

Institutt for teknisk kybernetikk

Eksamensoppgave i TTK4125 Datastyring

Faglig kontakt under eksamen: Gorm Johansen

Tlf.: 922 28 551

Eksamensdato: 16. mai 2015

Eksamenstid (fra-til): 09:00-13:00

Hjelpemiddelkode/Tillatte hjelpemidler: C

- **Kernigan & Richie, The C programming language**
- **Fowler, UML Distilled, 3rd edition**
- **Typegodkjent kalkulator**

Annen informasjon:

Målform/språk: Bokmål

Antall sider (uten forside): 8

Antall sider vedlegg: 0

Kontrollert av:

Dato

Sign

Utgangspunkt for oppgavene

På denne siden beskrives et tenkt system som danner utgangspunkt for de følgende oppgavene. Detaljer om de relevante delene av systemet angis i de enkelte oppgavene, hensikten med denne teksten er å gi en oversikt over systemet.

Merk at det er en formelsamling på nest siste side.

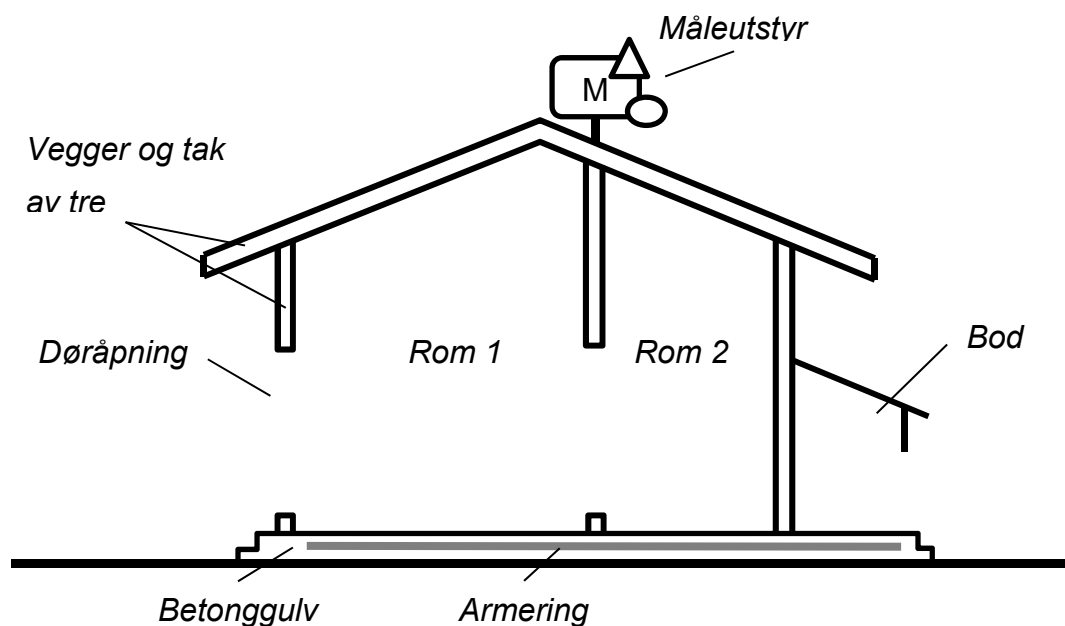
Meteorologene Gorm Storm og Øyvind Blaas skal etablere en automatisert målestasjon langt til fjells, og du er innleid som fagekspert for å analysere og finne egnede løsninger på noen av de tekniske utfordringene. Målestasjonen skal samle inn værdata som skal danne grunnlag for værmeldinger og liknende.

Utrustningen består blant annet av diverse måleutstyr for nedbørsmengde, lufttrykk etc..

Måleutstyret er montert på taket, og skal koples til en datainnsamlingsenhet. Målesignalene skal derfra overføres til Meteorologisk Institutt via radiobølger.

Spenningsforsyningen til utstyret hentes normalt fra et solcelleanlegg (ikke inntegnet), men i perioder med lite sol og ved eventuell feil på solcelleanlegget startes automatisk et dieseldrevet strømaggregat som sørger for å opprettholde spenningsforsyningen. I fortsettelsen skal vi se bort fra solcelleanlegget, men se nærmere på strømaggregatet.

Anlegget skal installeres i ei hytte som har to rom samt en utvendig bod. Figur 1 viser en oversikt over anlegget.



