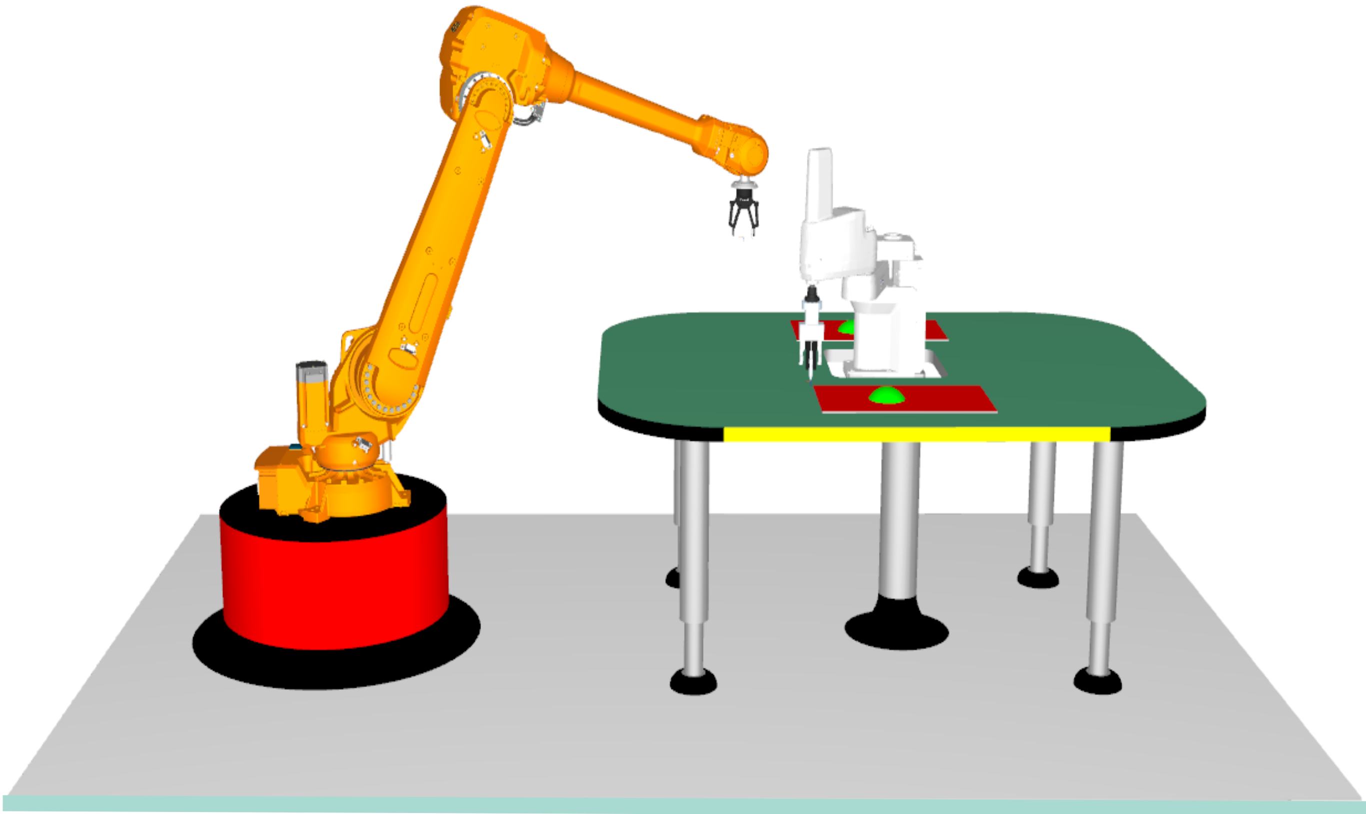
Høgskolen i Østfold

2019



Anvendt Robotteknikk Konte Sommer 2019 - FASIT

EKSAMEN

HARIS JASAREVIC

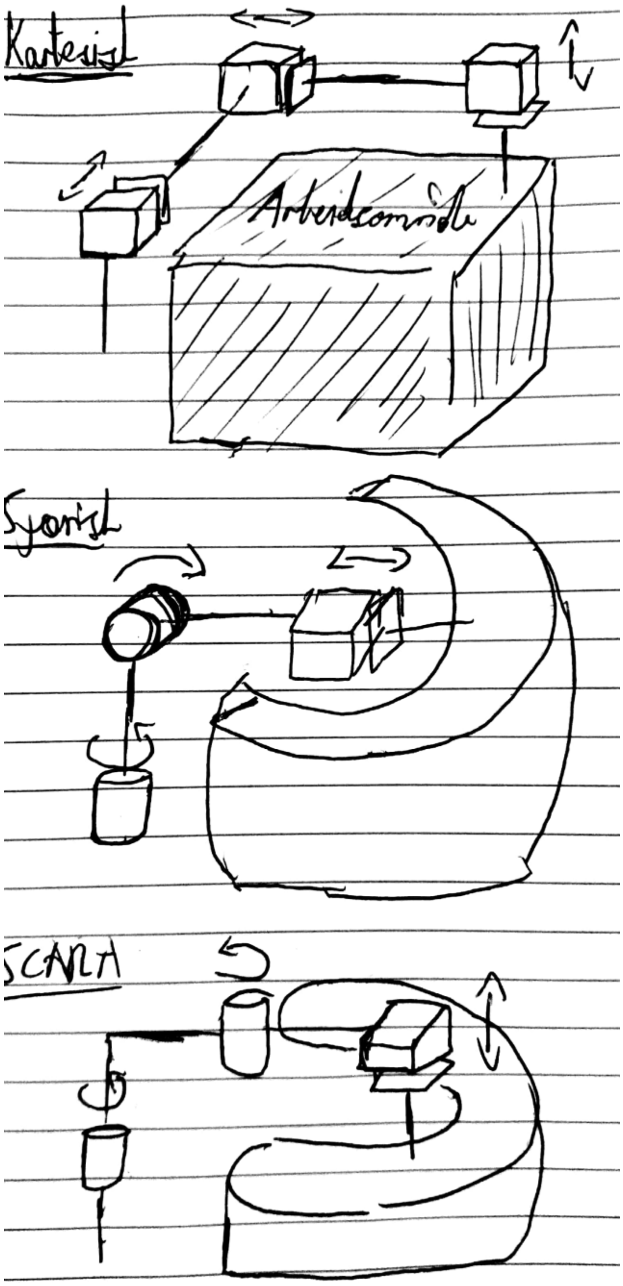
Innhold

Oppgaver ... 2
Oppgave 1 ... 2
Oppgave 2 ... 3
Oppgave 3 ... 3
Oppgave 4 ... 3
Oppgave 5 ... 3
Oppgave 6 ... 4
Oppgave 7 ... 4
Oppgave 8 ... 4
Oppgave 9 ... 5
Oppgave 10 ... 5
Oppgave 11 ... 6
Appendiks ... 7
Appendiks 1 ... 7
Appendiks 2 ... 7
Appendiks 3 ... 8

Oppgaver

Oppgave 1

1. Kartesisk robot. Består av 3 prismatiske ledd, PPP.
2. Sfærisk robot. Består av 2 roterende og 1 prismatisk ledd, RRP.
3. SCARA robot, Består av 2 roterende og 1 prismatisk ledd, RRP.



Figur 1

Oppgave 2

En robot med flere enn 6 frihetsgrader regnes på som en kinemtaisk redudant robot. Eksempel seriell robot med 7 ledd for å kunne nå rundt hjørner eller lignende.

