

## Institutt for Teknisk Kybernetikk

### Eksamensoppgave i TTK 4235 Tilpassede datasystemer

**Eksamensdato:** 25.05.2020

**Eksamenstid (fra-til):** 09:00-13:15 (**OBS:** ekstratiden på 15 min er kun ment for å digitalisere håndtegninger og laste opp filer. Vær sikker på at du setter av nok tid til å gjennomføre dette)

**Hjelpemiddelkode/Tillatte hjelpemidler:** A / Alle hjelpemidler tillatt

**Faglig kontakt under eksamen:**

Tlf.: 99232845 (Martin)

Tlf.: 95150321 (Morten)

**Teknisk hjelp under eksamen:** [NTNU Orakel](#)

Tlf: 73 59 16 00

### **ANNEN INFORMASJON:**

Gjør dine egne antagelser og presiser i besvarelsen hvilke forutsetninger du har lagt til grunn i tolkning/avgrensning av oppgaven. Faglig kontaktperson skal kun kontaktes dersom det er direkte feil eller mangler i oppgavesettet.

**Lagring:** Besvarelsen din i Inspira Assessment lagres automatisk. Jobber du i andre programmer – husk å lagre underveis.

**Juks/plagiat:** Eksamen skal være et individuelt, selvstendig arbeid. Det er tillatt å bruke hjelpemidler. Alle besvarelser blir kontrollert for plagiat. [Du kan lese mer om juks og plagiering på eksamen her.](#)

**Kildehenvisninger:** Vi stiller ingen krav til kildehenvisning

**Varslinger:** Hvis det oppstår behov for å gi beskjeder til kandidatene underveis i eksamen (f.eks. ved feil i oppgavesettet), vil dette bli gjort via varslinger i Inspira. Et varsel vil dukke opp som en dialogboks på skjermen i Inspira. Du kan finne igjen varselet ved å klikke på bjella øverst i høyre hjørne på skjermen. Det vil i tillegg bli sendt SMS til alle kandidater for å sikre at ingen går glipp av viktig informasjon. Ha mobiltelefonen din tilgjengelig.

**Vekting av oppgavene:** Hver oppgave teller 25% av total score

**Filopplasting:** Alle filer må være lastet opp i besvarelsen før eksamenstida går ut. Det er lagt til 15 minutter til ordinær eksamenstid for digitalisering av håndtegninger/filer. (Tilleggstida inngår i gjenstående eksamenstid som vises øverst til venstre på skjermen.)

[Slik digitalisere du håndtegnene dine.](#)

[Slik lagrer du dokumentet ditt som PDF.](#)

[Slik fjerner du forfatterinformasjon fra filen\(e\) du skal levere.](#)

### **OM LEVERING:**

**Besvarelsen din leveres automatisk når eksamenstida er ute og prøven stenger**, forutsatt at minst én oppgave er besvart. Dette skjer selv om du ikke har klikket «Lever og gå tilbake til Dashboard» på siste side i oppgavesettet. Du kan gjenåpne og redigere besvarelsen din så lenge prøven er åpen. Dersom ingen oppgaver er besvart ved prøveslutt, blir ikke besvarelsen din levert. TIPS: siden du kan levere besvarelsen så mange ganger du vil innen prøven stenger, anbefaler vi å legge inn besvarelsen din ofte, f.eks. etter at du er ferdig med en oppgave/deloppgave.

**Trekk fra eksamen:** Ønsker du å levere blankt/trekke deg, gå til hamburgermenyen i øvre høyre hjørne og velg «Lever blankt». Dette kan ikke angres selv om prøven fremdeles er åpen.

**Tilgang til besvarelse:** Du finner besvarelsen din i Arkiv etter at sluttida for eksamen er passert.

## Innledning

Det skal utvikles en *babycall*. Babycallen skal brukes til å overvåke sovende barn, og består av to enheter – en *babyenhet* og en *foreldreenhet*.

Babyenheten plasseres i nærheten av det sovende barnet, og denne måler temperatur og overvåker lydnivået i rommet. Temperaturmålingene og batteristatus sendes over radio. Dersom lydnivået overstiger et visst nivå sender den lydopptak i sanntid over radio.

Foreldreenheten ligger der foreldrene oppholder seg. Den mottar temperaturmålinger, batteristatus og evt. lydsignal, og henholdsvis viser temperatur og batteristatus på skjermen og spiller av lydsignalet. Dersom den ikke har kontakt med babyenheten gir den alarm.

