



**NTNU**

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

**Institutt for teknisk kybernetikk**

Fakultet for informasjonsteknologi,  
matematikk og elektroteknikk

**Eksamen  
i  
TTK4125  
Datastyring, instrumentering og måleteknikk**

**31. mai 2007  
kl 9:00 – 13:00**

**Hjelpemidler: C.  
Følgende er tillatt:**

- Kernigan & Richie, The C programming language
- Typegodkjent kalkulator

**Faglig kontakt under eksamen:**

Øyvind Stavdahl 73 59 43 77

Jorunn Riddervold 996 04 346

Da tidligere vurdering i faget teller inntil 40% av den endelige karakteren, teller denne eksamen i utgangspunktet 60%.

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

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

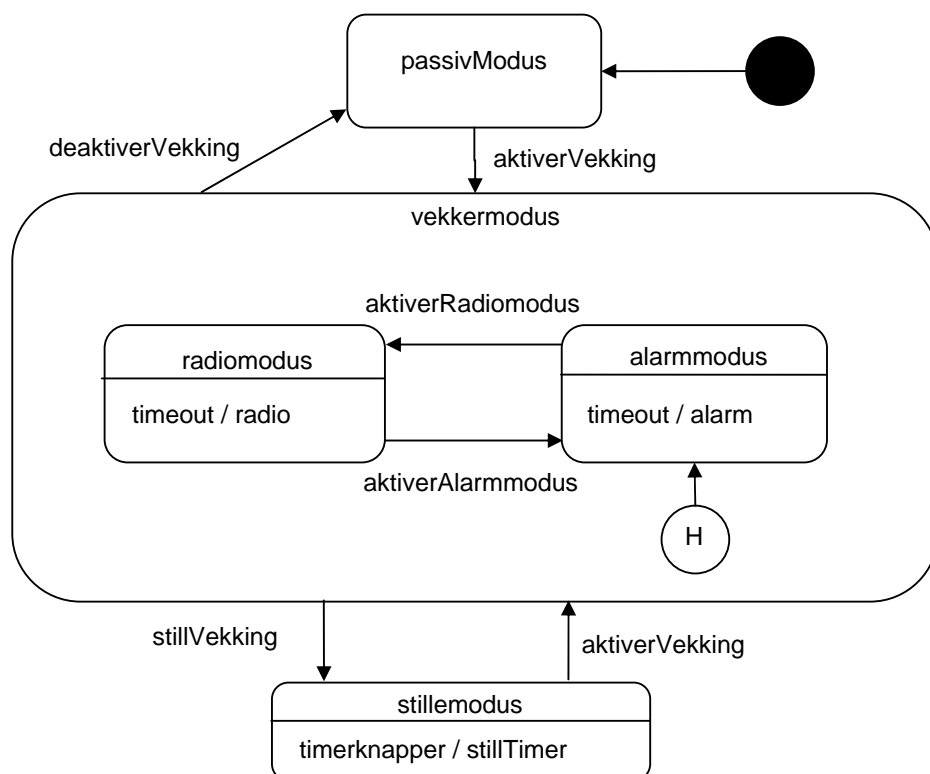
Oppgavesettet består av 7 sider.

**Lykke til!**

## Oppgave 1: UML (15%)

Tilstandsdiagrammet i Figur 1 viser oppførselen til styresystemet i en noe forenklet klokke-radio. Vi tenker oss at klokke-radioen foruten styresystemet består av følgende moduler:

- En *alarmenhet* som lager en "ringelyd" når den aktiveres. Alarmenheten aktiveres av aktiviteten *alarm*, og ringer da i et halvt minutt.
- En *radioenhet* som spiller av den innstilte radiokanalen når den aktiveres. Radioenheten aktiveres med aktiviteten *radio*.
- En *timer* (klokke) som genererer hendelsen *timeout* på et forhåndsinnstilt tidspunkt. Timeren antas å huske innstilt alarmtidspunkt selv om systemets slås av. Når styresystemet er i tilstanden *stillemodus* (se Figur 1) kan brukeren stille inn timeren på ønsket vekketidspunkt, noe som her litt abstrakt representeres med hendelsen *timerknapper* og aktiviteten *stillTimer*.
- Et *frontpanel* med diverse betjeningsorganer. Gjennom knapper på frontpanelet kan brukeren generere hendelsene *aktiverVekking*, *deaktiverVekking*, *aktiverRadiomodus*, *aktiverAlarmmodus* og *stillVekking*.



