk og er forbundet med andre egenskaper.

Høgskolen i Østfold

Oppgave 5

a) Tegner isometrisk:



b)

$$H_{Pun1}^{Rob} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 830 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, H_{Pun2}^{Rob} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 830 \\ 0 & 0 & 1 & 300 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$H_{Pun2}^{Pun1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 300 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, H_{Pun4}^{Pun3} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -320 \\ 0 & 0 & -1 & -200 \\ 0 & 1 & 0 & 50 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

c)

Før: Etter:

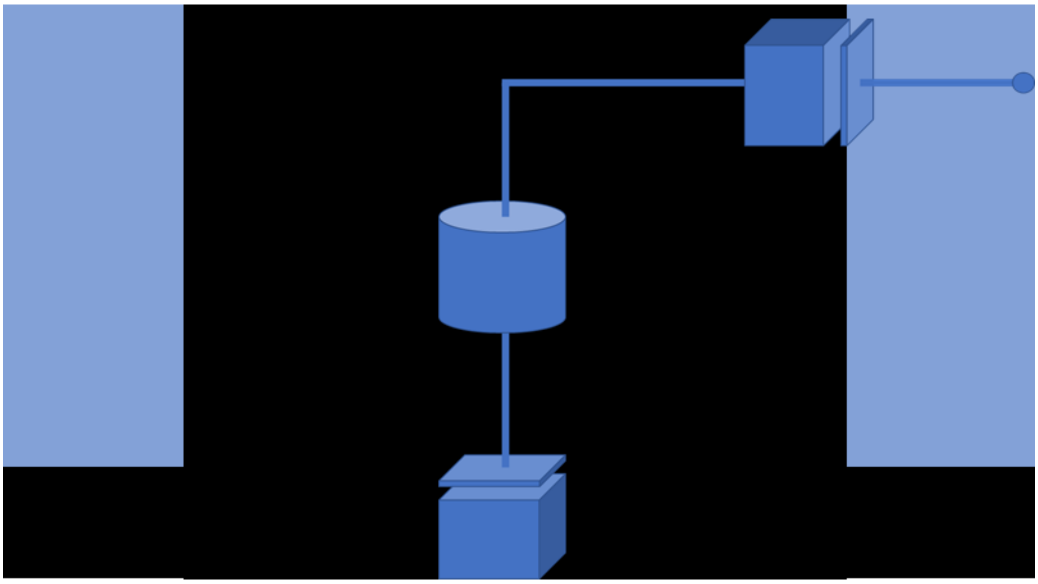
$$H_{Pun4}^{Rob} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 1150 \\ 0 & 1 & 0 & 350 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad H_{Pun4}^{Rob} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 1150 \\ 0 & 1 & 0 & -350 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Høgskolen i Østfold