Alle oppgavene dreier seg om forskjellige sider ved utviklingen av babycallen.



## Spesifikasjoner

Både foreldreenheten og babyenheten skal styres av en nRF51-enhet.

Babyenheten har flere sensorer, blant annet en mikrofon som brukes for å detektere når det er lyd i rommet, og for å ta opp lyd som overføres til foreldreenheten. Mikrofonen er en analog sensor som registrerer raske variasjoner i lufttrykk, og gir ut et spenningssignal i intervallet -5 til +5 V. Kravspesifikasjonen til babycallen krever at den registrerer lydfrekvenser opp til 20 kHz (slik at den fanger opp alle nyanser av barnegråt).

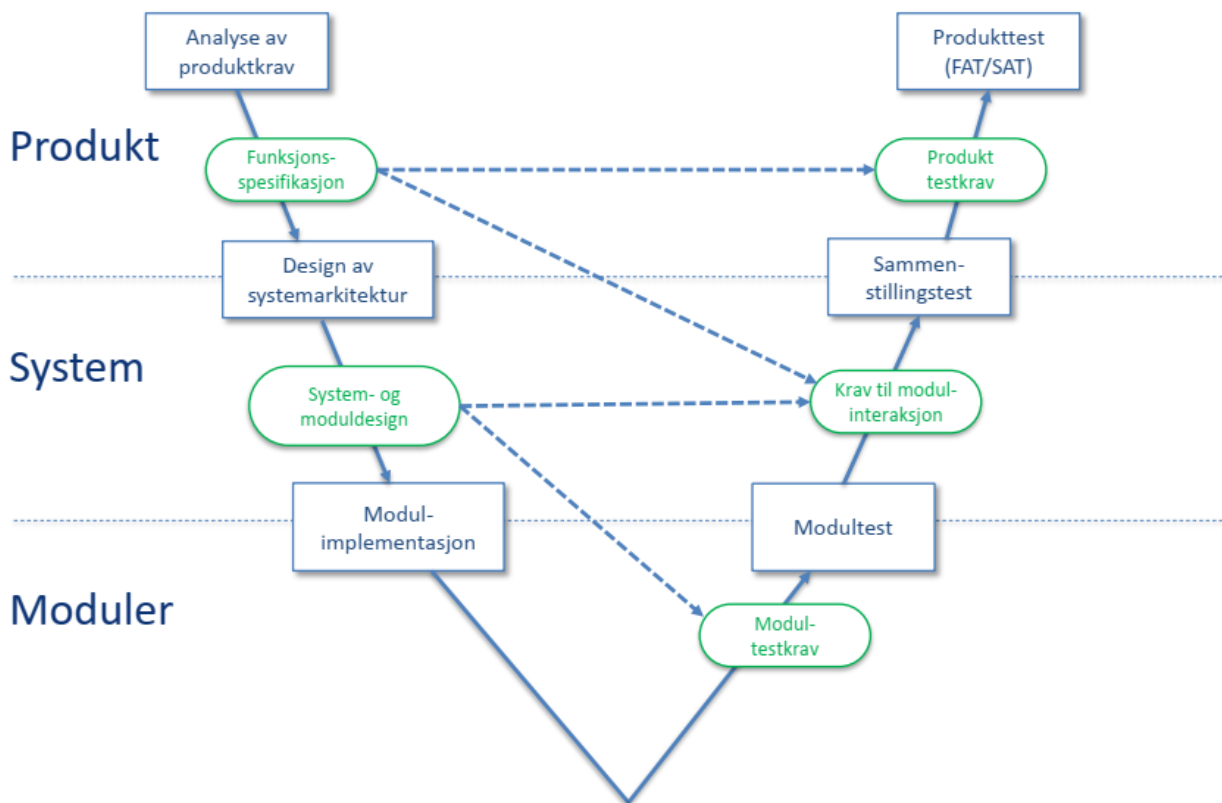
Babyenheten skal ha en konfigurert grenseverdi for lydnivået i intervallet 40-70 dB. Når lydnivået i barnerommet overstiger grenseverdien, skal lydsignalet bli overført via en trådløs kommunikasjonskanal til foreldreenheten, som spiller av lyden via en høyttaler.

Babyenheten har også et termometer for måling av lufttemperatur som måler temperaturer mellom -20 og +40 grader og gir ut verdier i intervallet 0-3.5 V. Denne målingen gjøres bare hvert 10. sekund.

