

Løsningsforslag til eksamensoppgave i TTK4235 Tilpassede datasystemer

Eksamensdato: 4. juni 2015

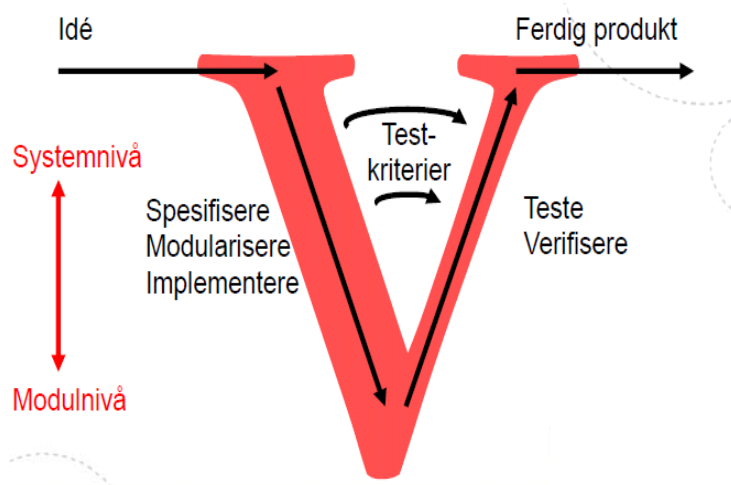
Ved poenggiving skal en belønne *forståelse*. De angitte poengene tilsvarer en fullgod besvarelse, ved manglende eller mangelfulle svar trekkes en forholdsvis andel.

NB: Løsningsforslaget gir en mest mulig komplett behandling av fagstoffet, og er i praksis mer omfattende og mer detaljrikt enn det som kreves for å få full uttelling til eksamen.

Oppgave 1 **Utviklingsmetodikk (12%)**

a) Sammenhengene i V-modellen fremgår av figurene nedenfor (hentet fra lysarkserien). Et fullgodt tekstlig svar på oppgaven kan f.eks. være som følger:

- Venstre gren representerer *top-down* planlegging, design og implementasjon av systemet,
- Høyre gren representerer *bottom-up* testing og integrasjon av systemet.
- For hvert nivå/steg i den venstre grenen utvikles testplaner og -kriterier. Disse planene brukes i den høyre grenen for å sikre at moduler og til slutt det komplette systemet fungerer som planlagt.



- b) Sporbarhet skal sørge for at de forskjellige delene av kravspesifikasjonen kan knyttes til forskjellige deler av implementeringen, og *vice versa*. Ethvert krav skal kunne spores til de delene av implementeringen som implementerer kravet, og enhver del av implementeringen skal kunne spores til et eller flere spesifikke krav.

Sporbarhet er viktig fordi

- det sikrer at alle kundens krav oppfylles,
- det bidrar til å minimalisere kompleksitet (slik at vi ikke implementerer ting som ikke er etterspurt).

Oppgave 2 **Logikkstyring (16%)**

- a) *Logikkstyring* er den del av et regulerings- eller styringssystem som tar seg av logiske funksjoner, som for eksempel Av/På, sekvensiell oppstart og nedkjøring, betingelseskontroll på videre progresjon i en trinnvis oppstartning (*forrigling*), osv.
- b) Ved **prosessbetingede** sekvenser er signaler fra prosessen bestemmende for overgang til en annen tilstand.

Ved **tidssekvenser** skiftes fra en tilstand til en annen ved forutbestemte tidspunkt.

Ved **beregningsbetingede** sekvenser vil beregningsresultater underveis være bestemmende for videre sekvens av tilstander.

Følgende typer sekvensfunksjoner er involvert i de angitte trinnene (begrunnelse er antydnet i parentes, men oppgaven krever ikke dette):

1. (manuell operasjon)
2. Prosessbetinget (tilstandsovergang når ønsket nivå er nådd)
3. Prosessbetinget (oppvarming inntil 70 grader, holdes på denne temperaturen)
4. Tidsbetinget (alarm etter 2 timer)

c)

Da Huffman-tabellen i praksis følger Mealy-modellen, må vi bl.a. innføre nye, avledede signaler som representerer *flankene* til de opprinnelige signalene. De nye signalene er definert som følger:

Innganger:

| | |
|-----------|--|
| H | Væskennivået passerte akkurat ønsket nivå ($h = h_0$) og stiger. |
| T+ | Temperaturen passerte akkurat 70 grader og stiger |
| T- | Temperaturen passerte akkurat 70 grader og synker |
| Timeout2t | Det har gått 2 timer siden forrige timer-reset. |

Utganger:

| | |
|---------|---------------------------|
| V+ | Ventilen åpnes |
| V- | Ventilen lukkes |
| E+ | Varmeelementet slås på |
| E- | Varmeelementet slås av |
| Reset2t | 2 timers-timeren resettes |
| SIG | Starter lydsignal |