Figur 1 Hytte for automatisert målestasjon.

Oppgave 1 **Elektromagnetisk kompatibilitet – EMC (16%)**

- a) For å sikre at målestasjonen virker som forutsatt, er det viktig å avstemme delsystemenes *emisjon* og *immunitet*. Forklar hva som ligger i disse to begrepene (én setning per begrep), og definér begrepene *emisjonsgrense*, *immunitetsgrense* og *kompatibilitetsmargin*.
- b) Navngi og forklar kort mekanismene bak de ulike koplingsveiene vi har for elektromagnetisk støyforplantning mellom systemer.

Figur 1 viser et tverrsnitt gjennom hytta og boden. Gulvet består av metallarmert betong, mens alle vegger og tak er av tre. Det er et krav at alt det tekniske utstyret skal stå under tak. Strømaggregatet forårsaker imidlertid en del elektromagnetisk støy, mens nøyaktigheten til det øvrige utstyret avhenger av et lavt støynivå. Vi må derfor ta forholdsregler for å sikre at støy fra aggregatet ikke forstyrrer resten av utstyret.

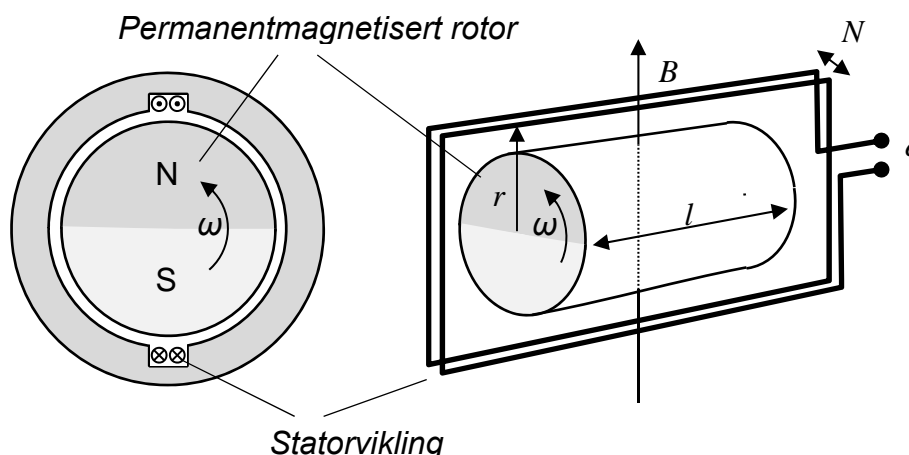
- c) Velg et passende antall soner, og tegn inn sonegrensene og eventuelle «forbudte soner» i Figur 6 på side 8.
Angi også i figuren hvor du vil plassere de ulike utstyrsenheterne (dette kan for eksempel angis ved å skrive bokstaven «S» for strømaggregatet og «D» for datainnsamlingsenheten på det aktuelle stedet, slik som måleutstyret på taket er markert med en «M» i figuren).
Gi en kort begrunnelse der du påpeker hva du oppnår med den valgte løsningen.
Side 8 rives fra oppgavesettet, merkes med kandidatnummer m.m. og leveres inn som en del av besvarelsen.

Tenk deg nå at løsningen på oppgave c) skulle vise seg å *ikke* gi tilstrekkelig elektromagnetisk kompatibilitet, men at du har tilgang til alt du trenger av relevant materiell for å bedre situasjonen ytterligere.

- d) Foreslå *ett* ytterligere tiltak som vil kunne bedre EMC-forholdene.

Oppgave 2 Elektromagnetisme (16%)

Strømaggregatet består av en dieselmotor som driver en énfaset synkrongenerator. Denne generatoren er i prinsippet det samme som en synkronmotor med en topolet permanentmagnetisert rotor og én vikling i stator som illustrert i Figur 2.



Figur 2 Synkrongenerator. Til venstre: tverrsnitt; til høyre: prinsippskisse i perspektiv (jernet i stator er her ikke tegnet inn).