Radiooverføringen mellom enhetene gjøres via den innebygde radiomodulen i nRF51-enhetene. Babyenheten er satt opp til å operere med en bærefrekvens på 2407 MHz. Foreldreenheten bruker samme type radiomodul, men er satt opp til å motta signaler over hele frekvensspekteret (2400-2449 MHz).

## Oppgave 1: V-modellen, testing og spesifikasjon (25%)

Du jobber i selskapet som utvikler babycallen. Firmaet har tradisjon for å bruke en variant av V-modellen (den pragmatiske V-modellen, Figur 1) i utvikling av nye produkter.

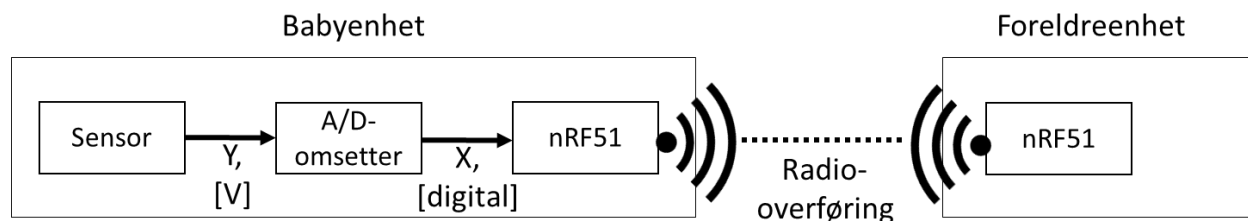


Figur 1: Den pragmatiske V-modellen.

- En av kollegene dine sier at Agile-metoder er mye mer effektivt, men du er usikker på om det er tilfelle for akkurat dette produktet. Vurder kortfattet fordeler og ulemper med V-modellen i utviklingen av babycallen.
- Det blir besluttet å bruke den pragmatiske V-modellen. I metodikken inngår FAT- og SAT-test. Hva er forskjellen på FAT- og SAT-testene for babycallen? Gi to eksempler på problemer som kan avdekkes for dette produktet i SAT-testen etter en vellykket FAT-test.
- Du får i oppgave å definere produktkrav for babycallen basert på informasjonen gitt under *Spesifikasjoner* innledningsvis. Hvis du bare fokuserer på funksjonaliteten i lydopptak via mikrofonen, digitalisering og sending av lyd via radio fra babyenheten kan det være naturlig å definere de tre modulene mikrofon (hardwarenhet for lydopptak), A/D-konverter (for digitalisering av lydsignalet) og radioenhet (for sending av lydsignal). Gi eksempler på 1) testkrav for en av modulene, 2) krav til modulinteraksjon mellom to moduler og 3) krav til produktet. Foreslå (kortfattet) en test for hvert tilfelle.

## Oppgave 2: digitalisering, overføring og EMC (25%)

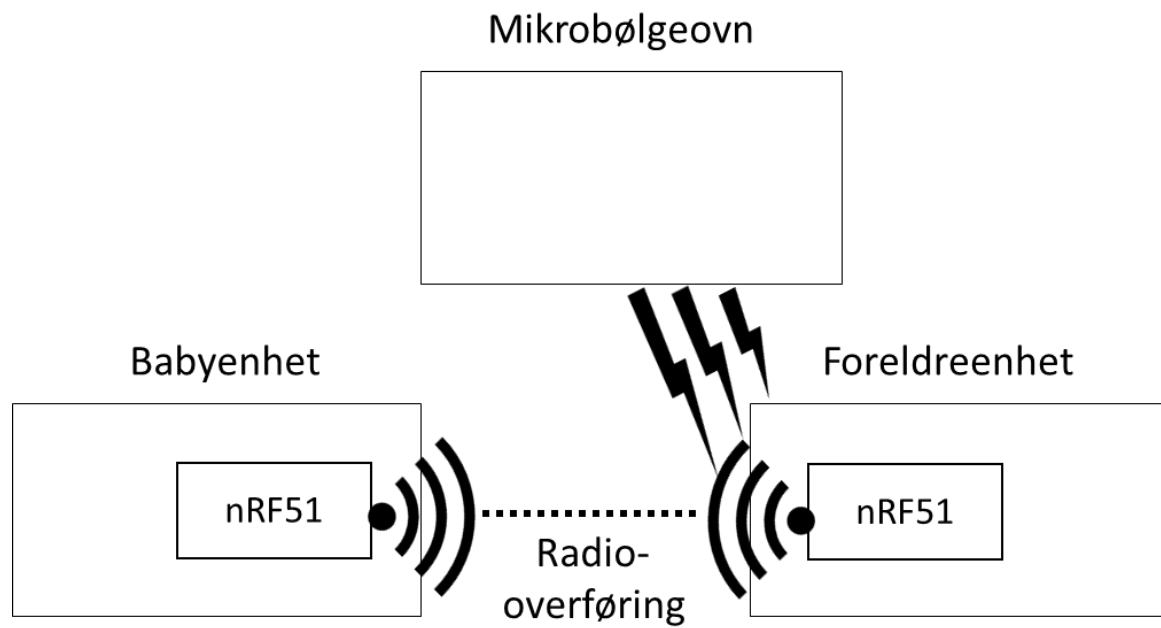
I denne oppgaven ser vi på digitalisering av lyd- og temperatursignal fra mikrofonen på babyenheten, og radiooverføring til foreldreenheten. Bruk informasjonen fra kapittelet *Spesifikasjoner*.



