| **DTU Elektro** | **Forår 2024** | **Gruppe**: 21. **ID**: SPACE1 |
| --- | --- | --- |
| **Kursus 34720** | **Titel:** Vector magnetometer using microprocessor | **Gruppemedlemmer:** |
| **Fagprojekt - Elektroteknologi** | Projektplan,  SPACE 1 | Gustav Junker - s224031  Sofus Hammelsø - s224039  Emil Møberg - s224008  Noel Pihl - s224003 |
| **Dokument:** | Projektplan | 5 side(r) |
| **Version/Status:** | Ver. 1 | |

Introduktion

Undersøgelser af andre himmellegemers magnetfelter (magnetosfære) er en vigtig del af kosmologien, idet det hjælper os til at forstå fremmede planeters og asteroiders historie på kosmologisk tidsskala. Et eksempel på sådanne undersøgelser, er missionen til asteroiden (16) Psyche, som blandt andet har til formål at bestemme asteroidens ophav vha. magnetometriske metoder. [1]

For at måle disse legemets magnetfelter sendes magnetometre med satellitter og/eller raketter af sted for at lave målinger på diverse legemer. Dog kan vi ikke bare benytte de største og bedste magnetometre, da hvert et gram tæller på en rummission pga. brændstofforbruget. Vi skal derfor finde et kompromis mellem størrelse og effektivitet, som giver mening at tage med. Til dette formål er Anisotropiske Magnetoresistive Magnetometer (AMR) et muligt element. Disse fungerer ved at en strøm sendes gennem et materiale som fungerer som en variabel modstand, hvor modstanden afhænger af vinklen imellem strømmens retning og magnetfeltets retning. [2] [3]

Da vi også ønsker at kunne bestemme retningen på magnetfeltet, skal der bruges flere sensorer, som hver især står vinkelret på hinanden. Derved ville man kunne sammenligne spændingerne over AMR elementerne, for at bestemme magnetfeltets retning. Da vi ønsker at bestemme både retning og styrke for magnetfeltet, er der tale om et vektor magnetometer, i modsætning til et skalar magnetometer, som kun bestemmer styrke.

Kravspecifikation

Hele systemet skal kunne:

* Måle retning og styrke af et magnetfelt med en præcision på ±25nT
* Måle tilt på indpakningen med en præcision på ±1o
* Passe ind i en cylindrisk indpakning med en indre radius på 3cm
* Måle med en sampling rate på 1 gang pr. minut
* Sende sine måleresultater trådløst

# Problemformulering

Der ønskes designet og implementeret et samlet målesystem til måling af svage magnetfelter på overfladen af fremmede himmellegemer. Systemet ønskes implementeret med en microcontroller af typen STM32 som CPU, og skal kunne måle et magnetfelts retning i 3 dimensioner og med en ønsket præcision. Dette system er en helt anden skala end f.eks. de større Gaussmetre og Teslametre som bruges til at måle stærkere magnetfelter i størrelsesordener af mT til adskillige T, hvor vi skal måle i størrelsesordener af microtesla. Dog er disse metre ikke brugbare til vores projekt, da vi både er begrænset af størrelse og vægt.

Dette projekt vil tage stilling til:

* Hvordan virker et anisotropisk magnetoresistive magnetometer?
* Hvordan designes et vektor-magnetometer vha. en eller flere AMR sensorer
* Hvilke komponenter skal bruges til kommunikation, accelerometre og ADC
* Hvordan måler man tilt vha. et accelerometer?
* Hvordan implementeres kommunikation mellem målesystem og ekstern modtager
* Hvordan mindskes energiforbruget, så vi kan benytte et mindre og lettere batteri
* Hvordan designes en PSU til et måleinstrument
* Hvilke begrænsninger medfører lav effekt og lille dimensionering af et måleinstrument
* Hvordan styres det komplette system fra en fælles CPU
* Hvordan kalibreres og testes måleinstrumentet

# Afgrænsning

Projektet vil afgrænse sig til programmering af microcontrolleren til at behandle signaler, samt design og fremstilling af udvalgte hardware inklusiv at interface hardware med microcontrolleren. Microcontrolleren bliver programmeret som en CPU for projektet som kun skal kunne modtage de målte signaler, behandle dem og kommunikere dem videre. Med henblik på tid og simpelhed vil der kun blive implementeret envejs-kommunikation, hvilket bliver at læse det målte magnetfelt, tilt og evt. rotation.