Det kreves en spesifikasjon av oppførselen ved oppstart. Her har vi løst dette ved å innføre en eksplisitt starttilstand *0 Starttilstand* og inngangen *Start*, men andre muligheter finnes.

| Tilstand | Innganger | | | | Timeout2t |
|-----------------|-----------|---------|--------------|------|-----------|
| | Start | H | T+ | T- | |
| 0 Starttilstand | 1/V+ | - | - | - | - |
| 1 Fyller vann | - | 2/V-,E+ | - | - | - |
| 2 Varmer opp | - | - | 3/E-,Reset2t | - | - |
| 3 Mesker | - | - | 3/E- | 3/E+ | 4/E-,SIG |
| 4 Ferdig | - | - | - | - | - |

Oppgave 3 Modulasjon (16%)

- Duty cycle d angir den andelen av svitsjeperioden et PWM-signal er logisk «1». Duty cycle er med andre ord et *forholdstall*. Denne parameteren er informasjonsbæreren i PWM-signalet, og signalets middelvei er proporsjonalt med d .
- Demodulasjon er det motsatte av modulasjon, og gjenvinner det opprinnelige (modulerende) signalet fra det modulerte.
- Ølbryggeprosessen temperaturdynamikk er relativt langsom (dvs. den har lange tidskonstanter), og den virker derfor som et lavpassfilter. De raske svingningene i varmeeffekt som oppstår når pådraget pulsbreddemoduleres, gattes effektivt ut av prosessen termiske tidskonstant, så temperaturen i bryggekjelen vil knapt nok fremvise noen spor av det modulerte pådraget. Dette betinges av at svitsjefrekvensen til det modulerte signalet er vesentlig høyere enn båndbredden til prosessen.

Oppgave 4 Instrumentering (40%)

- En generell nivåmåler gir en kvantitativ måling av nivået i et endelig intervall, mens en nivåvakt bare angir om nivået er over eller under en gitt grense. I ølbryggesystemet trenger vi bare å vite når kjelen er full, så det er tilstrekkelig å bruke en nivåvakt.
- Nivåmåling uten fysisk kontakt med væsken kan f.eks. gjøres slik:
 - Nivåmåling via **vekt**. Hvis massetettheten til mediet, og tankens geometri og dens nettovekt er kjent, kan nivået beregnes ut fra tankens bruttovekt. Veiecelle(r) kan i det foreliggende tilfellet plasseres under varmeelementet, slik at elementets egenvekt også må være med i kalibreringen av systemet.
 - Nivåmåling via **bølger** (ultral lyd, radar eller laser): En transduser plasseres over væskeoverflaten, en puls sendes mot overflaten, og noe av pulsen reflekteres tilbake til transduseren. Hvis bølgehastigheten i luft er kjent, kan nivået beregnes ut fra tiden det tar fra pulsen er sendt ut til ekkoet kommer tilbake.
- Strålingstermometri baserer seg på å måle termisk stråling fra måleobjektet. Utstrålingseffekten fra et svart legeme er temperaturavhengig og beskrives av Plancks lov. Wiens forskyvningslov angir den temperaturavhengige bølgelengden der utstrålt effekt er størst. Tilsvarende effekter observeres også i ikke-svarte legemer, og kan benyttes til å bestemme legemets temperatur ut fra den utstrålte effekt og strålingsspekteret.
- Når vørteren blir mørkere, blir pyrometermålingen påvirket av to ulike effekter:

1. Så lenge væsken er transparent, vil pyrometeret «se» igjennom væsken, og målingen vil delvis avhenge av temperaturen på overflaten av bryggekjelens innside. Denne feilen reduseres når vørteren blir mørk og ugjennomsiktig.
 2. Mørkere farge gir større emissivitet og dermed større utstrålt effekt, så måleinstrumentet vil indikere en høyere temperatur. (Om den dermed blir *riktigere* kommer an på hvilken emissivitet instrumentet er kalibrert for.)
- e) Et hydrometer er basert på Arkimedes' lov, som sier at et legemes oppdrift er lik vekten av den væsken som legemet fortrenger. Dette kan utnyttes på to ulike måter (for å få full uttelling på besvarelsen er det nok å beskrive en av disse metodene):
1. La en flottør flyte fritt i væsken og mål hvor mye væske det fortrenger (via dets høyde over væskeoverflaten). Hvis vi kjenner flottørens egenvekt og dens geometri, kan vi da beregne væskens massetetthet.
 2. Holde en flottør helt nedsenket i væsken og mål dens oppdrift.
- f) Kontaktfri tetthetsmåling kan i prinsippet gjøres ved å mål væskens masse (via en måling av hele bryggekjelens bruttovekt) og væskens volum (via væsknivået). Vi kan altså kombinere de to måleprinsippene nevnt i løsningsforslaget til oppgave b).