Oppgave 3

Matematisk rekkefølgen av rotasjonsmatriser multiplisert med hverandre er ikke kommutativ. Det vil si at et sett med unike rotasjoner rotert i forskjellig rekkefølge vil kunne gi forskjellige svar.

Rundt en ufiksert ramme roteres et objekt hele tiden rundt den nye rammen som ble dannet av den forrige rotasjonen. Rundt en fiksert ramme roteres et objekt rundt den fikserte rammen. Matematisk ganger man alle rotasjoner etter hverandre rundt en ufiksert ramme. Det samme gjøres på en fiksert ramme, bare at hele rekkefølgen er reversert. Dette kan bevises matematisk ved hjelp av «Similarity Transformation».

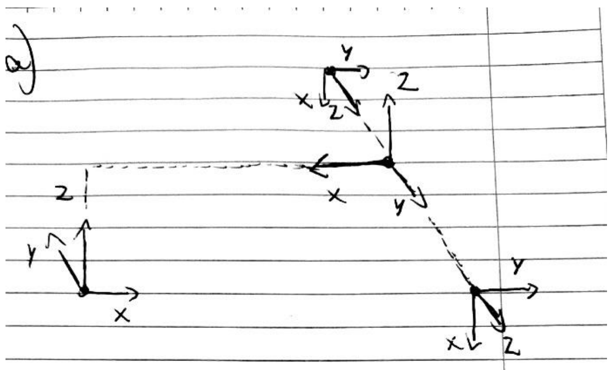
Oppgave 4

Riktig svar er:

$$R_{\theta,y}R_{\alpha,z}R_{\psi,x}R_{\phi,z}$$

Oppgave 5

a)



b)

$$H_1^0 = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 2300 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 500 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad H_2^1 = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -600 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$H_3^1 = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 600 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad H_2^0 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 2300 \\ 0 & 0 & -1 & -600 \\ -1 & 0 & 0 & 500 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

c)

$$H_3^1 = (H_1^0)^T \cdot H_3^0 = \underline{H_0^1 \cdot H_3^0}$$

Figur 2

Oppgave 6

Roboten har 3 frihetsgrader. Dette er en sylindrisk robot som består av et roterende og 2 prismatiske ledd. RPP.

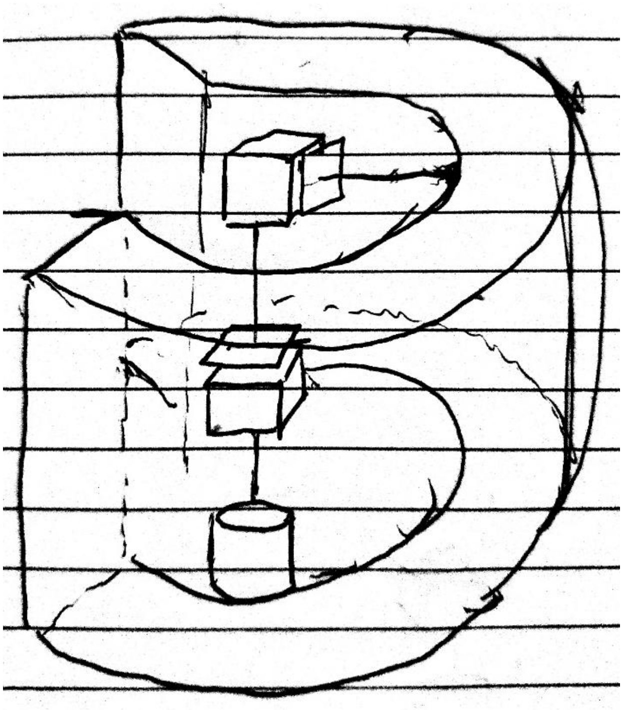
Oppgave 7

Tabellen blir som følgende:

Ledd	a	α	d	θ
1	0	0	100	θ_1
2	0	-90	d_2	0
3	0	0	d_3	0

Oppgave 8

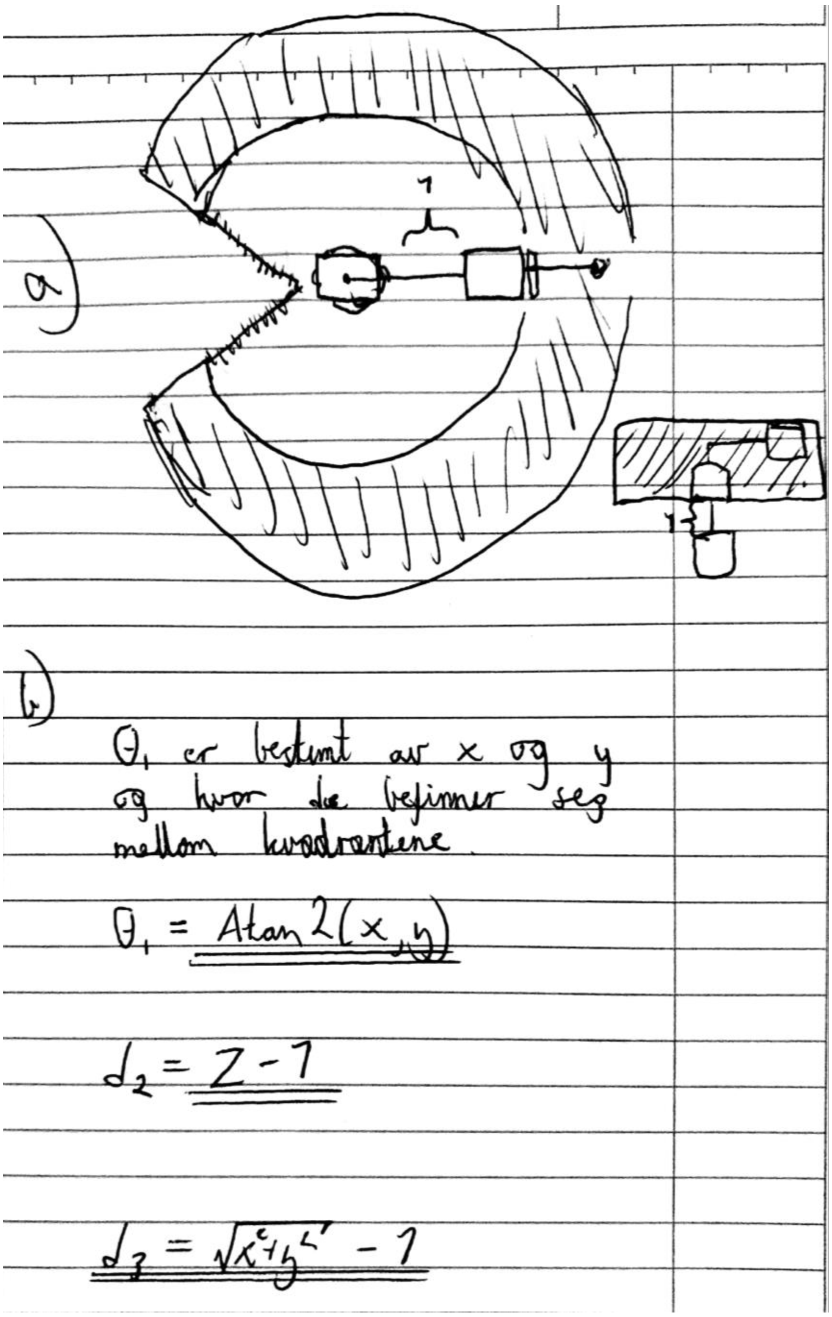
a) Løsningen er triviell. Det finnes bare 1 konfigurasjon roboten kan ha på hvert punkt med gjeldende kinematiske oppsett.
b) Ingen flere konfigurasjoner.
c)



