

# Løsningsforslag til eksamen i

## TTK4125 Datastyring, instrumentering og måleteknikk

9. juni 2010

Litteraturreferanser gjelder for pensum gitt i 2010.

### Oppgave 1 UML (15%)

Oppgaven er delvis hentet fra eksamen 2006, oppgave 5.

- a) En *aktivitetstilstand* er en tilstand der systemet er i kontinuerlig aktivitet, eksplisitt angitt ved at den har en *do-aktivitet* knyttet til seg.

*Do-aktiviteter* er spesielle ved at de, i motsetning til "ordinære" aktiviteter,

- *tar tid* (ordinære aktiviteter er pr.def. momentane)
- *kan avbrytes* (ordinære akt. er non-preemptive)
- er assosiert med en *transisjon uten trigger* som pr.def. foretas når/hvis *do-aktiviteten* er ferdig.

- b) Intern aktivitet vs. selvtransisjon:

Likhet: Begge typene holder systemet i den samme tilstanden som før aktiviteten ble trigget.

Forskjell: En *intern aktivitet* trigger ikke *entry-* og *exit-*aktiviteter; det gjør selvtransisjonen,

- c) Fokus for ulike diagramtyper:

*Klassediagrammet (KLD):*

Komposisjon; hvordan data og metoder/operasjoner/funksjoner er samlet i ulike klasser.

*Tilstandsdiagrammet (TD):*

Oppførsel; systemets tilstander, tilstandsoverganger og reaksjonsmønster.

*Kommunikasjonsdiagrammet (KOM):*

Kommunikasjon; Hvilke delsystemer (klasser, moduler, objekter) som kommuniserer (og innholdet i denne kommunikasjonen).

Sammenhenger mellom modellene:

Klassediagram/tilstandsdiagram:

TD beskriver (typisk) oppførselen til en klasse.

KLD angir triggere og interne aksjoner/aktiviteter for TD.

Klassediagram/kommunikasjonssdiagram:

KLD angir indre struktur til modulene som inngår i KOM.

KOM viser hvilke av disse som snakker sammen.

Tilstandsdiagram/kommunikasjonssdiagram:

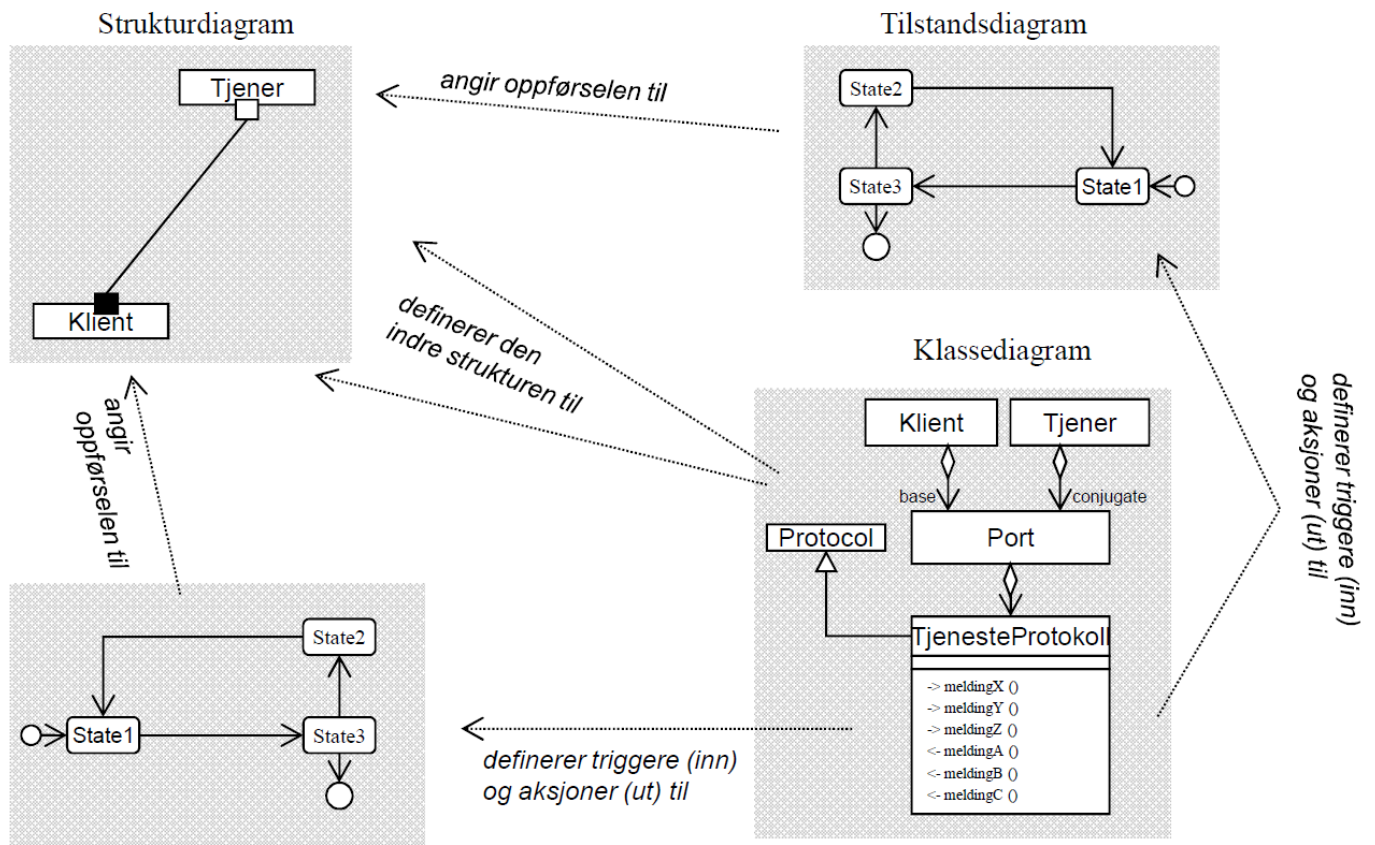
TD viser oppførselen til kommunikasjonssdeltakerne.

KOM viser hvilke deltakere (tilstandsmaskiner) som kommuniserer.

Figuren nedenfor illustrerer disse sammenhengene.

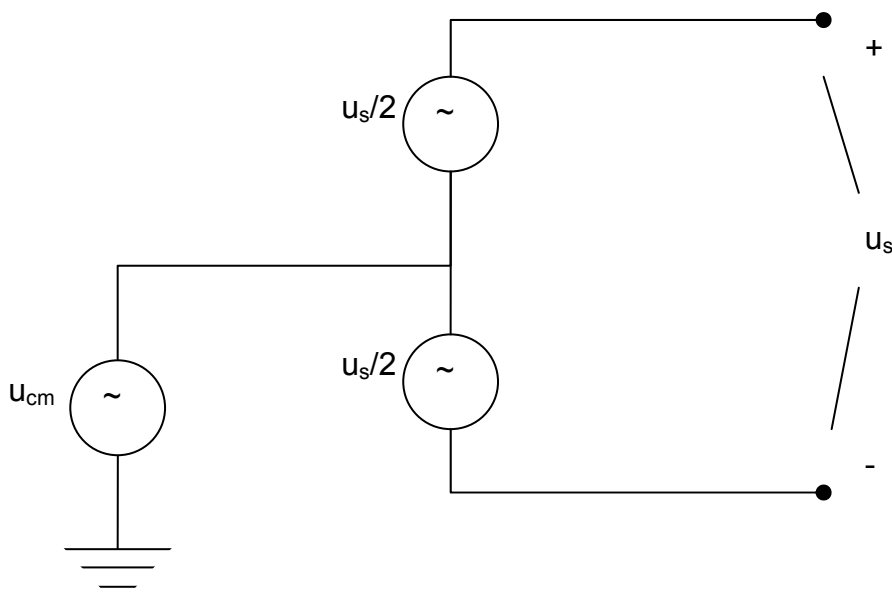
NB: Figuren er basert på UML-RT, og viser derfor et *strukturdiagram*, som er en spesilalisert form for kommunikasjonsdiagram. UML-RT-syntaks kreves ikke i besvarelsen. Videre er diagrammenes faktiske innhold *kun* med for å visualisere diagrammenes syntaks, og ikke representativt for noe reelt system.