Flere andre metoder kan også brukes, bl.a. radioaktivitet (demping av radioaktive stråler avhenger av massetettheten). Alle kontaktfrie metoder som iallfall *i prinsippet* fungerer, vil være fullgode svar på oppgaven.

Kommentarer:

- 1) *Begrepet kontaktfri maling er definert innledningen til i oppgave 4b) som måling der en unngår at måleutstyret kommer i fysisk kontakt med væsken.*
- 2) *I b) antok vi at vi kjente væskens egenvekt slik at vi kunne beregne nivå ut fra vekt. Det kunne vi gjøre fordi egenvekten varierer relativt lite med sukkermengden, og vi hadde dessuten ikke behov for å vite nivået veldig nøyaktig. Hvis vi nå gjør nøyaktige målinger av masse og volum, kan vi imidlertid finne et nøyaktig mål for massetettheten uten å gjøre antakelser om prosessen.*

Oppgave 5 **Signalomsetning (16%)**

a) Oppgaven har egentlig tre momenter:

- Margin nederst i måleområdet (elevated zero)
- Margin øverst i måleområdet (for å kunne detektere om en veier 20 kg eller noe som er enda tyngre)
- Oppløsning (unyttelse av hele omsetterens arbeidsområde)

Valg av utstyr blir et kompromiss mellom disse, og det viktigste for å høste poenger i denne oppgaven er å vise gyldige resonnementer rundt momentene. Dårlig utnyttelse av arbeidsområdet kan i prinsippet avhjelpe ved å øke ADC'ens oppløsning, men manglende marginer kan ikke avhjelpe og må derfor unngås (gis prioritet). Følgende kan i stikkordsform sies om de seks alternativene:

1. Dekker hele ADC'ens arbeidsområde, dvs. ingen marginer (0 kg gir 0V, 20 kg gir 5 V).
2. Ingen margin øverst i måleområdet (20 kg gir 5 V).
3. Ingen margin nederst i måleområdet (0 kg gir 0 V).

4. Utnytter bare halve ADC'ens arbeidsområde/oppløsning, men er eneste alternativ med margin i begge ender av arbeidsområdet (0 kg gir 1 V, 20 kg gir 3 V).
Dette er derfor det beste alternativet.
5. Her har vi ingen margin øverst i måleområdet (20 kg gir 5 V).
6. Ingen margin i noen ende av måleområdet (0 kg gir 0 V, 20 kg gir 5 V).

b) **Overslagsberegning:**

Måleområde 0-20 kg gir et måleomfang på 20 kg. Med oppløsning på 10 g tilsvarer dette at ADC'en må ha $n = 20 \text{ kg}/10 \text{ g} = 2000$ kvantiseringsnivåer innenfor målesignalets spenningsområde.

Dette tallet tilsvarer omtrent $2^{11} = 2048$, som da tilsier en ADC med 11 bits.

Imidlertid utnytter vi ikke mindre enn halve ADC'ens arbeidsområde (jfr. forrige deloppgave), og det er nødvendig å velge en ADC med minst 13 bits.

Nøyaktig beregning

(kreves ikke av oppgaven, men tas med for kompletthetens skyld):

Hvis vi velger alternativ 4 i oppgave a), har målesignalet vårt et spenningsomfang på (3-1) V = 2 V. Det vil si at vi trenger 2000 kvantiseringsnivåer fordelt på 2 V, med andre ord 1 mV/kvantiseringsnivå. ADC'en har et arbeidsområde på 0-5 V, og trenger derfor minst 5 V/1 mV = 5000 kvantiseringsnivåer. Siden $2^{12} < 5000 < 2^{13}$, må vi velge en 13-bits ADC for å oppnå en oppløsning på 10 g eller bedre.

c) Argumenter for/imot de ulike alternativene:

- Parallellomsetteren er meget rask og meget dyr. Veiesystemet har svært lave krav hva angår hastighet, så dette alternativet er definitivt galt.
- Servoomsetteren har bare én egenskap som taler imot den i dette tilfellet: utgangsverdien faller aldri til ro, men varierer med ett LSB også når inngangssignalet er konstant. Siden displayet skal oppdateres fortløpende, vil det derfor bli stående og «flimre» med +/- 10 g eller deromkring. Servoomsetteren er derfor ikke det beste valget.
- Dobbel-rampe-omsetteren har ingen åpenbare ulemper. Tvert imot har den velegnede egenskaper som f.eks. at den integrerer inngangssignalet og derfor gir en ønskelig lavpasseffekt. **Dette er derfor det beste alternativet.**