Den magnetiske fluksen i luftgapet roterer sammen med rotoren. Flukstettheten har en maksimalverdi (ved rotorpolene) lik $B_{max} = 0,1 \text{ T}$, og varierer som en cosinus over rotorens omkrets slik at $B(\theta) = B_{max} \cos \theta$, der θ er vinkelen relativt rotorens nordpol. Statorviklingen har N tørn (Figur 2 viser tilfellet $N = 2$). Viklingen har svært liten utstrekning langs maskinens omkrets, slik at rotorens poler passerer forbi alle statorlederne på tilnærmet samme tidspunkt. Generatoren har radius $r = 0,05 \text{ m}$, lengde $l = 0,15 \text{ m}$, og roterer med vinkelhastigheten $\omega \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$. Symbolet $e \text{ [V]}$ representerer indusert spenning i statorviklingen.

- Finn et uttrykk for *amplituden* e_{max} til den induserte spenningen i én enkelt tørn (dvs. når $N = 1$).
- Anta at $N = 100$ og at vi ønsker å produsere en spenning med amplitude $e_{max} = 15 \text{ V}$. Vis at generatoren da må rotere med vinkelhastigheten $\omega = 100 \text{ rad/s}$.

Oppgave 3 Kraftforsyninger (20%)

Den 15 V sinusspenningen fra strømgeneratoren skal omformes til en 12 V likespenning som kan fungere som spenningsforsyning til den øvre utrustningen i målestasjonen.

- Skissér en kraftforsyning for dette formålet basert på en diodebro (fullbølgelikeretter), en glattekondensator og en spenningsregulator (serieregulator). Regulatoren kan tegnes som en enkelt komponent, du trenger ikke å vise dens indre kretsrealisering.
- Tegn i samme koordinatsystem følgende signaler som funksjoner av tiden:
 - likeretterbroens inngangssignal,
 - spenningen over glattekondensatoren og
 - lastspenningen (utgangen fra regulatoren)

Det er tilstrekkelig å vise signalene kvalitativt, korrekte tallverdier kreves ikke.

Generatoren roterer med vinkelhastigheten $\omega = 100 \text{ rad/s}$, som tilsvarer ca. 16 omdreininger per sekund. Dette betyr at den genererte spenningen har frekvensen $f = 16 \text{ Hz}$.

Anta nå at kraftforsyningen har en meget kraftig glattekondensator med kapasitansen $C = 10 \text{ mF}$ og at lasten trekker en konstant strøm på $i_L = 750 \text{ mA}$. Spenningsregulatorens eget strømforbruk antas å være neglisjerbart.

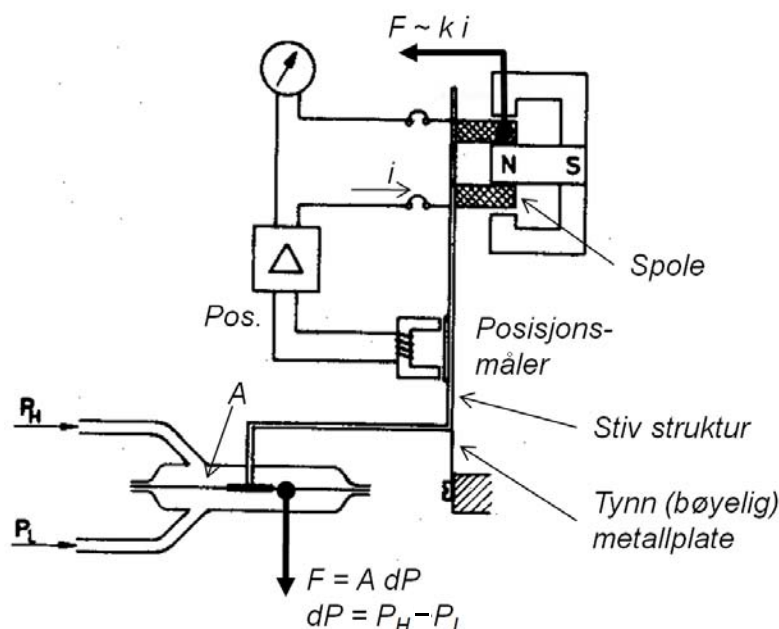
- c) Finn en tilnærmet *peak-to-peak*-verdi for spenningsrippelen som kan observeres over glattekondensatoren under de angitte forholdene.

Oppgave 4 Instrumentering (16%)

Værstasjonen skal måle lufttrykk, temperatur, vindretning og nedbørsmengde.

a) Trykkmåling

Forklar kort hvordan trykkmåleren i figuren nedenfor virker, og hva som menes med kompensasjonsprinsippet eller kompensasjonsmåling.



