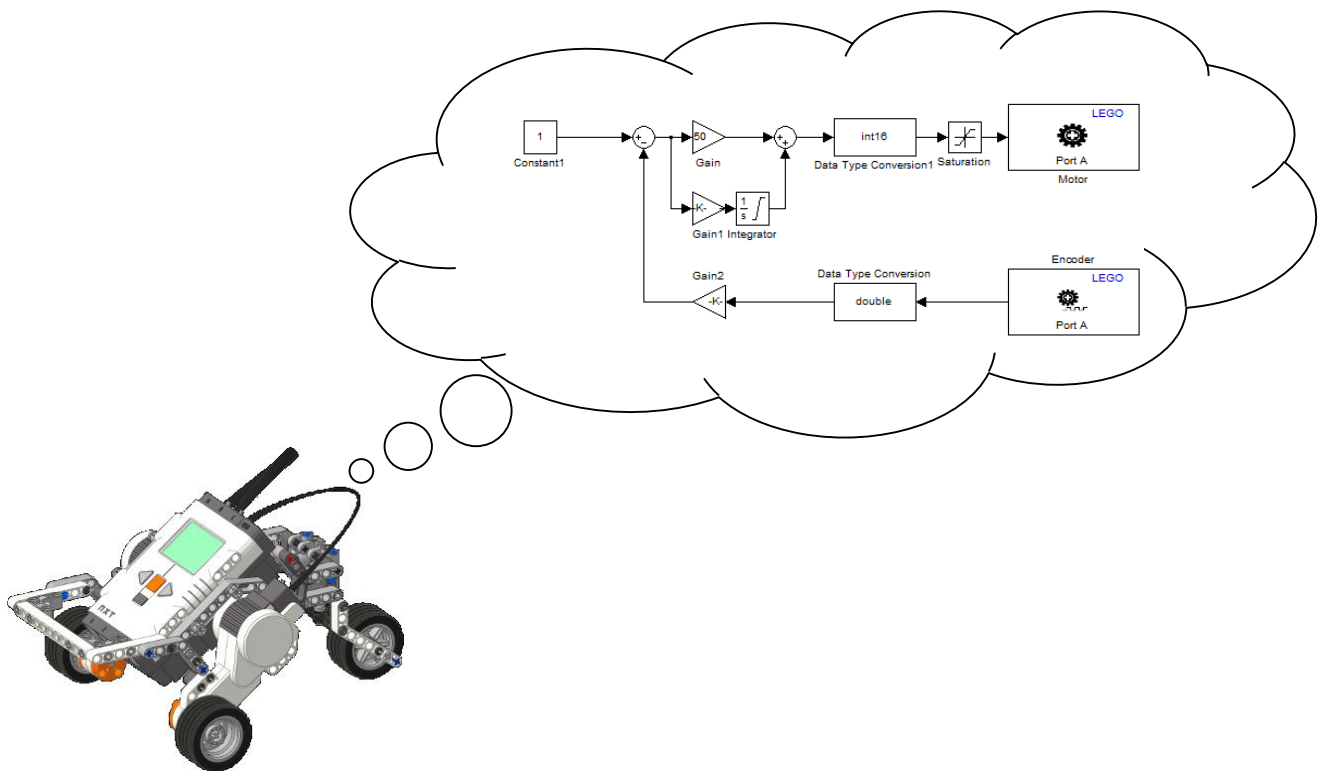


Prosjektoppgave

Teknostart

Selvnavigerende robot

LEGO Mindstorms + MATLAB/Simulink



NTNU

Institutt for teknisk kybernetikk

August 2015

Versjon 2.2

INNHold

INTRODUKSJON	3
Bakgrunn	3
Generelt om oppgaven.....	3
Verktøy	4
Beskrivelse av oppgaven	6
Installasjon av MATLAB/Simulink og LEGO toolbox	8