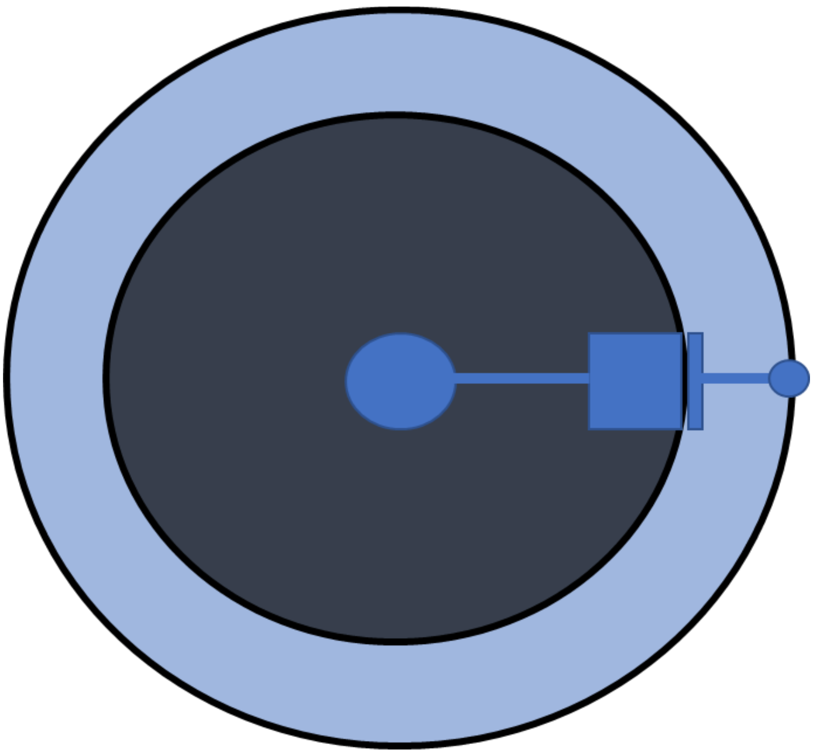
Oppgave 6

1. Roboten har 3 frihetsgrader, ettersom den består av 3 ledd.
2. Roboten er en PRP robot som består av 2 prismatiske og 1 roterende ledd.
3. Arbeidsområdet vil få en sylindrisk form. På figurene under vil de mørke områdene være de som ikke kan nås:

Sett fra siden.

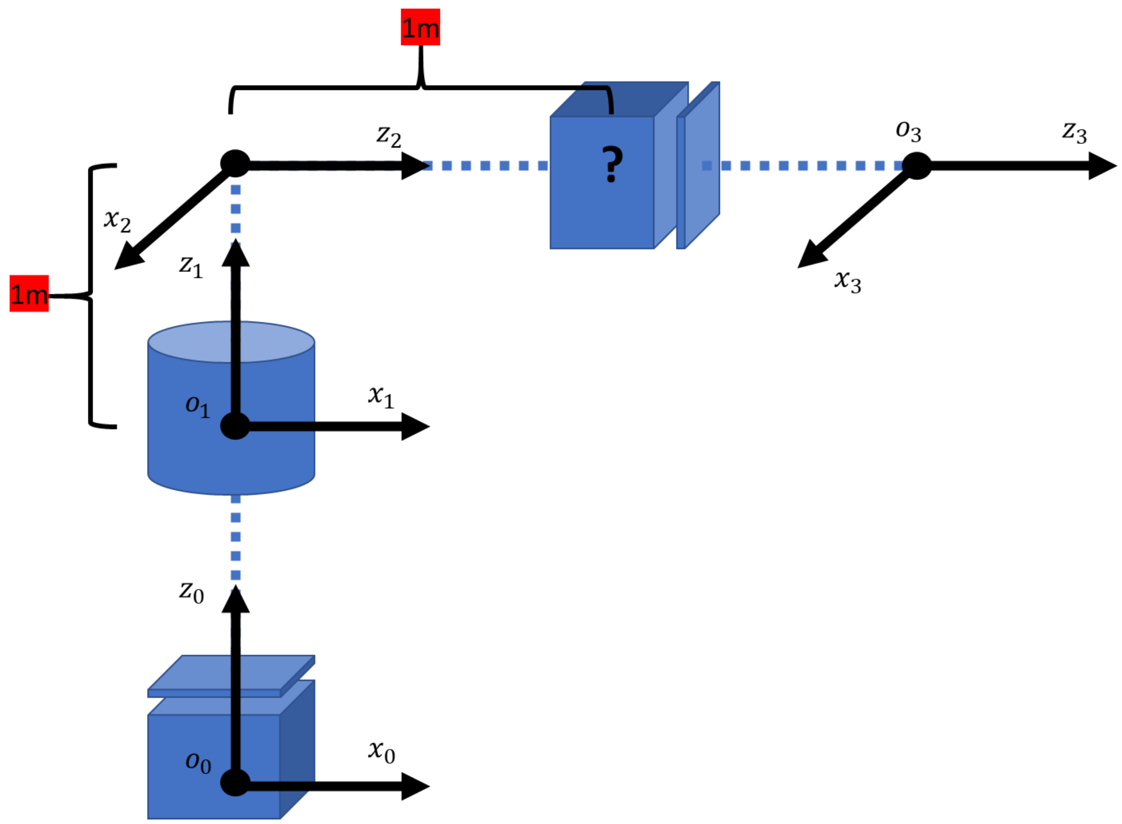


Sett ovenifra.