## Sammenhengen mellom modellene i UML-RT



## Oppgave 2 Instrumenteringsforsterker m.m (15%)

- a) Gitt et differensielt signal  $u_s$ , definert som spenningsforskjellen mellom to signalledere. Common Mode-spenningen  $u_{cm}$  er da definert som *middelverdien* av spenningene på de to lederne. Dette kan illustreres ved følgende figur:



- b) En reell differensiell forsterker vil alltid slippe igjennom litt av common mode-spenningen i tillegg til det differensielle nyttesignalet, slik at forsterkerens utgangssignal er en veid sum av de to signalkomponentene. La  $A_{diff}$  være forsterkningen av nyttesignalet og  $A_{cm}$  være common mode-forsterkningen; Common Mode Rejection Ratio (CMRR) er da definert som følger:

$$CMRR = A_{diff} / A_{cm}$$

- c) Faktorer som påvirker CMRR:

Faktor	Påvirkningsmekanisme	Tiltak
Instrumenteringsforsterkerens egen CMRR.	Dette er en intrinsikk egenskap ved forsterkeren, og gir en nedre grense for den oppnåelige CMRR for totalsystemet.	Velge en instrumenteringsforsterker med bedre CMRR.
Ubalansert linjeimpedans	Common mode-spenningen driver en viss strøm gjennom linja og inn på forsterkerens innganger. Ubalansert linjeimpedans gir ulikt spenningsfall i de to lederne, slik at det oppstår et <i>differensielt</i> feilsignal mellom forsterkerens innganger. Dette feilsignalet forsterkes opp og gir feil i utgangsspenningen.	1) Balansere signallederne slik at de har mest mulig lik impedans. 2) Velge en forsterker med høyest mulig inngangsimpedans. Dette reduserer strømmene i linja, og dermed reduseres den resulterende CM-induserte differensielle feilen.

Ubalansert kapazitiv kopling mellom signallederne og omgivelsene	Hver av signallederne har en utilsiktet, men høyst reell kapazitiv kopling mot omgivelsene. Når CM-spenningen varierer, vil det gå strømmer i disse kapasitansene. Ubalanserte kapasitanser gir ulike strømmer i de to lederne, som dermed får ulikt spenningsfall (over linjas egen impedans). Dermed oppstår et differensielt feilsignal som slipper gjennom forsterkeren.	1) Balansere signallederne slik at de har mest mulig lik kapazitiv kopling mot omgivelsene. 2) Innføre en skjerm rundt begge signallederne. Skjermen koples om mulig til forsterkerens "guard"-terminal, som tilsvarer common mode-spenningen. Dermed vil ikke CM-signalet forårsake noen strøm i de utilsiktede kapasitansene mellom lederne og skjermen.
--	--	---

### Oppgave 3 Filtre og filtersyntese (15%)

- a) Ved å sette sammen høyere ordens filtre av flere lavere ordens, vil støy produsert av hvert filtertrinn bli filtrert gjennom de etterfølgende trinnene og dermed gi mindre total støy. Høyere ordens filtre gir dessuten kompliserte kretsløsninger med til dels uoversiktlige forhold rundt sensitivitet mhp. komponentenes toleranser osv.