Figur 2: Skjematisk oppsett av systemet fra måling via A/D-omsetting i babyenheten, til radiooverføring til foreldreenheten

- Det analoge lydsignalet må konverteres til et digitalt signal. Velg en type A/D-omsetter (prinsipp for A/D-omsetting, ikke spesifikt produkt) for dette formålet og beskriv hvorfor du har gjort dette valget ut fra egenskapene til omsetteren. Nevn også en type omsetter du ikke ville valgt, og forklar hvorfor.
- For å spare komponenter og plass, skal signalet fra termometeret på babyenheten omsettes av samme A/D-omsetter som lydsignalet. Hvordan kan dette gjøres i praksis?
- Hvilken digital oppløsning må A/D-omsetteren ha (antall bits) for at temperaturen skal gjengis med en oppløsning på minimum 0.5 grader? Hva betyr dette for spenningsoppløsningen fra mikrofonen (antatt at A/D-omsetters konfigurasjon og digitale oppløsning holdes lik uavhengig av inputkilde)?
- Den digitaliserte verdien skal overføres via digital radio til foreldreenheten. Hvilken overføringskapasitet må den digitale radiolinken ha for å klare å overføre alle data fra babyenheten til foreldreenheten uten å miste informasjon (du kan se bort fra temperaturmålinger siden disse skjer betydelig sjeldnere enn lydmålinger)?
- En familie med to små barn kjøper seg et babycallsett av denne typen. Tilfeldigvis er faren i huset lidenskapelig opptatt av mikrobølgeovner og har nylig gått til anskaffelse av en vintage mikrobølgeovn som opererer på 2450 Mhz. Faren oppdager raskt at foreldreenheten begynner å oppføre seg rart dersom han har med seg denne samtidig som han koser seg med mikrobølgeovnen på kjøkkenet. Det har nå oppstått en elektromagnetisk inkompatibel situasjon der mikrobølgeovnen representerer støykilden, mottakeren er foreldreenheten og koplingsveien er radiosignaler på 2450 Mhz (Figur 3). Denne situasjonen kan løses gjennom f.eks.:
  - Modifikasjon av HW-designet på foreldreenheten
  - Endret bruksmønster hos familien

Foreslå minst ett tiltak for hver av disse. Begrunn svarene dine basert på EMC-betraktninger.

