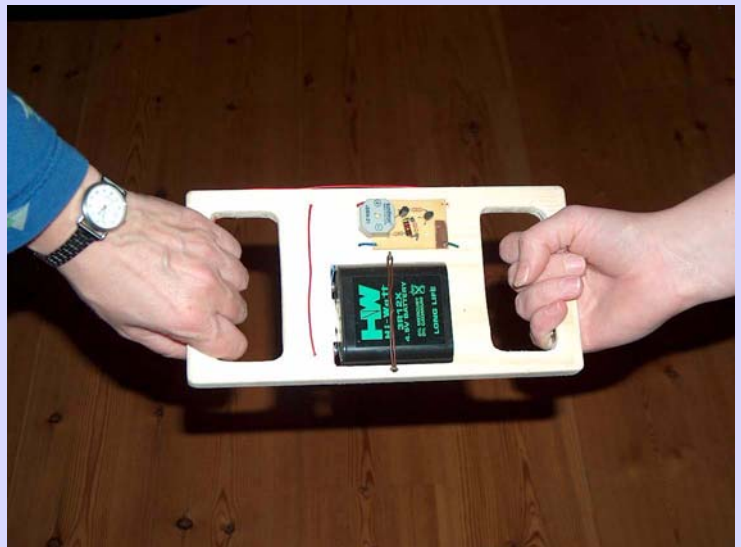


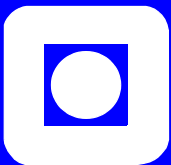
*Nils Kr. Rossing*  
*Berit Bungum*

## Elektroniske sensorer i hus



**Teknologi og entreprenørskap**

NTNU



Trondheim

**Program for  
lærerutdanning**

**Skolelaboratoriet**  
for matematikk, naturfag  
og teknologi

Mai 2009



# **Elektroniske sensorer i hus**

## **Elektroniske sensorer i hus**

Trondheim 2009

Layout og redigering: Nils Kr. Rossing

Dette heftet er et samarbeid mellom  
Skolelaboratoriet ved NTNU

Faglige spørsmål rettes til:

**Skolelaboratoriet for matematikk naturfag og teknologi, NTNU**

v/Nils Kr. Rossing, 73 55 11 91

[nils.rossing@plu.ntnu.no](mailto:nils.rossing@plu.ntnu.no)

Realfagbygget, Høgskoleringen 5  
7491 Trondheim

Skolelaboratoriet

Telefon: 73 55 11 42

Telefaks: 73 55 11 40

<http://www.skolelab.ntnu.no>

Rev 3.0 - 06. mai 2009

# Elektroniske sensorer

Nils Kr. Rossing

Berit Bungum



## **Forord**

Hftet er satt sammen for å brukes under workshop'en: "*Vi bygger elektroniske sensorer*" under naturfagskoferanse 27. og 28. oktober 2005 og senere bearbeidet for bruk under videreutdanningsskurset: Teknologi og Entreprenørskap holdt ved Skolelaboratoriet ved NTNU 6. feb. 2006.

Hensikten har vært å vise at sensorer er noe vi daglig omgir oss med, også i våre egne hjem. De kan være kompliserte eller relativt enkle og kan til og med lages i klasserommet av elevene.

I 2009 ble heftet revidert og det ble lagt til bygging av fuktighetsdetektor på kretskort.

Nils Kr. Rossing

Berit Bungum

Mai 2009





# Innhold

<b>1 Innledning</b> .....	<b>11</b>
<b>2 Det intelligente hus</b> .....	<b>12</b>
2.1 Universell utforming .....	12
2.2 Elementene som inngår i intelligente hus .....	14
2.2.1 Feltbuss (Instabus) .....	15
2.2.2 Fjernstyring .....	15
2.2.3 Sikkerhet .....	16
2.2.4 ENØK .....	16
2.2.5 Audiovisuelt utstyr .....	17
2.2.6 Overvåking og styring .....	17
2.2.7 Oppkobling mot andre bussystemer .....	17
2.2.8 Annet .....	18
<b>3 Hvordan virker de vanligste sensorene?</b> .....	<b>18</b>
3.1 Røykdetektor (røyk, varme) .....	18
3.1.1 Ioniserende røykdetektorer [2] .....	19
3.1.2 Optiske og fotoelektriske røykdetektorer [2] .....	20
3.1.3 Infrarød røykdetektor .....	20
3.2 Fotomotstand (LDR - Light Dependent Resistor) .....	21
3.3 IR-detektor (bevegelse) .....	22
3.4 Temperaturfølsomme sensorer .....	23
3.5 Lyssensorer brukt til kommunikasjon – fjernkontrollen for TV .....	26
<b>4 Bygg en enkel detektor</b> .....	<b>29</b>
4.1 Noen grunnleggende komponenter .....	29
4.1.1 Symbolisering av komponentene .....	30
4.2 Kretsskjema, strømforsterkeren .....	34
4.3 Bygging av fuktighetsdetektoren .....	35
4.3.1 Framstilling av monteringsplata .....	35
4.3.2 Montering av komponentene .....	37
4.3.3 Bygging av strømforsterkeren på kretskort .....	43
4.4 Fuktighetsdetektorens virkemåte .....	46
4.5 Alternative bruksområder .....	49
4.5.1 Fuktighetsindikator .....	49
4.5.2 Tørkedetektor .....	49