- d) Vanlige filtertyper og deres særtrekk (kun to kreves i denne oppgaven):

*Butterworth:* Maksimalt flat amplitudekarakteristikk i passbåndet.

*Bessel:* Maksimalt lineær fasegang, noe som gir god pulsgjengivelse (approksimerer en ren tidsforsinkelse).

*Chebyshev:* "Oscillatorisk" passbånd, gir mulighet for frekvensseleksjon. Bratt stoppbånd.

*Cauer:* Oscillatorisk både i pass- og stoppbåndet. Enda mer selektivt.

- e) Prosedyre for filterdesign:

- Finne karakteristisk polynom for et 6.-ordens Butterworth lavpassfilter i en tabell. Dette gir nevneren i transferfunksjonen for et lavpassfilter.
- Konvertere transferfunksjonen til båndpassfilterform ved substitusjon iht. "konverteringstabell".
- Faktorisere transferfunksjonen i 1.- og 2.-ordensledd.
- Velge en standard kretsløsning for realiseringen av 1.- og 2.-ordensleddene.
- Identifisere komponenteverdier ved likningsløsning – transferfunksjonen for kretsløsningen settes lik transferfunksjonen for det filterleddet som skal realiseres, og likningen løses mhp. komponentverdiene.

Føringer:

Der det er flere komponentverdier enn likninger, velger primært *like verdier* for flest mulig av komponentene.

Vi tilstreber også å velge samme komponentverdier i de ulike 1- og 2.-ordensleddene.

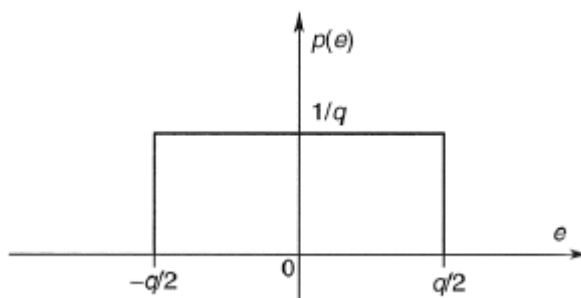
## Oppgave 4 Kvantisering (10%)

- a) *Kvantisering* er prosessen der et analogt signal, som typisk kan anta alle reelle verdier i et visst intervall, gjøres om til en form der signalet til enhver tid bare kan anta én av et begrenset antall diskrete verdier.

*Kvantiseringsstøy* er betegnelsen på den *feilen* som innføres ved kvantiseringen, dvs. forskjellen mellom den opprinnelige analoge signalverdien og den resulterende diskrete verdien.

- b) Kvantiseringsstøyens sannsynlighetsfordeling:

Støyen kan regnes som homogent fordelt over et intervall på  $\pm 1/2 q$ , der  $q$  er kvantiseringsintervallet (avstanden mellom påfølgende kvantiseringsnivåer, svarende til 1LSB).



- c) Tiltak for å redusere kvantiseringsstøy:

- Skalere det analoge signalet slik at det utnytter hele ADC'ens arbeidsområde,
- Velge en ADC med høyest mulig oppløsning (flest mulig bit).

## Oppgave 5 Analog-til-digital-omsetting – ADC (20%)

- a) Hensikten med lavpassfiltrering:

- Fjerne alle signalfrekvenser over Nyquistfrekvensen (halve samplingsfrekvensen) for å unngå nedfolding.
- Fjerne signalstøy i frekvensområdet som ligger utenfor nyttesignalet's frekvenser.
- (Filteret gir også en viss beskyttelse av ADC'ens inngang, i og med at det begrenser transiente spenninger og strømmer ).

- b) Lekkasjestrømmens virkning:

Denne strømmen må trekkes gjennom filterets resistans  $R_f$ , og gir et spenningsfall over denne. Dermed vil holdelementet se en spenning som avviker noe fra den ønskede signalspenningen.

