

## Forord

Som et ledd i ingeniørutdanningen ved HIN har vi gjennomført et hovedprosjekt som teller 18 studiepoeng, og dette hovedprosjektet markerer avslutningen på et treårig studium. Dette er ment som en anledning til å kunne fordype seg i relevante fag og problemstillinger. Det gir også studentene erfaring med å jobbe med større prosjekter i en gruppe.

Vår gruppe ble dannet etter en presentasjon av mulige hovedoppgaver ved HIN høsten 2003 der alle medlemmene av gruppen fattet interesse for dette prosjektet. Vi mente at dette kunne bli et interessant prosjekt som kunne gi oss mulighet for å bruke mye av det vi hadde lært frem til nå samt å tilegne oss ny kunnskap inne flere områder (programmering, modellering og dokumentasjon).

Oppdragsgivere har vært Kongsberg Defence & Aerospace og oppgaven har i korte trekk gått ut på å utvikle en prototyp for styringselektronikken (Solar Array Drive Electronic (SADE)) som skal inngå i produksjonen av et servosystem (Solar Array Drive Mechanism (SADM)) som skal styrer solcellepanelet på en satellitt slik at panelet får mest mulig lys.

Som veiledere har vi hatt Aage Skullestad fra Kongsberg Defence & Aerospace, og Per Johan Nicklasson fra Høgskolen i Narvik.

Vi ønsker å takke veiledere og lab- personale for god hjelp underveis i prosjektet.

Narvik 07.06.04

---

Arnfinn Berg

---

Kenneth Romsdal

---

Kent Kristensen

---

Jimmy Hang

## Sammendrag

Hovedoppgaven dokumentert i denne rapporten er gitt av Kongsberg Defence & Aerospace og inneholder et forslag til konstruksjon av en prototyp for styringselektronikken (Solar Array Drive Electronic (SADE)) som skal inngå i produksjon av et servosystem (Solar Array Drive Mechanism (SADM)) som skal styrer solcellepanelet på en satellitt slik at panelet får mest mulig lys.

En SADE er en krets som er ment for nøyaktig styring av solcellepanelene på en satellitt. Styringen av motoren er realisert ved hjelp av en FPGA-Field Programmable Gate Array-krets. Den primære oppgaven har vært å finne effektive algoritmer for styring av steppermotoren. I tillegg har vi lagt vekt på å konstruere driverelektronikk ved hjelp av programmerbar logikk (FPGA)

I tillegg har vi konstruert en analog kraftelektronikkdel for å drive motor og driverelektronikk. Denne er realisert ved hjelp av kommersielle komponenter.

Oppgaven går ut på å studere/simulere metoder for styring av motoren, samt bygging og utprøving av tilhørende elektronikk.

Rapporten inneholder en vurdering og teoretisk utgreining av forskjellige steppermotorer og valg av dette. Motorer som skal brukes i rommet må være konstruert for dette formålet. En steppermotor er en motor som roterer i steg, og egner seg godt til posisjonering.

I henhold til det faktumet at produktet som vi har utviklet, er ment for bruk i verdensrommet, er det tatt hensyn til strålingsmiljøet i verdensrommet og effektene denne strålingen har på komponenter i geostasjonær bane. I geostasjonær bane kan vi finne stråling fra fire ulike miljøer: solvind/solutbrudd, galaktisk kosmisk stråling, termisk solstråling og strålingsbeltene. Disse miljøene inneholder både elektromagnetisk stråling og partikkelstråling. Disse strålingskildene er i høyeste grad med på å påvirke elektronikken i romfartøy, og skaper Single Event Effekter, total ionisasjonsdose effekter, displacement damage og prompt dose effekter.

Vi har laget algoritmer i Matlab for styring av motoren, disse vi igjen har simulert og testet opp mot matematiske modeller laget i Simulink.

Når det kommer til programmering av programmerbar logikk kom vi ikke helt i mål. Regulering av hastighet er ikke helt ferdig. Simulering av programmet ser ellers ut til å stemme. Dessverre viser det seg å være et problem med programmering av kretsen. Årsaker kan være feil valg av krets, eller lite kjennskap til parameter ved utlegg til FPGAen.

## Summary

The thesis documented in this report is given by Kongsberg Defence & Aerospace and consists of a proposal of how to construct a prototype of a Solar Array Drive Electronics (SADE) which will constitute a part of a Solar Array Drive Mechanism (SADM). The SADM is a servo system that makes sure that the solar array gets as much sunlight as possible.

A SADE is a device meant for accurate control of the rotation of the solar array on a satellite. The device constructed in this project consists of a digital control unit made in a Field Programmable Gate Array (FPGA). The primary goal for this project has been to make effective algorithms for control of the stepper motor.

We have constructed an analogue power supply part which will drive the motor and the driver electronics. This part is realised with commercial parts.

We have studied and done a methodical simulating of the motor control, building and testing of the appurtenant electronics.

This report contains an assessment and a theoretical elaboration of different stepper motors and choice of the motor. Motors that can be used in space must have been constructed for this purpose. A stepper motor, which rotates in exact steps, is suitable for positioning systems.

Pursuant to the fact that the product we have developed is meant for use in outer space, we have considered the hostile radiation environment of space, and been looking at the influence of this radiation effects in geostationary (GEO) orbit. In GEO orbit we can find radiation from four different environments: solarwind/solarflares, galactic cosmic radiation, thermal radiation and the radiation belts. These environments consist of both electromagnetic and particle radiation, interacts with electronics and creates Single Event Effects, total ionization dose effects, displacement dose effects and prompt dose effects.

We have made different kinds of algorithms for control of the motor, and made algorithms for both 2 phase and 3 phase systems. These algorithms are tested with the mathematical models made in the Simulink program.

When it comes to the FPGA programming did we not reach our goals and we did not complete our objective. The velocity regulation procedure is not finished and tested completely. The simulation of the program beyond that seems to be correct.

Unfortunately it seems that it is a problem with programming the FPGA board. Reasons can be wrong choice of FPGA circuit, or perhaps too little knowledge when finding the right parameters when designing the FPGA.