INTRODUKSJON

Bakgrunn

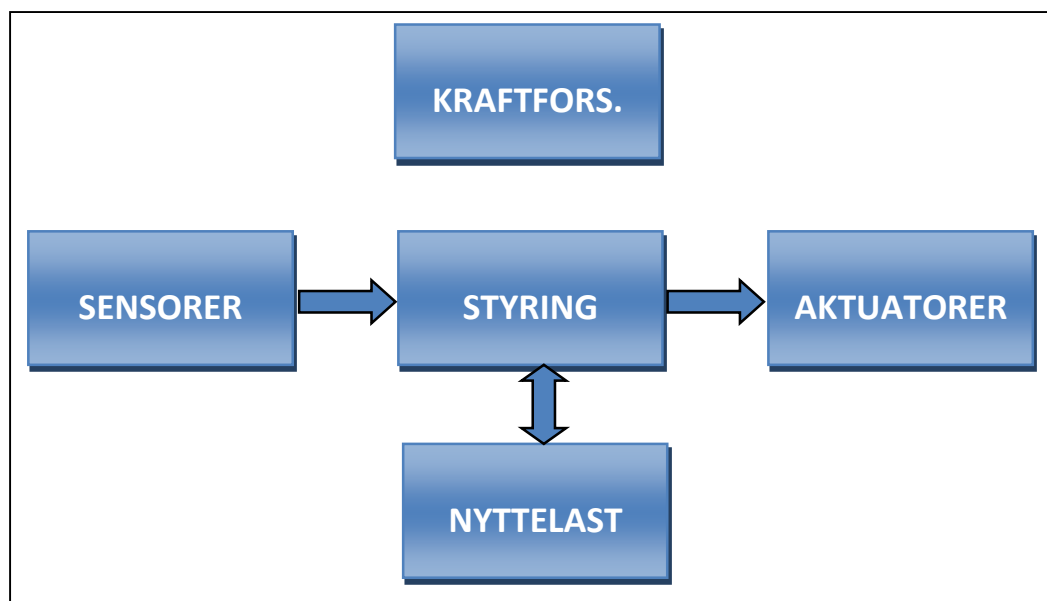
Dette prosjektet har som formål å gi en liten forsmak på problemstillinger og problemløsning i fagfeltet kybernetikk og robotikk; nettopp det DU har valgt å studere. I tillegg håper vi å illustrere litt av matematikkens viktige rolle i teknisk problemløsning. Matematikk er en del av grunnmuren i vårt fagområde, og representerer et uunnværlig verktøy for kybernetikere bl.a. i forbindelse med analyse av oppførselen til dynamiske systemer og utvikling av reguleringsystemer som skal styre disse. Håpet er at prosjektet kan gi en forsmak på det som kommer senere i studiet, og at det vil stimulere til innsats i matematikkfagene og realfagene generelt nå i studiets første del.

Generelt om oppgaven

Utvikling av selvstyrte (autonome) farkoster, eller roboter, som kan ta seg frem i mer eller mindre ukjent terreng på en intelligent måte er et av de mange interessante områdene en kybernetiker kan jobbe med. Kanskje det mest spektakulære eksempelet på slike farkoster er de såkalte marsroverene som kjører rundt på overflaten til planeten mars og foretar unike vitenskapelige undersøkelser (<http://marsrovers.jpl.nasa.gov/>).

Litt forenklet består slike roboter av fem forskjellige delsystemer, som sammen med robotens mekaniske komponenter gjør det mulig for roboten å gjennomføre oppdraget sitt:

- Sensorer – gir roboten informasjon om tilstanden til omgivelsene
- Aktuatorer – gjør det mulig for roboten å bevege seg i ønsket retning og på ønsket måte (eks. motorer som driver hjul, belter eller bein)
- Styring – innbygget datasystem som sammen med spesialutviklet programvare er ansvarlig for å styre aktuatorene og nyttelasten i henhold til informasjonen fra sensorene og robotens forutbestemte oppdrag
- Kraftforsyning – gir energi til å drive roboten og alle dens funksjoner
- Nyttelast – instrumenter som roboten bringer med seg for å kunne gjennomføre oppdraget sitt



Figur 1. Fem delsystemer i en robot og hvordan de henger sammen

Denne prosjektoppgaven går nettopp ut på å utvikle en slik autonom farkost, dog noe mindre kompleks enn marsroverene!

En digital kopi av denne teksten ligger også på nettsidene til teknostart:

<http://www.ntnu.no/studier/teknostart/kybernetikk-og-robotikk>

Verktøy

For å utvikle roboten skal vi benytte to verktøy:

- MATLAB/Simulink versjon R2015a
- LEGO Mindstorms NXT plugin til ovennevnte

LEGO Mindstorms NXT 2.0

Dette leketøyskonseptet fra LEGO er kanskje kjent for noen gjennom tidligere prosjekter på skolen (f.eks. FIRST LEGO League). Mindstorms-settene består av en mengde byggeklosser og mekaniske komponenter, samt:

- tre stk. motorer med trinnløst pådrag og innebygget enkoder (sensor for måling av motorens rotasjonsvinkel)
- sensorer for måling av lys, farge, avstand (sonar), retning (gyroskop, magnetisk kompass), berøring og lydnivå
- en liten programmerbar datamaskin (NXT brick) som kan lese sensorene og styre motorene etter ditt ønske, og utgjør selve hjernen i systemet