Figur 3 Trykkmåler med kompensasjonsmåling

b) Temperaturmåling

Nevn en fordel og en ulempe for hvert av følgende tre prinsipper for temperaturmåling:

- Termoelement/Thermocouple
- RTD – Resistance Temperature Detector (f.eks. PT100-element)
- Termistor/Halvlederbaserte motstandsfølere

c) Vindretning/Vinkelmåler

Vindretningen måles via en «værhane» (vinge) som svinger med vinden. Foreslå et måleprinsipp for å måle værhanens vinkel (jfr. vinkellaben).

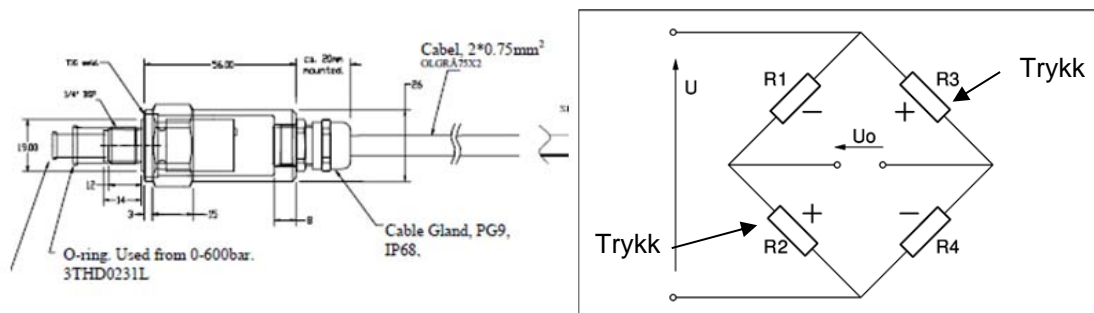
d) Nedbørsmengde/Nivåmåling

Nedbørsmengde måles ved å samle opp nedbøren i et kar som tømmes med jevne mellomrom. Beskriv to ulike måleprinsipper for å måle nedbørsmengden i karet.

- e) På grunn av et noe uheldig design og lange ledninger, er de digitale signalene vi til slutt endte opp med for å måle vindretningen, beheftet med støy. Forklar kort hvordan en Schmitt-trigger virker og hvordan denne kan benyttes for å korrigere digitale signaler.

Oppgave 5 Instrumenteringsforsterker (16%)

Trykkmåleren i figuren fra forrige oppgave er unødig komplisert for å måle trykket på værstasjonen. Vi ønsker heller å benytte en strekkklappbasert trykkmåler som vist i Figur 4:



Figur 4 Strekkklappbasert trykkmåler

- a) Tegn en detaljert figur som viser denne strekkklappmåleren koblet sammen med en instrumenteringsforsterker. Det er viktig at hovedelementene i en instrumenteringsforsterker er med. (Tegn så detaljert som du klarer, men full score kan oppnås selv om ikke alle motstander er korrekt tegnet. Husk også å tegne strekkklappene i figuren).
- b) Forklar hvordan instrumenteringsforsterkeren undertrykker følgende støytyper:
- Common mode støy fra strekkklapp-målebroen
 - Ekstern støy fra strømgeneratoren som påvirker måleoppsettet
- (Stikkord: Common Mode Rejection Ratio, guard-signal, strøkapasitanser, båndbredde).

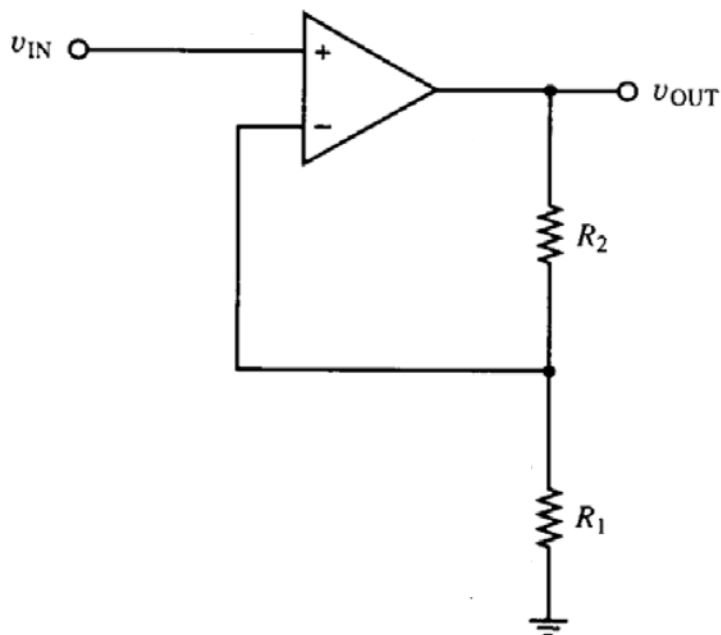
Oppgave 6 Motordrivere og diverse (16%)