Figur 3

d) Roboten har 4 frihetsgrader, og har nå 2 ulike konfigurasjoner på hvert punkt. Dette er på grunn av det roterende leddet ved enden som går over 180 og under -180 grader.

Oppgave 9



Figur 4

Oppgave 10

Når roboten når et område den enten fysisk eller matematisk ikke kan nå, vil den miste en eller flere frihetsgrader. Matematisk mister Jacobian matrisen rank, som beskriver hvor mange lineært uavhengige kolonner matrisen har. Rank av matrisen er avhengig av dens gjeldende konfigurasjon. Slike tilfeller kalles for singulariteter eller singulære-konfigurasjoner.

Oppgave 11

Fra T_3^0 matrisen har vi at

$$O_n = \begin{bmatrix} -s_1 d_3 \\ c_1 d_3 \\ d_1 + d_2 \end{bmatrix} \qquad Z_2 = \begin{bmatrix} -s_1 \\ c_1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Dette er fordi at Z_2 og Z_3 endrer retning

$$Z_0 \times O_3 \Rightarrow \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -s_1 d_3 \\ c_1 d_3 \\ d_1 + d_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1 d_3 \\ -s_1 d_3 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$J_{v_1} = \begin{bmatrix} c_1 d_3 \\ -s_1 d_3 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad J_{v_2} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad J_{v_3} = \begin{bmatrix} -s_1 \\ c_1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$J_{w_1} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad J_{w_2} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad J_{w_3} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

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

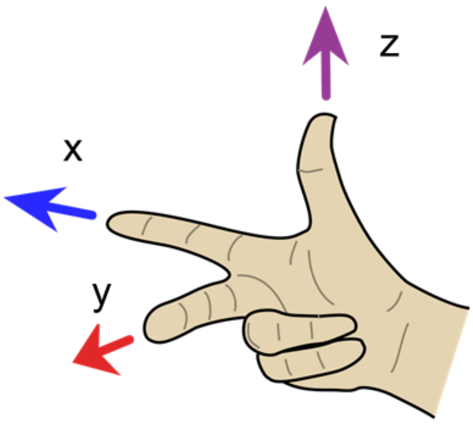
Figur 5

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 mellom 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:

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

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 $J_v = [J_{v_1} \dots J_{v_n}]$, 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 $J_\omega = [J_{\omega_1} \dots J_{\omega_n}]$ 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:

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

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

Høgskolen i Østfold

SENSORVEILEDNING

Emnekode:	ITD37018
Emnenavn:	Anvendt robotteknikk
Eksamensform:	Digital + papir
Dato:	05.06.2019
Faglærer(e):	Emneansvarlig: Haris Jasarevic
Eventuelt:	

Del 1 Digital Eksamen

Oppgavene er splittet opp i 5 poengkategorier. 3, 5, 8, 10 og 12. Enkle teoretiske eller matematiske oppgaver får 3 eller 5 poeng, vanskelige teoretiske oppgaver får 8 poeng, tyngre matematiske eller tegningsoppgaver får 10 poeng, mens større oppgaver basert på grunnleggende robotposisjonering får 12-poeng. 12 eller 10-poengsoppgaver kan også bestå av deloppgaver, hvor hver deloppgave kan bli vektet ulikt basert på vanskelighetsgrad. Til sammen kan en student oppnå 81 poeng.