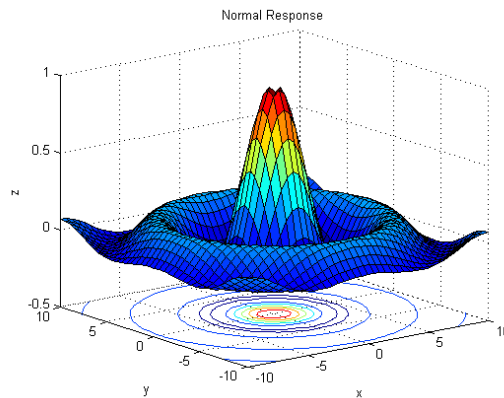
Figur 2. LEGO Mindstorms NXT brick med motorer og sensorer tilkoblet.

Til sammen utgjør dette en meget anvendelig plattform for prototyping av autonome farkoster og maskiner av forskjellige slag, og ikke minst til læring av viktige konsepter innen kybernetikk. For en nærmere beskrivelse og innføring i LEGO Mindstorms vises det til <http://mindstorms.lego.com>.

MATLAB/Simulink

MATLAB er en svært omfattende programvarepakke for numeriske beregninger, analyse, simulering, algoritmeutvikling og visualisering fra MathWorks. For kybernetikere og andre ingeniørdisipliner er kanskje dette *den viktigste og mest brukte profesjonelle programvaren for tekniske beregninger*. I løpet av studiet vil du stifte nærmere bekjentskap med MATLAB i flere emner, så denne programvarepakken er både viktig og nyttig å bli kjent med først som sist. Prosjektets første del går

nettopp ut på å installere MATLAB på laptopen til en eller flere av gruppemedlemmene, og deretter sette seg litt inn i mulighetene denne programvarepakken tilbyr.



Figur 3. MATLAB-"hatten".

I dette prosjektet vil du sannsynligvis møte MATLAB for første gang, og det er lett å bli overveldet av alle mulighetene og funksjonene som finnes. Vi skal imidlertid i denne omgang bare bruke en mindre del av det hele, et drag-and-drop grafisk programmeringsspråk kalt Simulink. Dette gjør det mulig å spesifisere oppførselen til et system ved å tegne opp bokser (funksjoner) og piler (signal) mellom dem, som til sammen vil utgjøre et diagram. I Simulink-terminologi kalles et slikt diagram for en modell (eng. *model*), og det er i praksis et datamaskinprogram.

En av de mange mulighetene i Simulink er å overføre modeller til LEGO NXT brick'en, slik at vi kan bruke Simulink til å programmere oppførselen til roboten vår. Vi kan dermed benytte den meget omfattende MATLAB/Simulink-pakken til å utvikle mye mer avanserte styreprogrammer for LEGO-roboten enn det som er praktisk mulig med programmeringsverktøyet som følger med Mindstorms-settet.

For en nærmere innføring i Simulink og bruk av Simulink til programmering av LEGO NXT, se instruksjonene lenger nede i dette dokumentet og eksempler i eget dokument. Ellers vises det til:

- <http://www.mathworks.se/products/simulink/>
- <http://www.mathworks.se/academia/lego-mindstorms-nxt-software/>
- og en hel mengde tutorials, videoer og andre ressurser du kan finne på internett om temaet

BESKRIVELSE AV OPPGAVEN

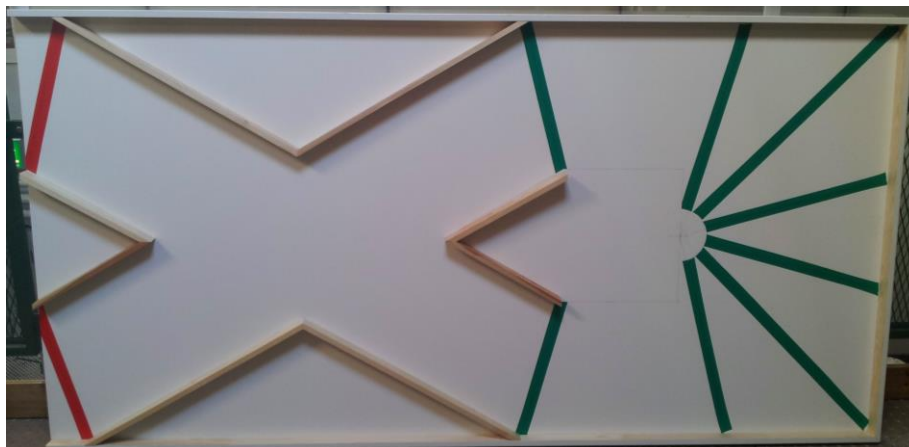
I denne oppgaven skal dere **bygge og programmere en LEGO-robot som skal følge en gitt bane** (En del av banen er vist i figur 4). Styringen av roboten skal være helt autonom – den skal ikke fjernstyres av en person, men selv bestemme i hvilken retning og på hvilken måte den skal bevege seg, basert på informasjon den får fra sensorene underveis.