Figur 1 Tilstandsmaskin for styresystemet i en forenklet klokke-radio

- a) Tegn et sekvensdiagram som viser scenariet i tabellen nedenfor. Beskriv eventuelle antakelser du gjør.

**Tabell 1: Hendelsesliste for klokkeradio-scenario**

| Tidspunkt | Hendelse   |
|-----------|--|
| 23:00     | (Systemet slås på, timer allerede innstilt på 06:30) |
| 23:01     | <i>aktiverVekking</i>                                |
| 06:30     | <i>timeout</i>                                       |
| 06:31     | <i>aktiverRadiomodus</i>                             |
| 06:32     | <i>stillVekking</i>                                  |
| 06:33     | <i>timerknapper</i> (stiller timeren på kl 07:00)    |
| 06:35     | <i>aktiverVekking</i>                                |
| 07:00     | <i>timeout</i>                                       |
| 07:01     | <i>deaktiverVekking</i>                              |

## Oppgave 2: C-programmering (10%)

Figur 2 viser en tenkt C headerfil *funcs.h*:

```
#ifndef FUNCS_H
#define FUNCS_H

static int g_i;
extern int g_j;
int g_k;

#endif
```

**Figur 2: Headerfilen *funcs.h***

- a) Hva er formålet med denne `#ifndef/#define/#endif`-omkransningen (dvs. den uthevede delen av koden)?
- b) En eller flere av linjene hører ikke hjemme i en headerfil. Hvilke, og hvorfor? Hva slags feil kan oppstå som følge av disse?
- c) Hva er forskjellen på en C-definisjon og en -deklarasjon?
- d) Hva er problemet med funksjonen i Figur 3? Hva kan konsekvensene av en slik bug være?

```

int * getIntPointer(){
    int i;
    return &i;
}

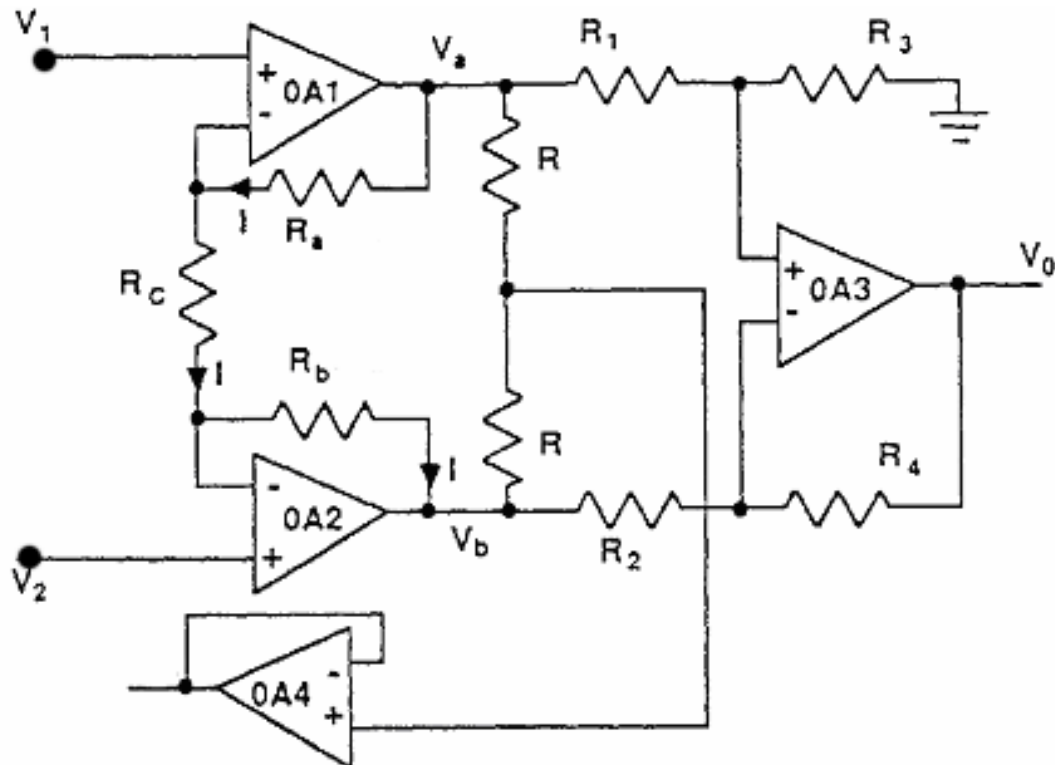
```