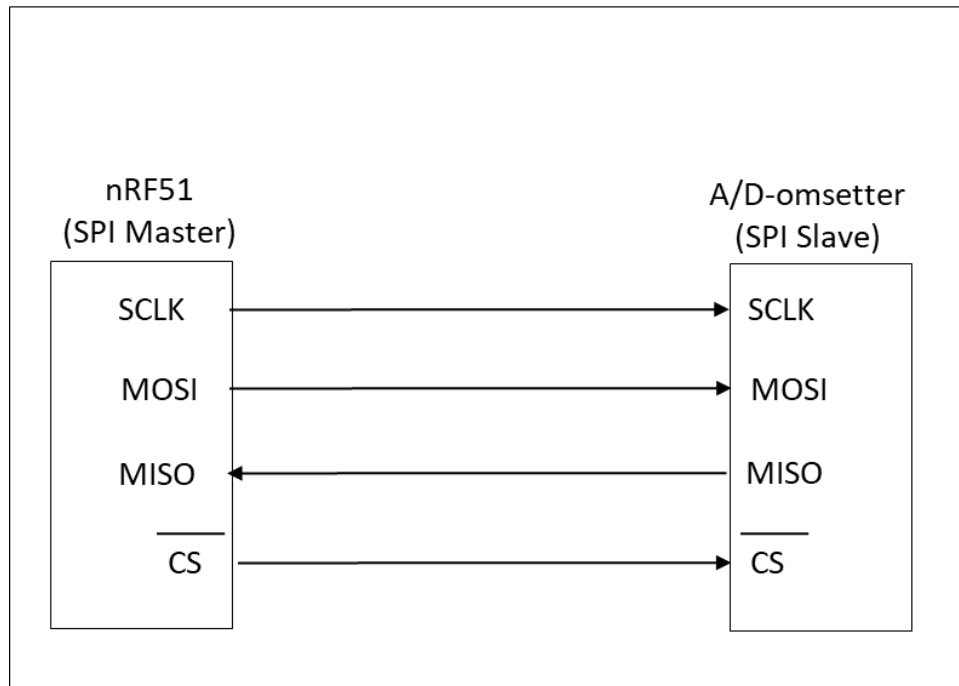


Figur 3: Elektromagnetisk forhold mellom babycallen og en vintage mikrobølgeovn

### Oppgave 3: programmering og Serial Peripheral Interface (SPI) (25%)

A/D-omsetteren i babyenheten skal kobles til nRF51-enheten ved hjelp av Serial Peripheral Interface (SPI) ettersom en ønsker kontinuerlig overføring av lyd når enheten er aktivisert. Leverandøren av A/D-omsetteren oppgir at denne opererer på SPIen med høy klokkepolaritet og tasting på fallende klokkeflanke, samt at den sender MSB først. Du ønsker her å bruke nRF51-enheten som master i et master-slave-forhold med omsetteren som slave (Figur 4).

#### Babyenhet



Figur 4: SPI-kobling mellom nRF51 (som SPI master) og A/D-omsetteren (som SPI-slave).

(tips: finn fram til oversikten over SPI i databladet for nRF51, samt skjemategningen for micro:bit, schematics.pdf).

(NB: det kreves ikke her kjørbart/kompilerbart kode så lenge det går klart frem at du har forstått metodikken og bruker denne)

- Skisser med c-kode/pseudokode hvordan du kan sette opp og bruke en struct til å aksessere SPI-registrene i nRF51.
- Vis hvordan du kan bruke structen fra a) til å aktivere SPI, samt sette denne til å bruke samme pinnene på chipen som de angitt for SPI i skjemategningen for micro:bit (schematics.pdf). Hvorfor kan en bare definere tre SPI-pinner på chipen i registrene koblet til SPI? (bonus: hva betyr dette for muligheter innen multi-slave-konfigurasjon med SPI på nRF51, og implementasjon av dette?)
- Vis hvordan du kan bruke structen fra a) til å konfigurere SPIen i henhold til A/D-leverandørens spesifikasjoner.
- Vis hvordan du setter overføringshastigheten på SPIen høy nok til å håndtere informasjonsmengden over tid som kommer fra mikrofonen?

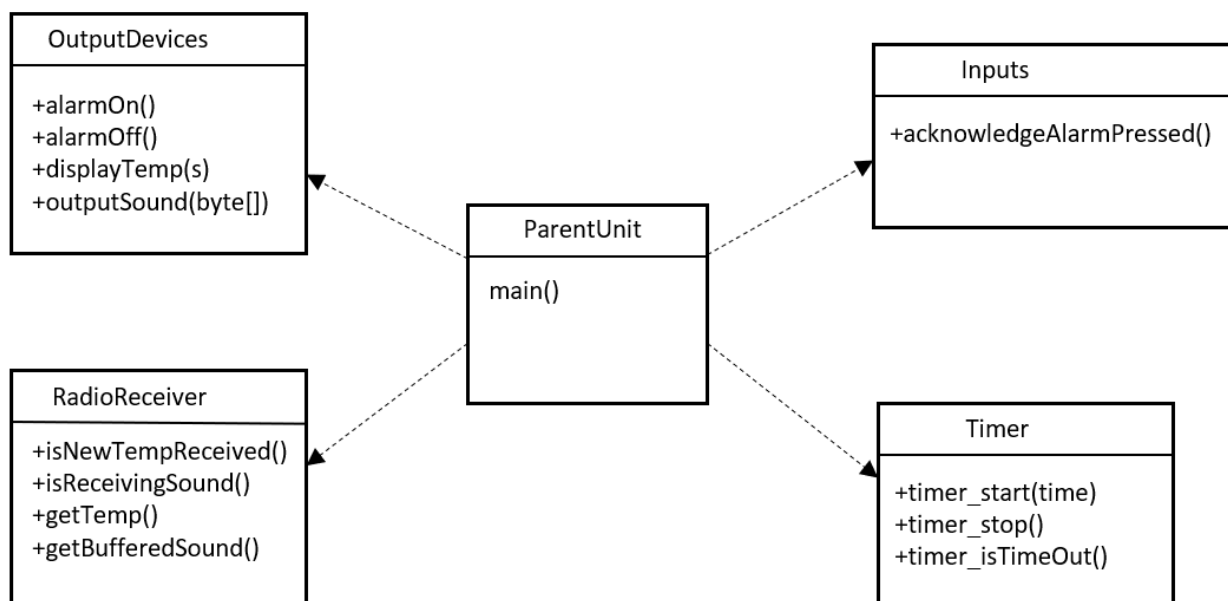
## Oppgave 4: UML-modellering av foreldrenehhet (25%)