Roboten skal realiseres ved hjelp at et LEGO Mindstorms-sett som deles ut til hver gruppe, samt programvaren MATLAB/Simulink som installeres på gruppemedlemmenes egne laptop'er. Akkurat hvordan dere vil bygge og programmere roboten er opp til dere, men det er anbefalt å bruke gyroskop-sensoren for å realisere en autopilot som holder kursen, og benytte seg av fargekodingen i banens svinger for å klare disse. Manuell styring over Bluetooth er ikke tillatt, ellers oppfordrer vi til å la kreativiteten råde!

Opgaven kan grovt sett deles inn i følgende faser:

1. Installasjon av MATLAB/Simulink og LEGO toolbox på en eller flere av gruppens laptop'er
 - **NB: Personlig NTNU brukerkonto (stud.ntnu.no) må være opprettet før installasjonen kan fullføres** (se <https://bas.ntnu.no/activation/>)
 - Læringsassistentene har installasjons-USB-pinner til utlån på grupperommene
 - Programvaren kan også installeres over nettet fra NTNUs filtjener (progdist.ntnu.no), men dette anbefales bare som en nødløsning pga. de store datamengdene som må overføres
 - Se informasjon lenger ned i dette dokumentet for instruksjoner og tips
2. Sette seg inn i og eksperimentere med MATLAB/Simulink-programvaren og LEGO Mindstorms-settene
 - Det er viktig at dere bruker tid på å få oversikt over og sette dere inn i mulighetene til utstyret som skal benyttes i oppgaven
 - Bruk informasjonen du finner lenger ned i dette dokumentet og i eksempelheftet dere har fått utdelt, samt mengder av informasjon og ressurser på internett til å lære deg å lage enkle Simulink-modeller som kan lastes ned til LEGO NXT
3. Planlegge, bygge og programmere autonom robot for kjøring av bane
 - En del av banen dere skal kjøre er vist i figur 4
 - Utfordringen er å holde seg innenfor banens grenser og kjøre den på kortest mulig tid
 - Informasjonen som roboten skal forholde seg til er et gitt startpunkt og at rød strek i banen indikerer sving 30° til venstre, grønn strek 30° til høyre
4. Konkurranse!
 - Siste dagen (fredag uke 34) arrangeres det konkurranse der gruppene skal konkurrere om å kjøre gjennom banen på kortest mulig tid. Banen blir plassert ut i starten av uke 34, i 2. etasje i glassgården, utenfor sanntidslaben. (Opp trappen

utenfor EL21 og EL5).



Figur 4 En del av banen som skal navigeres

- Det blir en underkonkurranse for beste / mest kreative design.
 - Den raskeste gruppen vinner et gavekort på pizza 😊
 - Dere kan rette på robotens kurs under konkurransen, men antall korreksjoner blir skrevet ned. Det er bedre med en helt autonom robot som bruker litt tid, enn en rask robot som må korrigeres underveis.
 - Hver gruppe får totalt 5 minutter på banen, og kan gjøre så mange forsøk de klarer innen det tidsrommet. Beste løp står :)
5. Opprydding og innlevering av utstyr
- Roboten skal demonteres før innlevering
 - Teknostart-prosjektet inngår som obligatorisk øving i ex.fak.-emnet. **For at medlemmene i gruppen skal å få denne godkjent, må utstyret innleveres i intakt og ferdig sortert og ryddet i de medfølgende boksene**
 - Utstyret innleveres til og kontrolleres av studass

INSTALLASJON AV MATLAB/SIMULINK OG LEGO TOOLBOX

Samtidig som dere installerer programvaren sett NXT'en på ladning hvis settet har blitt udelt. Ellers setter dere på ladning med en gang dere får settet.