Oppløsning på 8 bit gir 256 kvantiseringsnivåer og 255 kvantiseringsintervaller. Med et arbeidsområde på 0-5 V, vil hvert intervall tilsvare

$$5 \text{ V} / 255 \text{ intervall} = 20 \text{ mV/interval}$$

$\frac{1}{2}$  LSB utgjør da 10 mV, som er den høyeste feilen vi tillater som følge av lekkasjestrømmen. Dette medfører at  $R_{f1}$  må velges liten nok til å oppfylle dette kriteriet. I rene tall:

$$I R_f < \frac{1}{2} \text{ LSB}$$

$$R_f < \frac{1}{2} \text{ LSB} / I$$

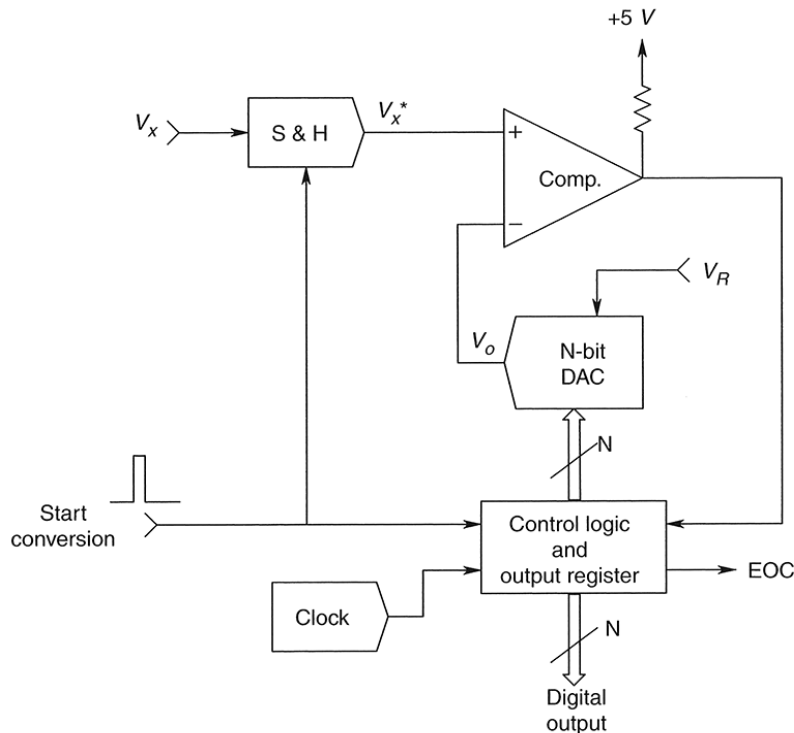
$$R_f < 10 \text{ mV} / 400 \text{ nA}$$

$$\underline{R_f < 25 \text{ k}\Omega}$$

c) Suksessiv-appsoksimasjons-omsetters virkemåte

Virkemåten tilsvarer et "binærsøk" i det aktuelle spenningsintervallet:

- Det analoge signalet tastes og holdes.
- Styringslogikken "prøver" med en digital verdi der MSB er satt til "1" mens øvrige bit er satt til "0".
- DAC omsetter denne verdien til en analog verdi, som komparatoren sammenlikner med inngangsverdien. Komparatorutgangen viser om spenningen er for høy eller for lav. Dersom den er for høy, settes MSB til "0", ellers beholdes det som "1". MSB er nå bestemt.
- Prosedyren gjentas med ett bit om gangen, helt til alle bitene er bestemt.



## Oppgave 6 Informasjonsteori og signaloverføring (10%)

- a) *Kanalkapasitet* er et uttrykk for hvor mye informasjon en overføringskanal kan overføre per tidsenhet.

Kanalkapasiteten bestemmes i praksis av *kanalens båndbredde* og dens *signal-støyforhold*.

