

Institutt for teknisk kybernetikk

Eksamensoppgave i TTK4235 Tilpassede datasystemer

Faglig kontakt under eksamen: Øyvind Stavdahl

Tlf.: 930 59 363

Eksamensdato: 24. mai 2016

Eksamenstid (fra-til): 09:00 – 13:00

Hjelpemiddelkode/Tillatte hjelpemidler: C

- Typegodkjent kalkulator

Annen informasjon:

Målform/språk: Bokmål

Antall sider (uten forside): 4

Antall sider vedlegg: 0

Informasjon om trykking av eksamensoppgave

Originalen er:

1-sidig ☐ 2-sidig ☐

sort/hvit ☐ farger ☐

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. Beskrivelsen gir ikke en komplett fremstilling, og det kreves ingen forhåndskunnskap om det aktuelle systemet eller prosessen for å løse oppgavene.

Du planlegger å delta i Trondheim maraton om noen måneder. Til tross for eksamensforberedelsene har du trent regelmessig i flere uker allerede, men du må øke treningsmengden enda mer for å kunne fullføre løpet på "drømmetida" di. Du bestemmer deg for å gjennomføre en ytelsestest for å være sikker at kroppen din klarer belastningen av det harde treningsprogrammet du planlegger. Du kontakter et lokalt treningssenter, men det viser seg at de ikke har det utstyret som trengs for en slik test. Du bestemmer deg derfor for å hjelpe eieren med å konstruere det nødvendige utstyret.

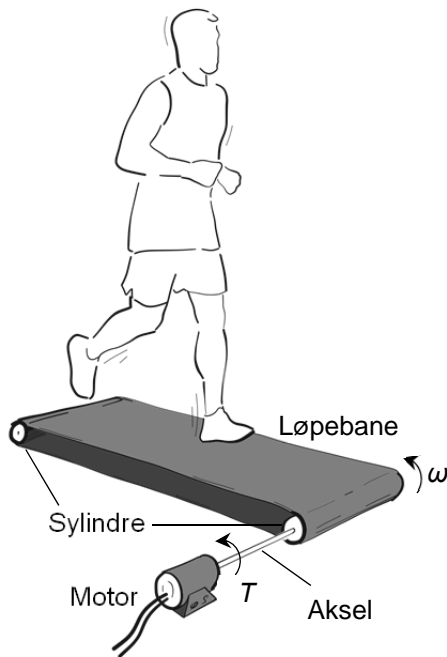
Hovedutfordringen er å velge instrumentering for å måle relevante størrelser, og knytte disse til en datamaskin for å samle inn og behandle måledataene videre. I de følgende oppgavene skal vi se nærmere på noen av disse utfordringene.

Oppgave 1 **Veiing/kraftmåling (20%)**

En av de sentrale størrelsene for å kunne vurdere en utøvers fysiske tilstand, er kroppsvekt (masse). Denne måles i praksis ved hjelp av en kraftmåler.

- a) Tegn en skisse som viser oppbygningen og strukturen til en enkel *strekkklapp*, og forklar prinsipielt hvordan den kan brukes til å måle mekanisk kraft.
- b) I praksis påvirkes strekkklapper også av *temperatur*.
Hvilke to effekter er det som forårsaker denne uønskede temperaturavhengigheten, og hvilke tiltak kan brukes for å motvirke dem?
- c) En strekkklapp har i utgangspunktet to elektriske terminaler, men ofte kopler vi likevel fire ledere til en slik komponent.
Skisser en slik *firelederkopling*. Under hvilke forhold, og hvorfor, brukes en slik kopling?
- d) Kraft kan også måles via *piezoelektrisitet*.
Forklar kort hvordan et piezoelektrisk måleelement fungerer.
Er denne måleteknikken egnet for måling av kroppsvekt? Hvorfor/hvorfor ikke?

Oppgave 2 Rotasjonshastighet, moment og effekt (20%)



Under testen løper testpersonen på en tredemølle, og en vil måle relevante størrelser som er knyttet til det fysiske arbeidet testpersonen utfører, blant annet hastighet, løpemotstand (kraften mellom tredemøllen og testpersonens føtter på langs av løpebanen) og mekanisk effekt. Vi skal nå se på ulike måter å løse disse måleproblemene på.

Løpebanen på tredemøllen består av et fleksibelt bånd som ligger rundt to roterende sylindre. En av sylindrene drives rundt av en elektrisk motor.

Vi antar for enkelhets skyld at friksjonen i systemet er neglisjerbar.

Figuren til venstre viser en forenklet skisse av systemet.

Hastigheten til tredemøllen, ω , skal registreres ved å måle rotasjonshastigheten til en av de roterende sylindrene.

- a) Beskriv veldig kort tre måter å måle rotasjonshastighet på.
- b) Hvilke(n) av de tre teknikkene ville du foretrekke i det foreliggende tilfellet, og hvorfor?