Oppgave 7

1. Tegner på nytt:



2. Klassisk DH tabell blir:

Ledd	a_i	α_i	d_i	θ_i
1	0	0	d_1^*	0
2	0	-90°	1m	θ_2^* (-90°)
3	0	0	d_3^*+1m	0

Oppgave 8

1. Roboten kan høyst oppnå 2 konfigurasjoner.
2. På grunn av ledd2. Ledd2 kan rotere fra -360 grader til +360 grader. Dette gir roboten mulighet til å oppnå samme posisjon for TCP med 2 forskjellige vinkler av ledd2.
3. Roboten har nå 4 frihetsgrader og kombinert med ledd2, vil få 4 forskjellige konfigurasjoner ettersom ledd4 har samme oppførsel som ledd2.

Oppgave 9

For ledd1:

Høyden er bestemt av ledd1 pluss den faste avstanden langs z_1, der z_1 krysser z_2 på 1m.

$$d_1 = z_c - 1$$

For ledd2:

Ledd2 går fra -360 til 360 grader. Den vil ha 2 mulige løsninger, men løsning 2 vil være avhengig av om den første konfigurasjonen for ledd2 er positiv eller negativ.

$$\theta_2 = Atan2(x_c, y_c)$$

Eller

$$Hvis\ Atan2(x_c, y_c) \geq 0 \rightarrow \theta_2 = Atan2(x_c, y_c) - 2\pi$$

$$Hvis\ Atan2(x_c, y_c) < 0 \rightarrow \theta_2 = Atan2(x_c, y_c) + 2\pi$$

For ledd3:

Her må vi ta høyde for at ledd3 er allerede forskjøvet med 1m.

$$d_3 = \sqrt{x_c^2 + y_c^2} - 1$$

Oppgave 10

Del1

Vi har:

$$z_0 = z_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \qquad z_2 = z_3 = \begin{bmatrix} -s_1 \\ c_1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$o_0 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, o_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ d_1 \end{bmatrix}, o_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ d_1 + 1 \end{bmatrix}, o_3 = \begin{bmatrix} -s_1(d_3 + 1) \\ c_1(d_3 + 1) \\ d_1 + 1 \end{bmatrix}$$

Vår Jacobian matrise blir:

$$J = \begin{bmatrix} z_0 & z_1 \times (o_3 - o_1) & z_2 \\ 0 & z_1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$z_1 \times (o_3 - o_1) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \times \left(\begin{bmatrix} -s_1(d_3 + 1) \\ c_1(d_3 + 1) \\ d_1 + 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ d_1 \end{bmatrix} \right) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -s_1(d_3 + 1) \\ c_1(d_3 + 1) \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -c_1(d_3 + 1) \\ -s_1(d_3 + 1) \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$J = \begin{bmatrix} 0 & -c_1(d_3 + 1) & -s_1 \\ 0 & -s_1(d_3 + 1) & c_1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Del2

$$detJ_{11} = \begin{bmatrix} 0 & -c_1(d_3 + 1) & -s_1 \\ 0 & -s_1(d_3 + 1) & c_1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} = -c_1^2(d_3 + 1) + s_1^2(d_3 + 1)$$

Ut ifra ligningen over kan vi se at det ikke finnes noen singulære konfigurasjoner for denne roboten. Når cosinus er null, er ikke sinus null. Når d_3 er null, så er robotleddet forskjøvet slik at ledd3 er aldri over ledd2.