Foreldreneheten har til oppgave å motta signaler fra babyenheten via radiomottakeren på nRF51, og gi de nødvendige indikasjonene basert på det som skjer. En mulig funksjonell modularisering av foreldreneheten er at denne inneholder en radiomottaker (innebygget i nRF51-enheten), et display, en høyttaler og et sett med knapper.

Det vanlige use caset for foreldreneheten kan (noe forenklet) beskrives som følger:

*Enheten lytter konstant etter radiosignaler fra babyenheten. Signalene kan inneholde temperaturmålinger eller lydsignal sendt fra babyenheten. Dersom det går 10 sekunder uten at noen signaler mottas skal enheten gi alarm, og alarmen skal være aktiv til det igjen mottas signal. Dersom lydsignal mottas fra babyenheten skal dette spilles av så lenge signalet varer. Når temperaturmåling mottas skal denne vises på foreldrenehetens display.*

Det har allerede blitt laget følgende klassediagram for styringen av foreldreneheten:



Kommunikasjonen med *RadioReceiver* er lagt opp slik at *isNewTempReceived()* og *isReceivingSound()* brukes for å sjekke om det er kommet inn et nytt signal med hhv. temperatur eller lyd. For hver av disse er det en funksjon, hhv. *getTemp()* og *getBufferedSound()*, som returnerer den mottatte informasjonen.

*Timer* fungerer slik at *timer\_isTimeOut()* returnerer *true* hvis og bare hvis *timer\_start()* har blitt kalt, det er gått mer enn den angitte tiden siden siste kall til *timer\_start()*, og *timer\_stop()* ikke har blitt kalt siden siste kall til *timer\_start()*.

I denne oppgaven skal du bl.a. tegne UML-diagrammer. Du velger selv om du vil tegne disse for hånd og fotografere, eller om du vil tegne i et verktøy på datamaskinen. Det kreves ikke 100% korrekt UML-syntaks så lenge det går klart frem hvordan du tenker.

- a) Tegn et tilstandsmaskindiatgram for oppførselen til foreldreneheten.



- b)** Etter å ha laget tilstandsdiagrammet får du beskjed om at brukeren også skal kunne kvittere ut en alarm. Da skal alarmen stoppes, og skal ikke aktiveres igjen før etter at enheten har mottatt minst ett signal, og senere får en ny timeout. En alarm kan ikke kvitteres ut før den inntreffer.

Det er flere måter å løse dette på. Ett alternativ er å bruke to parallelle ortogonale regioner hvor den ene inneholder tilstandsdiagrammet fra a) og den andre inneholder et nytt diagram med tilstandene "Kvittert" og "Ikke kvittert".

1. Tegn det nye tilstandsdiagrammet med disse to tilstandene.
  2. Må du endre tilstandsdiagrammet fra a)? Beskriv i så fall med ord hvordan du må endre det.
- c)** Ett av scenariene i use caset kan beskrives som følger: *Foreldreenheten mottar og viser temperaturmålinger, helt til det går mer enn 10 sekunder uten noe signal. Da gir enheten alarmsignal inntil det mottas signal igjen. Ingen lydsignal mottas i denne perioden.* Tegn et sekvensdiagram for dette scenariet. Du kan se helt bort fra lydmålingene i dette diagrammet. Ta utgangspunkt i klasser og funksjoner definert i klassediagrammet når du tegner sekvensdiagrammet.