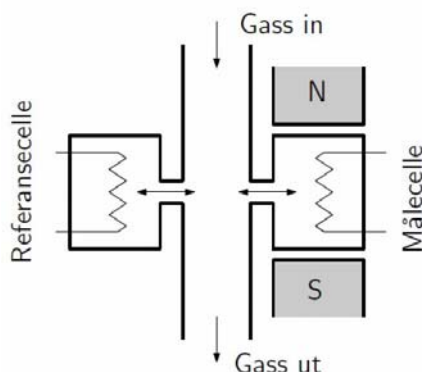
Motoren er forbundet med den roterende sylindren via en aksel som overfører et moment T som er proporsjonalt med løpemotstanden (den kraften som testpersonen sparker fra med mot løpebåndet).

- c) Du ønsker å måle det overførte momentet ved hjelp av en *torduktor*.
Forklar *korstorduktorens* prinsipielle virkemåte.
Hva er en *ringtorduktor*, og hvorfor foretrekker vi av og til en slik fremfor den noe enklere korstordukturen?
- d) Beskriv hvordan du ville instrumentert denne akselen for å kunne måle den mekaniske *effekten* som testpersonen til enhver tid yter.

Oppgave 3 Måling og analyse av pustegass (20%)

En annen viktig indikator for en persons fysiske form ("kondisjon") er evnen til å ta opp oksygen under maksimal fysisk belastning. For å måle dette, løper testpersonen på en tredemølle og får gradvis økende belastning mens vi kontinuerlig måler innholdet av blant annet oksygen (O_2) og karbondioksid (CO_2) i luften som pustes inn (innpusten) og den som pustes ut (utpusten). I tillegg til variasjoner i innholdet av disse gassene, vil utpusten også ha varierende temperatur og fuktighet på grunn av oppholdet i testpersonens lunger.

- a) Figuren nedenfor viser en skisse av en *oksygensensor basert på magnetisme*. Forklar hvordan denne måleteknikken fungerer.



- b) Hvordan fungerer en *gasskromatograf*?
Er denne måleteknikken egnet for analyse av pustegassen i det foreliggende systemet?
Hvorfor/hvorfor ikke?

I tillegg til innholdet av de nevnte gassene, trenger vi å måle den totale volumstrømmen av pustegassen for å kunne beregne testpersonens oksygenopptak.

- c) *Volumstrømmen* skal måles ved at testpersonen puster gjennom et rør der det er montert en *måleskive* (også kalt *måleblende*, engelsk: *orifice plate*). Forklar kort hvordan denne måleteknikken fungerer.
Kan du tenke deg mulige feilkilder som vil påvirke denne typen målinger i det foreliggende systemet?

Oppgave 4 Informasjonsteori (10%)

I det følgende betrakter vi et system bestående av en signalkilde og en signalmottaker, samt en overføringskanal som kan overføre data (kodet informasjon) fra kilden til mottakeren.

- a) Hva menes med *kanalkapasitet*?
Hvilke to av overføringskanalens parametre (egenskaper) bestemmer i praksis kanalkapasiteten?
- b) Dersom vi har en *kontinuerlig informasjonskilde*, trengs i prinsippet uendelig mange symboler for å kunne overføre informasjonen.
Beskriv hvordan vi kan gå fram for likevel å kunne bruke Shannons informasjonsteori, som tar utgangspunkt i diskrete informasjonskilder, til å analysere hvor mye informasjon et kontinuerlig signal representerer.

Oppgave 5 **Signalomsetning (20%)**

Den analoge kraftmåleren/vekten fra Oppgave 1 skal kunne brukes til å veie personer i intervallet (0—200) kg. Målesignalet skal omsettes til digital form med en A/D-omsetter slik at det kan leses inn i en datamaskin for lagring og videre bearbeiding. A/D-omsetterens arbeidsområde er (0—12) V.

Målesignalet fra vekten er skalert (ved hjelp av en analog forsterkerkrets) slik at en måleverdi på 0 kg tilsvarer et målesignal på 0,5 V og måleverdien 200 kg tilsvarer et målesignal på 11,5 V.

- Synes du denne skaleringen av målesignalet er et godt valg? Hvorfor/hvorfor ikke?
- Hvor mange bits oppløsning må A/D-omsetteren minst ha hvis vi vil holde kvantiseringsfeilen mindre enn ± 5 g? Besvarelsen skal vise hvordan du har tenkt for å finne svaret.
- Anta at du velger en A/D-omsetter med 16 bits oppløsning. Hva er da størrelsen på 1 LSB målt i V (volt)?
- I programvaren ønsker du at måledata skal være representert i SI-enheter. Finn den lineære skaleringsfunksjonen programmet må benytte for å regne om data innlest fra A/D-omsetteren til SI-enheten kg.

Oppgave 6 **Verktøykjeden i C (10%)**

Proessen for å lage et program (fil med kjørbare kode) fra filer med kildekode kan deles i flere trinn med egne verktøy for hvert trinn. Verktøyene assembler, kompilator, lenker og preprosessor inngår i den klassiske verktøykjeden for programmeringsspråket C.

- Beskriv rekkefølgen verktøyene må kjøres i for å gjennomføre hele prosessen fra kildekode til kjøring av programmet, og hvilke verktøy som må kjøres én gang per fil med kildekode. Oppgaven kan gjerne besvares ved å tegne inn alle trinn i en figur tilsvarende den som er påbegynt nedenfor.



(Oppgave 6 har bare én deloppgave.)