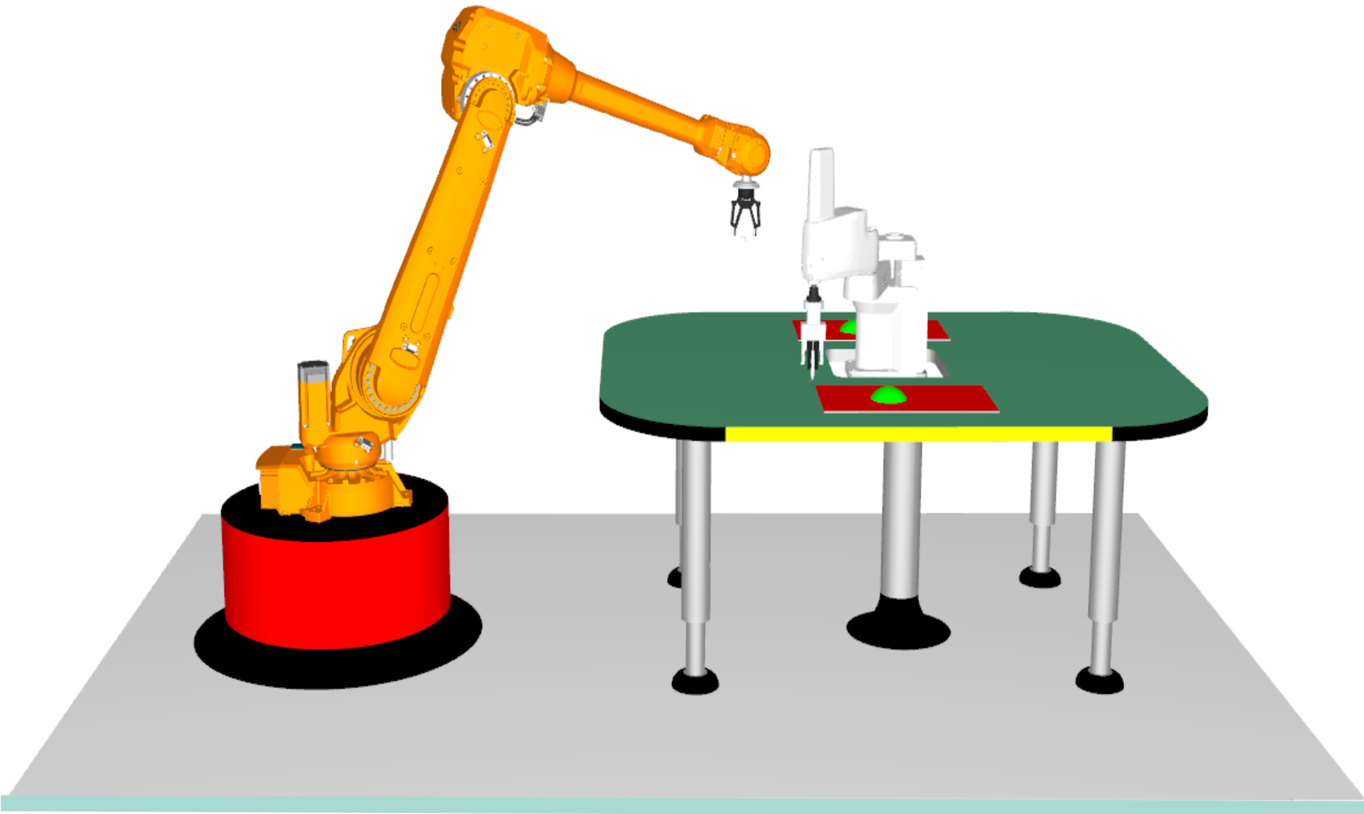
2019



Anvendt Robotteknikk Konte Sommer 2019

EKSAMEN

HARIS JASAREVIC

Innhold

Oppgaver

Oppgave 1

Serielle roboter er ofte beskrevet geometrisk ut ifra deres 3 første ledd. R for roterende, og P for prismatisk. Beskriv 3 kjente og forskjellige kinematiske robot oppsett av serielle roboter. Du skal ha med:

- Navn på type robot.
- Kinematisk oppsett av 3 første ledd (Bruk «R» og «P»)
- En del av arbeidsområdet til roboten. Tegn den sammen med en enkel illustrasjon av roboten (leddene).

Oppgave 2

Hva gjør en seriell robot redundant? Gi et eksempel på bruk av en redundant robot.

Oppgave 3

Med tanke på rotasjonsmatriser, hvorfor er rekkefølgen av rotasjoner viktig? Hva er forskjellen mellom en sekvens av rotasjoner på et objekt utført rundt en fiksert koordinatplan ramme kontra ufiksert ramme?