Det er sensors ansvar å bestemme hvilken poengsum oppgavesvaret fortjener basert på hvor tilfredsstillende den er løst. Dette kan også være en del av diskusjonen mellom sensorene.

Prosentsatsen beskrevet i tabellen under brukes som hjelp til å sette karakteren, ettersom hver oppgave gir en poengsum.

Karakter	**Prosent-Område**
F	0-38 %
E	39-49 %
D	50-59 %
C	60-78 %
B	79-89 %
A	90-100 %

Disse grensene er veiledende, men nøyaktige grenser settes mellom sensorene etter utførelse av retting basert på vanskelighetsgraden til oppgavesettet. Som regel er eksamen satt «as-is», ettersom oppgavene faller innenfor det studentene har gjennomgått.

Under er en veiledende beskrivelse av hva som kreves av studenten for hver oppgave. Sensoren kan fravike fra følgende beskrivelse, dersom noe faller urimelig. Diskusjoner mellom sensorene etter eksamen vil være avgjørende.

Del 1 Oppgaver

1. Studentene har vært introdusert til forskjellige type serielle roboter. Selv om dem ikke klarer å gjette riktig navn, skal de kunne klare å sette sammen 3 forskjellige kombinasjoner. 8 poeng.

2. Studentene har vært forklart hva en redundant robot er og mulige arbeidsområder. 3 poeng.

3. Elementærkunnskap innenfor robot posisjonering som studentene har jobbet hyppig. 5 poeng.

4. Enkel rotasjonsoppgave. 3 poeng.

5. En større oppgave. Studentene har jobbet med posisjonering av roboter og flytting av koordinatsystemer gjennom alle lab-er. 12 poeng gis til hele oppgaven. Del a) gir 5 poeng, del b) gir 5 poeng og c) gir 2 poeng.

6. Studentene skal vite hva DOF er, og hvilken type ledd og symbolikk for ledd brukes i tegningen. 5 poeng for alt riktig.

7. Tester studentenes forståelse av DH som de skal ha gjort på lab og fått presentert i timen. 10 poeng.

8. Lengre oppgave, men med relativt enkle spørsmål. Elvene har laget egen geometrisk IK algoritme i labben for en 6-akset robot. For en 3-akset sylindrisk robot robot er IK-en mye enklere. 10 poeng, 2,5 per deloppgave.

9. Studentene har blitt vist geometrisk inverse kinematikk i timen og utført det i lab på en vanskeligere 6-akset robot. Geometrisk inverse kinematikk på en 3-akset sylindrisk robot er vesentlig enklere. 10 poeng.

10. Studentene har fått presentert Jacobian og enklere singulariteter i timen, og fått leseliste + jacobian på prøveeksamen. Dette kom nærmere slutten av undervisningen og starten på prosjektoppgave. Studentene skal allikevel forstå hva som skjer med robot Jacobian matrisen når roboten mister frihetsgrader og gi eksempler til dette på en robot. 5 poeng.

11. Lignende kommentar sånn som 10. 10 poeng.

Del 2 Prosjekt

Andre halvparten av faget har bestått av gruppeprosjekt. Studentene har hatt muligheten til å velge enten en oppgave fra industrien, eller fra Høgskolen i Østfold. Det har ikke vært lang tid til å utføre oppgaven, men studentene skal likevel ha jobbet gjevt og trygt. Det er ikke krav om et resultat, men en grundig beskrivelse på måloppnåelse og konklusjon samt refleksjon.

Avhengig av oppgaven skal studentene ha brukt elementer fra undervisningen i prosjektet. Mengden varier fra type oppgave og begrunnelse fra studenter. Sensor bestemmer uansett hvordan rapporten vurderes, men bør ta hensyn til studentenes refleksjonsnotat og møtenotater fra veileder.

Karaktersetting

Karakteren settes på bakgrunn av karakteren satt på eksamen og prosjekt. Det blir gitt individuell karakter, og det er opp til sensorene hvordan dette gjøres.