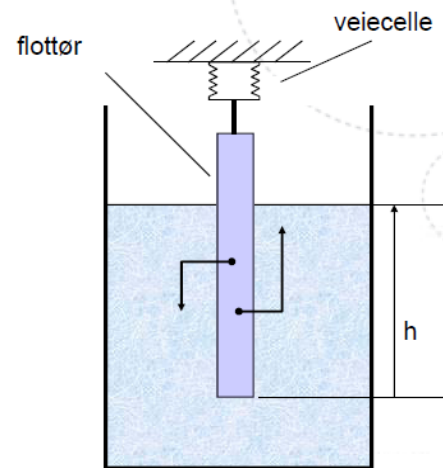
- b) For å kunne bruke mindre enn  $\log_2(N)$  bit/symbol, må *symbolene forekomme med ulik hyppighet*.

En effektiv kode benytter *færrest bit* til de *hyppigst forekommende symbolene*, og *vice versa*.

## Oppgave 7 Nivåmåling (15%)

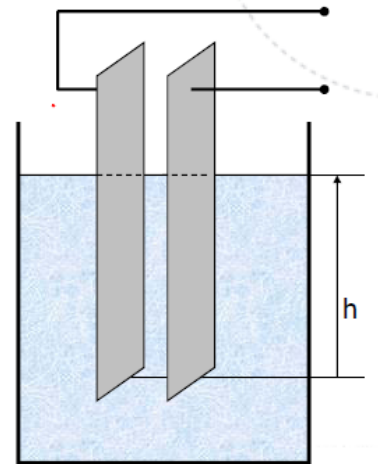
### a) Oppdrift

Virkemåte: En flottør (legeme med annen masstetthet enn mediet) står delvis nedsenket i mediet, og flottørens oppdrift måles med en kraftmåler/veiecelle. Når mediets nivå varierer, varierer også tyngden av det volumet som flottøren fortrenger, noe som iflg. Archimedes' lov gir tilsvarende variasjon i flottørens oppdrift. Oppdriften er derfor et uttrykk for nivået.  
Begresning: prinsippet kan bare brukes for måling av nivå i væsker.



### b) Kapasitans

Virkemåte: et medium fyller deler av et elektrodegap. Kapasitansen mellom elektrodene er da oftest en funksjon av nivået.  
Begrensning:  
Mediet må ha en annen dielektrisitetetskonstant enn luft (dette er stort sett oppfylt).



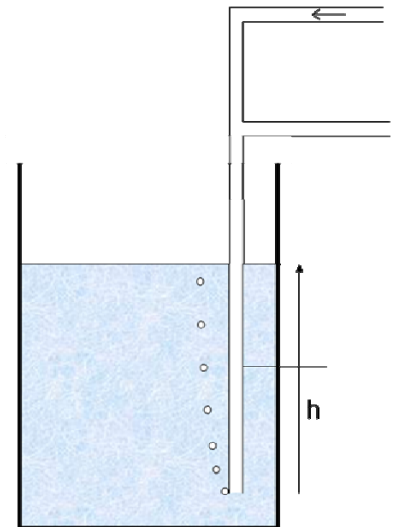
### c) Boblerør

Virkemåte: Et rør plasseres i mediet med nedre åpning i en fast, kjent dybde. Luft bobles sakte ut gjennom røret. Lufttrykket i røret tilsvarer da væsketrykket ved den nedre røropningen; denne størrelsen kan måles som et gasstrykk utenfor tanken.

Begrensninger:

Kun for væsker.

Uegnet i lukkede tanker pga. gassopphopning.



d) Ultralyd

Virkemåte:

Lydpulser sendes ned mot mediets overflate, ekkot fra overflaten registreres. Med kjent lydfart kan nivået beregnes ut fra ekkots tidsforsinkelse.

Begrensninger:

Multiple lydrefleksjoner kan gi feil transmisjonstid og dermed feil nivåmåling.

Ujevn overflate gir kompliserte refleksjonsforhold – avansert signalbehandling.

Lydhastigheten varierer med temperatur, fuktighet m.m.