Oppgave 4

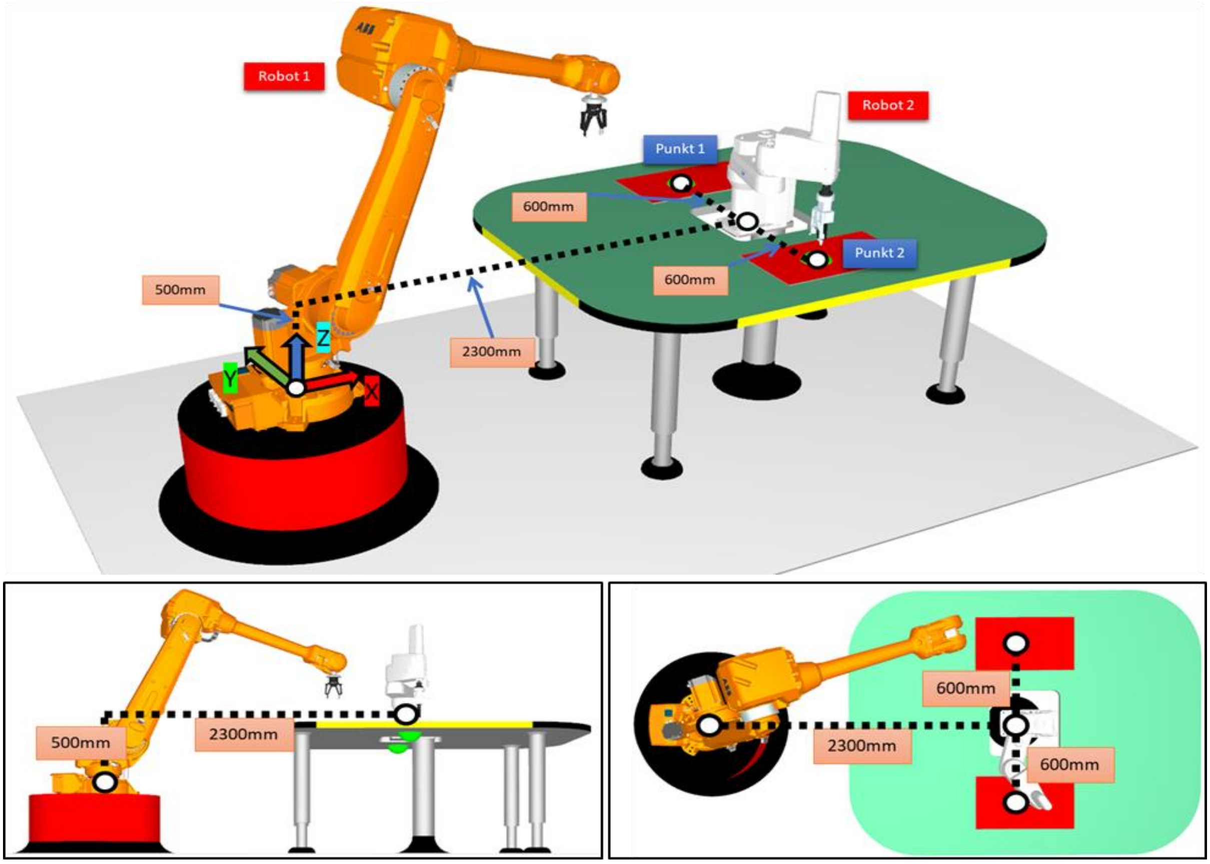
Du har følgende sekvens av rotasjoner:

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

Skriv matriseproduktet i riktig rekkefølge ut ifra overnevnte rotasjoner. <u>**Ikke**</u> gjør en matrisemultiplikasjon. Bruk tallene 1,2,3,4, sett dem i riktig rekkefølge og sorter dem etter komma.

Oppgave 5

Se figur 1:



Figur 1

På figur 1 er avstandene oppgitt mellom Robot 1 og Robot 2, og mellom Robot2 og punktene 1 og 2 på bordet. Avstandene fra robotene går ut ifra origo til deres base-plan, lokalisert i midten helt nederst til robotene. Avstandene er rette og følger en av aksene vinkelrett.

Base-Planet til Robot1 er tegnet inn med aksene navngitt med riktig notasjon X,Y og Z. Bruk den for å løse oppgaven. Bruk høyre-hånds regelen, se appendiks 1.

