



NTNU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Institutt for teknisk kybernetikk

Fakultet for informasjonsteknologi,
matematikk og elektroteknikk

Eksamen
i
TTK4125
Datastyring, instrumentering og måleteknikk

9. juni 2010
kl. 09.00–13.00

Hjelpemidler: C.
Følgende er tillatt:

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

Faglig kontakt under eksamen:

Øyvind Stavdahl 73 59 43 77

Da tidligere vurdering i faget teller 30% av den endelige karakteren, teller denne eksamen i utgangspunktet 70%.

Vektingen for hver av oppgavene er angitt relativt til hele oppgavesettet.

En del av pensumlitteraturen er engelsk. I tillegg til norske betegnelser er derfor engelske begreper og forkortelser noen steder tatt med i parentes for å angi pensumlitteraturens terminologi.

Les oppgaveteksten nøye, og forsøk å besvare oppgavene kort og konsist.

Dersom det skulle være uklarheter i oppgaveteksten, gjør det klart og tydelig hvordan du forstår spørsmålsformuleringen og dens omfang.

Oppgavesettet består av 4 sider.

Lykke til!

Oppgave 1 UML (15%)

- a) I et UML tilstandsdiagram, hva er en *aktivitetstilstand*, og hva skiller en *do-aktivitet* fra en "ordinær" aktivitet?
- b) I et UML tilstandsdiagram, hva er likhetene og/eller forskjellene på en *intern aktivitet* og en *selvtransisjon* ("*transition-to-self*")?
- c) Klassediagrammet, tilstandsdiagrammet og kommunikasjonsdiagrammet kan sies å samlet modellere hele systemets egenskapsrom. Angi hvilke(n) type(r) egenskaper hver av disse modellene fokuserer på, samt hvilken sammenheng det er mellom de tre modellene.

Oppgave 2 Instrumenteringsforsterker m.m. (15%)

Definer følgende begreper:

- a) Common Mode-spenning
- b) Common Mode Rejection Ratio (CMRR).
- c) Anta at en sensor koplet til en instrumenteringsforsterker via et ledningspar. Angi hvilke ikke-ideelle forhold som påvirker systemets totale CMRR i en slik anvendelse, forklar kort hvordan denne påvirkningen skjer og hvilke tiltak vi eventuelt kan innføre for å bedre systemets CMRR.

Oppgave 3 Filtre og filtersyntese (15%)

- a) Hvorfor konstrueres aktive høyere ordens filtre ofte av kaskadepolette første- og andreordens filtre?
- b) Høyere ordens filtre finnes i ulike varianter med ulike egenskaper. Angi navn og mest fremtredende egenskap hos to av de mest vanlige filtertypene.
- c) Anta at du skal lage et analogt 6.-ordens Butterworth båndpassfilter. Forklar kort og punktvis hvordan du ville gå fram for å finne en kretsløsning og komponentverdier (det kreves ingen likninger eller beregninger).

Oppgave 4 Kvantisering (10%)

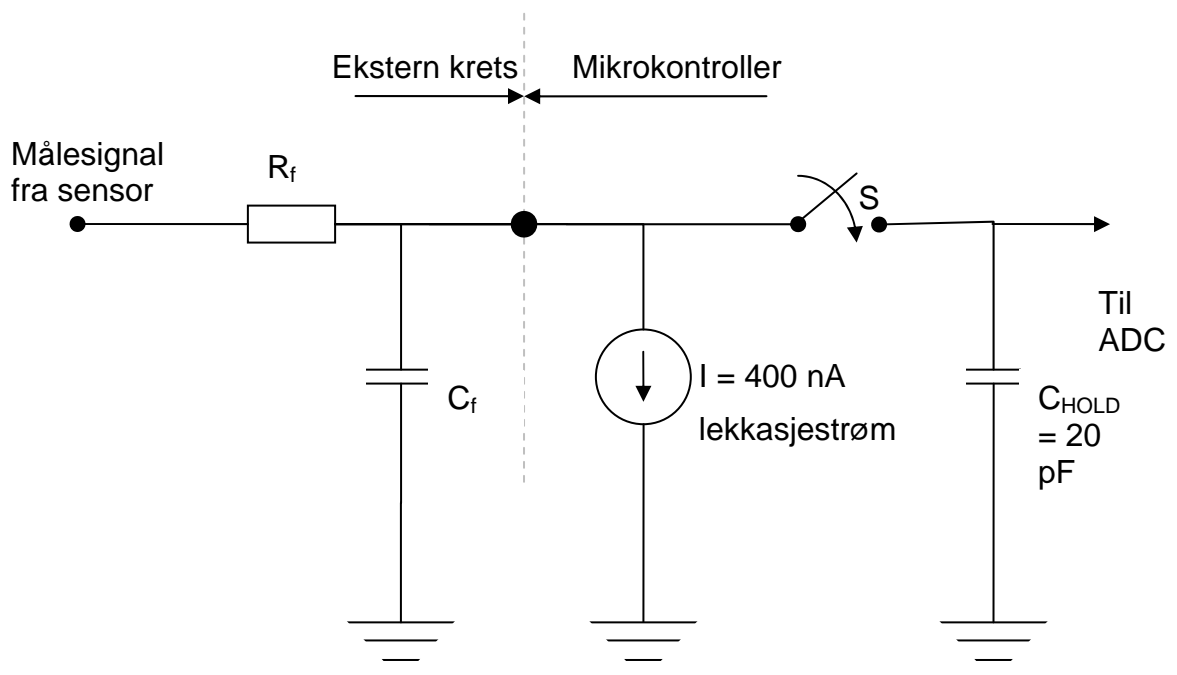
- a) Forklar kort hva som ligger i begrepene *kvantisering* og *kvantiseringsstøy* (*quantization noise*) ved digitalisering av analoge signaler.
- b) Skisser den typiske sannsynlighetsfordelingen for kvantiseringsstøyen som oppstår ved slik digitalisering.
- c) Hva kan vi gjøre for å redusere virkningen av kvantiseringsstøy?