Figur 3: C-funksjonen *getIntPointer()*

### Oppgave 3: Instrumenteringsforsterker (10%)

Figur 4 viser kretsskjemaet for en instrumenteringsforsterker.

- a) Denne kretsen består av det vi kan kalle tre funksjonelle moduler, eller trinn, hver med sine karakteristiske egenskaper. Identifiser disse tre trinnene ved å angi hvilke operasjonsforsterkere (OA1, OA2, OA3 osv.) og/eller motstander som inngår i hver av dem, og forklar stikkordsmessig hensikten og virkemåten til hvert trinn. Beskriv også eventuelle fysiske forhold i og utenfor forsterkeren som nødvendiggjør de enkelte kretsløsningene.



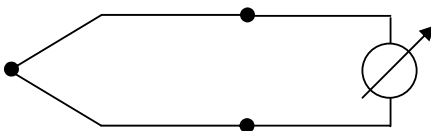
Figur 4 Instrumenteringsforsterker

#### Oppgave 4: A/D- og D/A-omsettere (10%)

- a) Forklar, med figur og tekst, virkemåten til en dobbel-rampe-basert A/D-omsetter (eng.: "dual-slope A/D converter"). Kretsskjema er *ikke* påkrevet.
- b) Skisser oppbygningen og forklar i stikkordsform virkemåten til en D/A-omsetter basert på et såkalt  $R$ - $2R$ -stigenettverk. Hvorfor er denne løsningen ofte foretrukket framfor et binærvektet stigenettverk?

#### Oppgave 5: Temperaturmåling (20%)

- a) Forklar hva som er det viktigste problemet knyttet til temperaturmåling.
- b) Forklar prinsippet for motstandsmålere av metall. Nevn to metaller mye brukt som element i motstandsmålere. Beskriv to feilkilder som påvirker nøyaktigheten til motstandsmålere og si litt om når disse feilkildene er viktige.
- c) Nevn noen fordeler og ulemper ved termistorer.
- d) Forklar prinsippet for termoelement.
- e) Sett opp et uttrykk for den målte spenningen over et kobber – nikkel termopar. Anta at tilkopplingsledningene er av kobber.



**Figur 5: Prinsippskisse av termoelement**

- f) Vil et totalstrålingspyrometer måle for lav eller for høy temperatur dersom objektets overflate er gul? Grunngi svaret.

## Oppgave 6: Elektromagnetisme (10%)

Figur 6 viser to rette elektriske ledere med lengde  $l=1$  m som ligger parallelt med avstand  $d=1$  m fra hverandre. Begge lederne fører strøm i samme retning; den ene fører strømmen  $i_1 = 1$  A og den andre  $i_2 = 10$  A. Ledernes tykkelse er neglisjerbar.

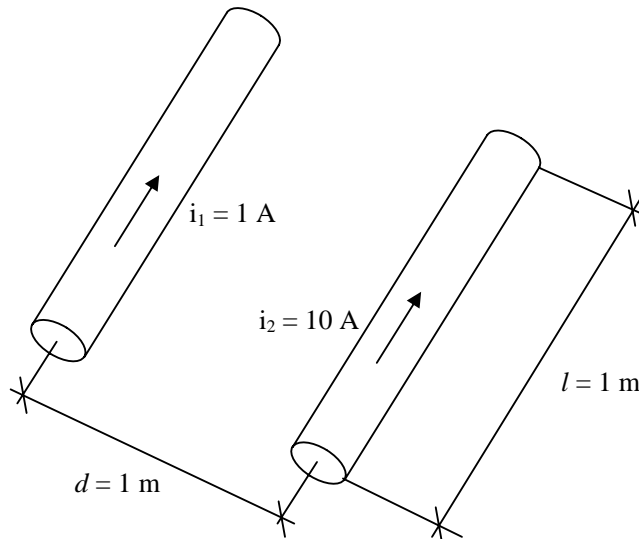
- Hvilken flukstetthet settes opp av 1A-lederen i en avstand på 1 m fra denne lederen?
- Finn kraften som virker fra den ene lederen på den andre, og angi om den virker tiltrekkende eller frastøtende.