Anta følgende:

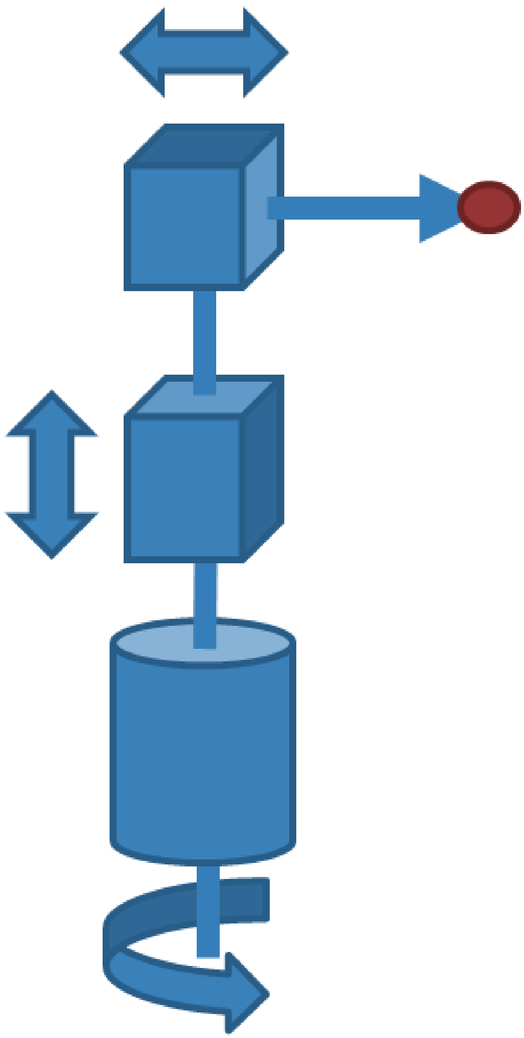
1. Robot2 base-plan er snudd 180 grader rundt gjeldende z-akse til Robot1 base-plan.
2. Begge planene til punkt 1 og 2 er snudd -90 grader rund x-aksen, deretter 90 grader rundt y-aksen til Robot2 base-plan. Alle rotasjoner er snudd rundt det fikserte planet til Robot2.
3. Robot1 base-plan er plan-0, Robot2 base-plan er plan-1, punkt-1 base-plan er plan-2 og punkt-2 base-plan er plan-3. Plan 0, 1, 2 og 3 oppgis i formlene til de homogene matrisene, eksempel fra plan 1 til 3: H_3^1.

Utfør dette:

a) Fra figur 1, tegn opp alle planene med deres x, y og z akser. Merk aksene med riktig notasjon, eksempel x, y eller z. Ikke tegn objektene, kun aksene. Avstandene må ikke være nøyaktig, det er rotasjonen som er viktigst. Tegn isometrisk, rett ovenfra, eller hvordan du tror er best.
b) Skriv opp de homogene posisjons-matrisene H_1^0, H_2^1, H_3^1 og H_2^0. Gjør dette uten matrisemultiplikasjon.
c) Vis med utregning hvordan du kan finne H_3^1 ved kun å bruke H_1^0 og H_3^0. Ikke gjør matrisemultiplikasjon, kun vis ligningen.

Oppgave 6

Se figur 2:

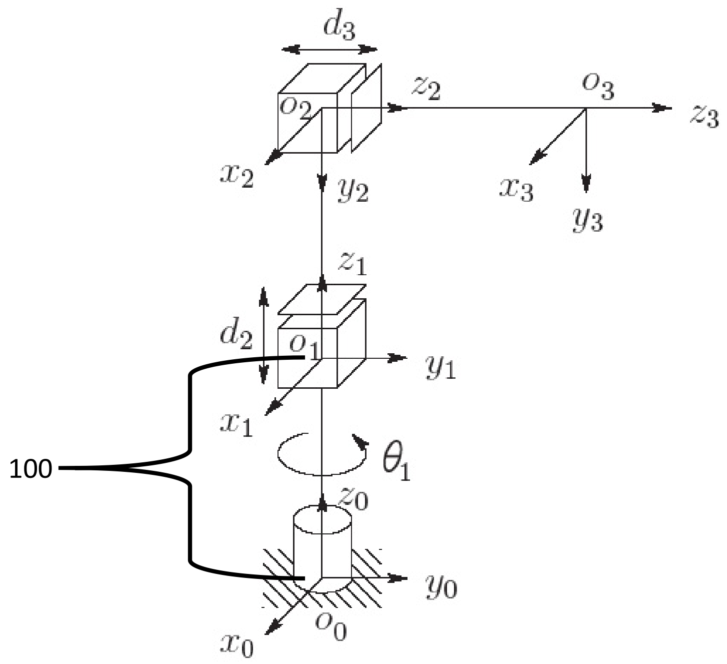


Figur 2

Hvor mange frihetsgrader (DOF) har roboten over? Hva kalles en slik robot og hva slags type ledd består den av?