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

Mange moderne mikrokontrollere har en integrert A/D-omsetter (ADC). Figur 1 viser et forenklet ekvivalentskjema for inngangstrinnet til en slik enhet. A/D-omsetteren er ikke tegnet inn, men antas å befinne seg til høyre for figuren.

Lekkasjestrømmen på 400 nA kommer av ikke-ideelle egenskaper i halvledermaterialene. Den analoge bryteren S, som i praksis er en transistor, og holdekapasitansen C_{HOLD} utgjør et nullte-ordens holdeelement (zero order hold, ZOH), og det er spenningen over C_{HOLD} som omsettes til en digital verdi.

Lukking av bryteren S slik at C_{HOLD} lades opp (eller ned) til målesignalet spenningsnivå, kalles tasting (*sampling*).



Figur 1. Ekvivalentskjema for lavpassfilter og holdeelement

Et analogt målesignal kommer inn fra venstre, og filtreres gjennom et 1. ordens lavpassfilter med tidskonstant $T_f = R_f C_f$ før det mates inn mikrokontrolleren.

- Hva ønsker vi å oppnå med å lavpassfiltrere signalet før det samples?
- Hvis vi antar at målesignalet er konstant, hva betyr lekkasjestrømmen på 400 nA for den inngangsspenningen som holdeelementet "ser"?
Hvilke(t) krav må være tilfredsstilt for at den resulterende feilen skal utgjøre mindre enn $\frac{1}{2}\text{LSB}$ for A/D-omsetteren, dersom omsettersens oppløsning er 8 bit og den har et arbeidsområde på 0-5 V?
- Skisser strukturen til en A/D-omsetter av typen suksessiv approksimasjons-omsetter (*successive-approximation ADC*), og forklar dens prinsipielle virkemåte.

Oppgave 6 Informasjonsteori og signaloverføring (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?

Gitt et alfabet med N symboler som benyttes ved informasjonsoverføring fra signalkilden til mottakeren. Ved ordinær binærkoding må det da overføres $n = \text{ceil}(\log_2(N))$ bit/symbol for å kunne representere hele alfabetet, der funksjonen $\text{ceil}()$ representerer avrunding oppover til nærmeste heltall. I praksis kan vi imidlertid ofte benytte mer effektiv koding som gir $m < \log_2(N)$ bit/symbol.

- b) Angi hvilke(n) egenskap(er) hos informasjonsstrømmen som må foreligge for at dette skal være mulig.
Forklar, med én setning, hvordan effektive koder benytter denne/disse egenskapen(e) for å oppnå en netto reduksjon i antall bit/symbol.

Oppgave 7 Nivåmåling (15%)

Nivåmåling kan gjøres via ulike fysiske prinsipper, som alle har sine begrensninger med hensyn på bruksområde. Skisser og forklar kort virkemåten til, og eventuelle begrensninger ved, følgende nivåmålingsprinsipper:

- a) Oppdrift
- b) Kapasitans
- c) Boblerør
- d) Ultralyd