Det udvalgte hardware, som skal laves selv omhandler et AMR modul og et power supply unit (PSU). Resterende hardware som skal bruges til projektet vil blive købt.

# Løsningsmetode

Vores løsning på magnetometeret drejer sig omkring et STM32G431[4] microcontroller som hovedelement. Vi gør brug af denne microcontroller, da den er lille, og da vi ikke skal sample særlig ofte er den begrænsede regnekraft ikke en kritisk faktor. Som supplement gør vi brug af en strømforsyning, selve måleenheden, et accelerometer og en kommunikationsenhed.

Først indgår vi en “research and design”, hvor målet er at indskrænke og tage endelige beslutninger i forhold til løsningsmuligheder og valg af komponenter. Derudover indsamler vi også manglende viden om komponenter og områder. Det er blandt andet omhandlende power management, kommunikationssystemer og AMR. Når dette er gjort, kan vi gå i gang med at designe kredsløb, struktur af processer, kommunikation og signalkonvertering.

Målet med denne proces er et gennemført forarbejde, så vi senere i arbejdsprocessen nemmere kan tilgå vores opgaver og komme i gang med at implementere CPU’en, digitale dele og kredsløb.

Efter påskeferien begynder vi på prototyperne af de forskellige moduler, ud fra de designs vi har lavet inden påsken. I denne forbindelse implementeres AMR-sensoren, accelerometeret, PSU’en samt ADC’en[5,6]. Der tages udgangspunkt i kredsløbene som er designet inden påskeferien, men disse skal formentlig justeres for at fungere optimalt.

Derudover programmeres mikrocontrolleren med firmware til power management, læsning af målinger fra AMR-sensoren og accelerometeret og til kommunikationssystemet. I slutningen af denne periode designes et PCB ud fra prototyperne af de enkelte moduler, som bestilles hjem.

Til start i juni loddes PCB’et op, hvorefter hele systemet samles og testes, og eventuelle fejl rettes og forbedringer bliver implementeret.

# Tidsplan

Vi har udarbejdet et Gantt-diagram over tidsplanen, se bilag.

# Referenceliste

[1] B. P. Weiss *et al.*, “The Psyche Magnetometry Investigation,” *Space Science Reviews*, vol. 219, no. 3, Mar. 2023, doi: <https://doi.org/10.1007/s11214-023-00965-z>.

[2] A. Grosz, M. J. Haji-Sheikh, and S. C. Mukhopadhyay, High Sensitivity Magnetometers. Springer, 2016.

[3] Honeywell, “1- and 2-Axis Magnetic Sensors”, HMC1001/1002-HMC1021/1022 datasheet, apr. 2019

[4] STMicroelectronics, “Arm® Cortex®-M4 32-bit MCU+FPU, 170 MHz /213 DMIPS, up to 128 KB Flash, 32 KB SRAM, rich analog, math accelerator”, STM32G431x6-STM32G431x8-STM32G431xB datasheet, Oct. 2021

[5] A. Prakash, P. Tyagi, K. Kumar, Anurag, D. Kesh, Satya, “A Microcontroller-Based Compact Device for Measuring Weak Magnetic Fields”, *Ieee Sensors Journal,* vol. 23-13, pp. 14339-14345, 2023

[6] D. Novotny, V. Petrucha, M. Janosek, “A digitally compensated AMR magnetometer”, *Ieee Transactions and on Magnetics*, vol. 55-1, pp. 8506418, 2019

# Grøn dyst

Vi agter ikke at deltage i grøn dyst.