Oppgave 7

Roboten fra figur 2 er tegnet på nytt i figur 3 under:



Figur 3

Koordinatplanene er plassert som på figur 3. Skriv opp DH-Tabellen. Bruk klassisk DH-Notasjon og høyre-hånds regel. Se Appendiks 1 og 2 for hjelp.

Der hvor lengde eller rotasjon varier, skal kun symbolet skrives i tabellen, eksempel θ_1.

Oppgave 8

Fra roboten på figur 2 og 3, anta følgende:

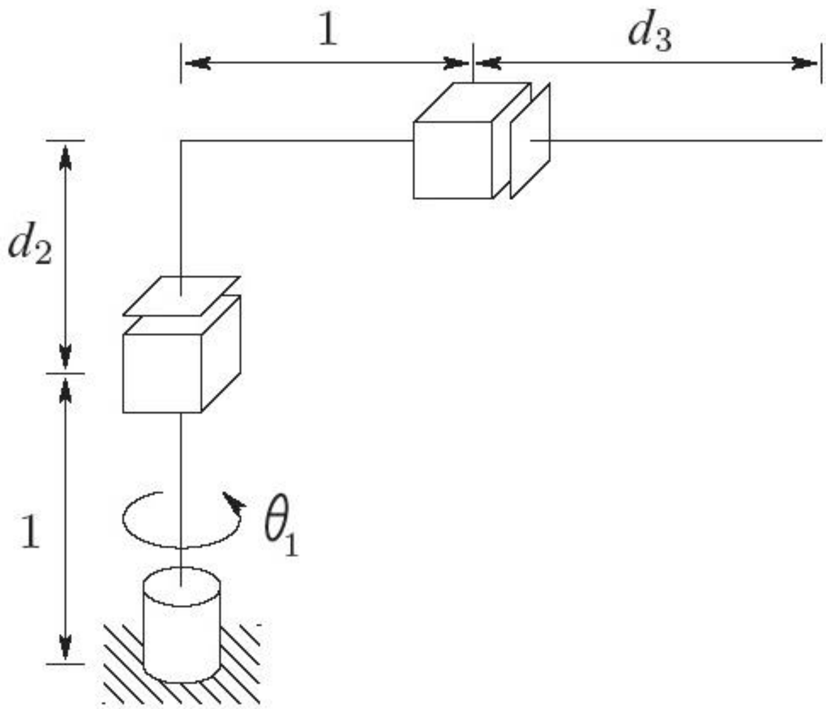
1. Ledd 1 går fra -170 til 170 grader.
2. Ledd 2 går fra 0 til 800mm.
3. Ledd 3 går fra 0 til 600mm.

Svar på følgende spørsmål:

a) Hvor mange høyst konfigurasjoner kan roboten innta fra Invers-Kinematikk?
b) Hvis flere konfigurasjoner, hvilket ledd er årsaken til flere konfigurasjoner?
c) Hvordan ser arbeidsområdet til roboten ut? Sketch opp området. Sketch opp enten isometrisk, eller fra siden og toppen.
d) Anta at roboten før tilført et ekstra roterende ledd ved enden. Dette leddet kan rotere fra -360 til 360 grader. Hvor mange frihetsgrader har roboten nå, og hvor mange høyst konfigurasjoner kan roboten innta med invers kinematikk?

Oppgave 9

Roboten fra forrige oppgave er modifisert og justert slik som på figur 4:



Figur 4

Det ligger en offset på 1m, både mellom ledd 1 og 2, og mellom ledd 2 og 3 slik som på bildet over.

a) Tegn opp arbeidsområdet til roboten på nytt, med dette oppsettet.
b) Løs den geometriske inverse kinematikken for roboten.
   Bruk de kartesiske koordinatene:

$$x, \quad y, \quad z$$

   Finn settet som beskriver hvert ledd:

$$\theta_1, \quad d_2, \quad d_3$$

   Hint, bruk:

$$Atan2(x, y)$$

Oppgave 10

Med tanke på Robot-Jacobian matrisen, beskriv kort med ord hva det vil si at en robot mister en frihetsgrad? Hva kalles det når en robot oppnår et slikt tilfelle eller konfigurasjon? Gi et eksempel på et slikt tilfelle.