Oppgitt:

- Ampères lov:  $\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum i$

-  $\vec{f} = i * \vec{l} \times \vec{B}$

- Permeabiliteten i luft settes lik  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$



Figur 6: Parallele elektriske ledere

## Oppgave 7: Motorer og motorstyring (10%)

- Hvilke hovedmoduler, eller trinn, består en typisk frekvensomformer av, og hva er deres funksjon?
- Skissér moment-hastighetskarakteristikken til en asynkronmotor, og forklar hvordan bruk av en frekvensomformer kan gjøre asynkronmotoren mer anvendelig som aktuator.
- Forklar begrepene synkronhastighet, sakking, elektrisk vinkel og mekanisk vinkel.

## Oppgave 8: Transmisjonslinjer (5%)

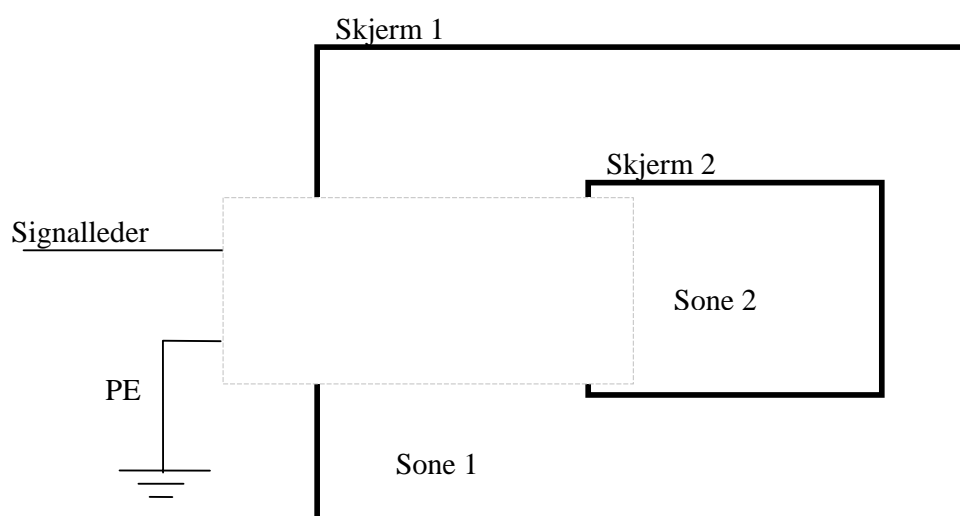
Betrakt et system bestående av en signalkilde med utgangsimpedans  $Z_s$  tilkopleet en transmisjonslinje med karakteristisk impedans  $Z_0$ . Linjen er koplet til en last med inngangsimpedans  $Z_L$ .

- Under hvilke omstendigheter bryter tradisjonell kretsteknikk sammen, slik at vi må bruke transmisjonslinjeteori for å beskrive spenninger og strømmer i dette systemet?
- Forklar hva som ligger i begrepet refleksjonskoeffisient. Hva må være oppfylt for at det ikke skal forekomme signalrefleksjoner i systemet?

## Oppgave 9: EMC (10%)

Figur 7 viser et system som er delt opp i generaliserte skjermsoner, omsluttet av hver sin generalisert skjerm. Til venstre i figuren vises en signalleder og en ekstern jordforbindelse. Signalleder skal føres inn i sone 2, og systemet jordes. Selve koplingene gjennom skjermene er maskert vekk på figuren med et hvitt stiplet rektangel.

- Fullfør tegningen ved å tegne inn og sette navn på de deler, komponenter og koplinger som du mener er nødvendige for å gi robust jording og signalgjennomføring.
- Beskriv hensikten med hver av de forskjellige komponentene/koplingene du har tegnet inn og hvordan de er koblet.
- Hvilke hensyn må man ta til valg av det utstyret som plasseres innen en avgrenset sone?



Figur 7: System med generaliserte skjermsoner