Steg 1:

I følge Mathworks kjører LEGO Mindstorms pakken kun på Windows, men installasjon på OS X har fungert i det siste. OS X brukere må laste ned OS X versjonen av MATLAB/Simulink fra <https://www.progdist.ntnu.no/>. De som bruker Linux må gjerne også installere MATLAB fra progdist, men får dog ikke programmert mot LEGO roboten. Et alternativ er å installere Windows på en virtuell maskin i operativsystemet ditt. Det er flere måter å gjøre dette på, en av dem er forklart i denne youtube-filmen: <http://youtu.be/-TCgmY3kkC4>. Det er overraskende enkelt, og lurt å gjøre først som sist, ettersom enkelte fag senere i studiet bruker programvare beregnet på Windows. Det kan på en annen side ta litt tid så hvis noen andre i gruppen sitter på en Windows-maskin er det lurt å installere programvaren på denne først. Windows-lisenser deles forøvrig ut over en lav sko på Gurutjenesten. For å få tilgang til disse lisensene må du være registrert og ha gyldig semesterkort. Deretter kan man gå bort til gurutjenesten (<http://drift.idi.ntnu.no/guru/>) og få tilgang. Når du har installert Windows på maskinen din, er det bare å følge guiden videre fra Steg 2.

Merk at support for LEGO Mindstorms kan være begrenset på OS X, studassene har erfaring på Windows, samt at denne guiden er også rettet mot Windows.

Før dere begynner må dere også ha aktivert @stud.ntnu.no brukerkonto (se <https://bas.ntnu.no/activation/>). Dette bekrefter at dere er NTNU-student, noe MATLAB-lisensen krever. Resten av guiden er dermed for å installere MATLAB/Simulink og LEGO Toolbox i Windows.

Steg 2:

Installer MATLAB/Simulink versjon R2015a:

- **Kopier** alle filene fra minnepinnen til din PC.
- Åpne installasjonsfilen "setup.exe". Velg "Install using the Internet".
- Aksepter License Agreement og velg deretter "I need to create an Account...".
- Fyll ut informasjonen de spør om (bruk @stud.ntnu.no-mailet din), og bruk aktiveringsnøkkelen 47557-40831-28579-49198-02813 dersom de spør etter den.
- Hvis de spør om du vil se etter produktoppdateringer, velg nei.
- Under installasjonen får du valget mellom typical og custom. Velg custom her. I utgangspunktet trengs ikke noe annet enn MATLAB, Simulink, "Control systems toolbox" og "DSP system toolbox". Hvis dere har plass anbefales det sterkt å installere alle toolboxene, da dette gir mye mer funksjonalitet og flere måter å løse oppgaven på.
- Installer programvaren på minimum en av gruppens laptop
- Etter at programvaren er installert, vil den kanskje be om at dere aktiverer den. Isåfall brukes samme aktiveringsnøkkel: 47557-40831-28579-49198-02813.

Steg 3:

Installer ekstra LEGO toolbox

- Start MATLAB som administrator og skriv «supportPackageInstaller» i MATLABs kommandovindu (det store hvite i midten). Velg å installere fra internett, trykk «Next»
- Velg «LEGO MINDSTROMS NXT», trykk «Next»
- Hvis du blir bedt om å logge inn, logg inn med din nye Mathworks-konto
- Nå vises en liste over programmene den kommer til å installere. Når dere er ferdig med å lese lisensene, går dere videre og trykker på «Install».
- Dette tar noen minutter. Får dere feil under Installasjonen, utfør steg 3 igjen. Hvis MATLAB mister kontakten med serveren kan installasjonen bli avbrutt. Hvis dette ikke fungerer, ta kontakt med en studass.
- Trykk «Continue» etter at installasjonen er ferdig.
- Skru på NXT brikken og koble den til Pcen via USB. Windows vil nå installere driveren. Dette kan ta noen minutter.
- Velg «LEGO MINDSTORMS NXT» i «Target» og trykk «Next». OBS: pass på at NXTen er koblet til datamaskinen og at den er på.
- Hvis dere har lyst til å kalle NXTen noe annet, skriver dere det i «Name your LEGO MINDSTORMS NXT:»-feltet før dere trykker «Update».
- Nå oppdaterer den firmwaren på NXTen - vent til den blir ferdig!
- Sørg for at «Launch target demos» ikke er merket og trykk «Finish»

Du er nå klar for å lage modeller i Simulink og kjøre dem på LEGO NXTen, så nå er det bare å bygge og programmere alt dere orker!

Vennligst ikke bland/lån deler mellom LEGO settene annet enn for å teste om ting fungerer. Vi er avhengig av at alle settene er komplette.

Lykke til!