Gorm Storm ønsker å høre musikk mens han jobber, og vil derfor bygge en platespiller for vinylplater (LP-plater) som skal stå i hytta. Platetallerkenen skal trekkes rundt av en permanentmagnetisert likestrømsmotor som må hastighetsreguleres for å få korrekt lydgjengivelse.

- a) Anta at du skal realisere en lineær motordriver ved hjelp av en eller flere *ideelle operasjonsforsterkere*. Hvilke egenskaper har en ideell operasjonsforsterker?

b) Figur 5 viser en ikke-inverterende operasjonsforsterker.

Vis at kretsens forsterkning kan skrives som $A = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$.



Figur 5 Ikke-inverterende operasjonsforsterker.

Motoren trenger bare å rotere én vei, og den trenger bare pådrag med positivt fortegn (det vil si at det er ikke behov for aktivt å bremse motoren ved å påtrykke den en negativ spenning).

- c) Skissér en enklest mulig kretsløsning for en *lineær* motordriver for denne anvendelsen. Skissér også en egnet *svitsjet* motordriver. Hvilke fordeler og ulemper har disse to løsningene?
- d) Den svitsjede motordriveren i oppgave c) vil typisk være styrt av et pulsbreddemodulert signal (PWM). Forklar hva som menes med begrepet *duty cycle* i sammenheng med pulsbreddemodulasjon.

Formelsamling

$$\mathbf{F} = i\mathbf{l} \times \mathbf{B}$$

$$\mathbf{B} = \mu\mathbf{H}$$

$$e = Blu$$

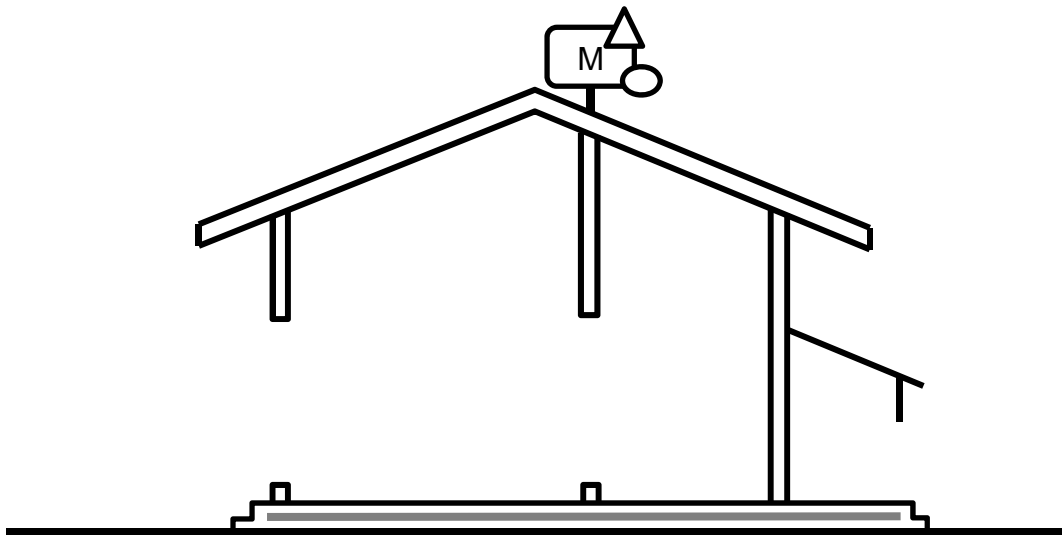
$$u = r\omega$$

$$\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = \sum i$$

$$i_c = C \frac{du_c}{dt}$$

Arket rives fra og leveres sammen med resten av besvarelsen. Husk å merke og nummerere arket i feltet til høyre.

Ark nr. av totalt



Eventuelle tilleggskommentarer eller forklaringer kan skrives her eller på eget ark.

[illegible]