Oppgave 11

Roboten fra figur 3 har følgende T matrise som beskriver FK fra basen til enden av roboten, ut ifra DH-Tabellen gjort i oppgave 7:

$$T_3^0 = A_1 A_2 A_3 = \begin{bmatrix} c_1 & 0 & -s_1 & -s_1 d_3 \\ s_1 & 0 & c_1 & c_1 d_3 \\ 0 & -1 & 0 & d_1 + d_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$d_1 = 100$, men du kan bruke notasjonen d_1 her. Bruk figur 3 og opplysningene fra denne matrisen til å skrive opp robotens Jacobian 6x3 matrise.

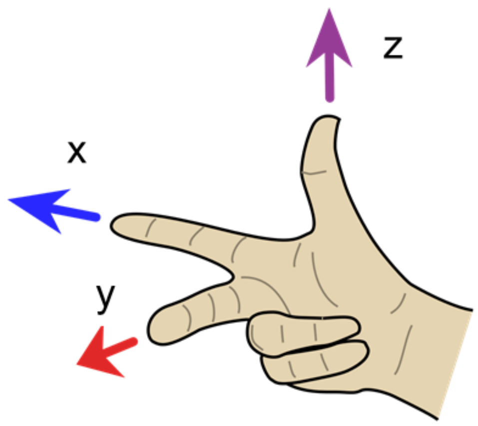
Se appendiks 3 for hjelp.

Appendiks

Her er hjelpestoff til eksamen listet opp

Appendiks 1

Høyrehånsdregelen er:



Positiv rotasjon av en akse er med klokken fra origo til enden av aksen.

Appendiks 2

Regler for klassisk DH-Konvensjon:

- a_i, K**oblings-Lengden (Link-Lenght)** for kobling i. Avstanden fra z_{i-1} til z_i målt langs x_i.
- α_i er **Koblings-Vridningen (Link-Twist)** for kobling i. Vinkelen mellom z_{i-1} til z_i, målt rundt x_i.
- d_i er **Koblings-Forskyvningen (Link-Offset)** for kobling i ←for prismatiske ledd. Avstanden mellom o_{i-1} til punktet der x_i aksen krysser z_{i-1}, målt langs z_{i-1}.
- θ_i er **Ledd-Vinkel (Joint-Angle)** for kolbing i. Er variabel for roterende ledd. Korteste vinkelen m ellom x_{i-1} til x_i målt rundt z_{i-1}.

<u>Tilfelle1:</u>

z_i og z_{i-1} danner ikke samme plan. Det finnes bare en x_i, og det er den korteste veien mellom z_i og z_{i-1}.

<u>Tilfelle2:</u>

z_i og z_{i-1} er paralelle med hverandre. x_i og o_i kan bli dannet hvor som helst mellom z_i og z_{i-1}

<u>Tilfelle3:</u>

z_i og z_{i-1} krysser hverandre. x_i kan bli dannet hvor som helst langs z_i med o_i som krysspunkt

Appendiks 3

Jacobian matrisen er definert som:

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x_1} \cdots \frac{\partial f}{\partial x_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \cdots & \frac{\partial f_1}{\partial x_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_m}{\partial x_1} & \cdots & \frac{\partial f_m}{\partial x_n} \end{bmatrix}$$

Regler for Jacobian matrise for roboter i 3 dimensjoner.

Forholdet mellom en robots kartesiske fart med ledd-hastighet er:

$$\xi = J_n \dot{q}_n \leftrightarrow \begin{bmatrix} v_n^0 \\ \omega_n^0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_{v_1} \cdots J_{v_n} \\ J_{\omega_1} \cdots J_{\omega_n} \end{bmatrix} \dot{q}_n$$

Den lineære hastigheten for hver kolonne av $J_v = [J_{v_1} \ldots J_{v_n}]$, er definert som:

$$J_{v_i} = \begin{cases} z_{i-1} \times (o_n - o_{i-1}), & for\ roterende \\ z_{i-1}, & for\ prismatiske \end{cases}$$

Den roterende hastigheten for hver kolonne av $J_\omega = [J_{\omega_1} \ldots J_{\omega_n}]$ er definert som:

$$J_{\omega_i} = \begin{cases} z_{i-1}\ for\ roterende\ ledd \\ 0\ for\ prismatiske\ ledd \end{cases}$$

Kryss-produktet mellom 2 vektorer er definert som:

$$\vec{a} \times \vec{b} = \begin{bmatrix} a_y b_z - a_z b_y \\ a_z b_x - a_x b_z \\ a_x b_y - a_y b_x \end{bmatrix}$$

Derivering av trigonometriske utrykk:

$$\sin(x)' = \cos(x)$$

$$\cos(x)' = -\sin(x)$$