4.5.3	Lysdetektor .....	51
4.5.4	Mørkedetektor .....	51
4.5.5	“Elevprobe” - Hvem holder hverandre i hånda? .....	52
4.6	Utfør enkle laboratorieeksperimenter på fuktighetsdetektoren .....	53
4.6.1	Oppkobling av tørkedetektor .....	54
4.6.2	Lysdetektor .....	54
4.6.3	Mørkedetektor .....	55
<b>5</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>56</b>
<b>Vedlegg A</b>	<b>Loddekurs .....</b>	<b>57</b>
<b>Vedlegg B</b>	<b>Hvordan angis motstandsverdien til en motstand .....</b>	<b>59</b>

## 1 Innledning

Sensorer er overalt i vårt høyteknologiske samfunn. De registrerer egenskaper ved våre omgivelser, det være seg temperatur, røyk, lys, lyd osv. og er viktige komponenter i systemer beregnet for overvåking og styring. I dette hefte vil vi bruke begrepet *sensor* om et element som måler verdien til en fysisk parameter i våre omgivelser. En *detektor* er et element som måler verdien til en fysisk parameter, men som i tillegg forholder seg til en terskelverdi. Dersom verdien til den målte parameteren overskrider terskelen, gir detektoren fra seg et signal. Fuktighetsdetektoren som skal beskrive i dette heftet er av denne typen. Den kan ikke si nøyaktig *hvor* fuktig det er, bare at fuktigheten overskrider en terskel slik at varsel (signal) gis.

Eksempler på sensorer som omgir oss kan være:

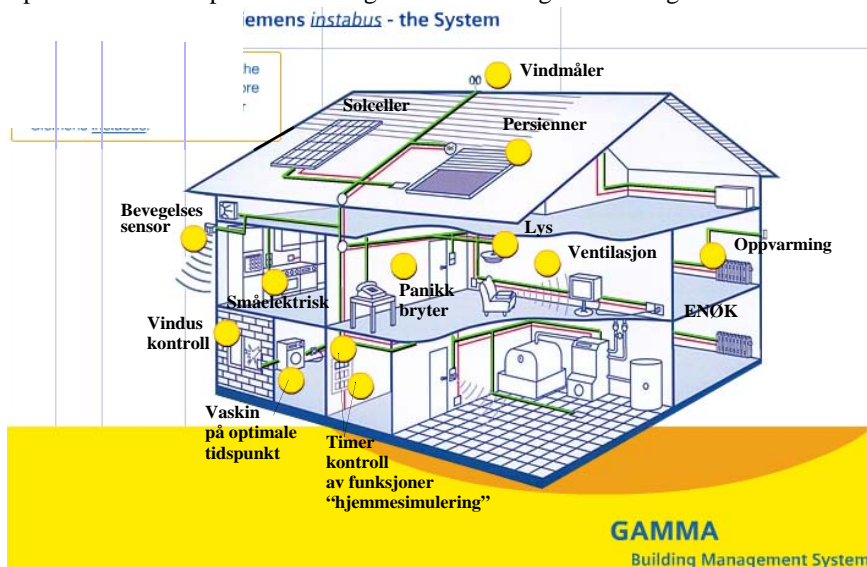
- Temperatursensorer for måling og kontroll av temperatur i innerom, varmtvannstanker og kjøleskap
- Røykdetektorer for registrering av branntilløp og røykutvikling
- Vannmålere for måling av vannforbruk
- Fuktighetsdetektorer for registrering av vannlekkasje
- Brytere for registrering av åpning av dører og vinduer ved innbrudd
- Lysdetektorer for tenning og slukking av utelys
- IR-detektor for deteksjon av bevegelse f.eks. i automatiske døråpnere eller bilalarm
- Dopplermåler for måling av fart i politiets lasermålere
- Sensor for registrering av magnetfelt brukt i tyverialarmer i butikker og i automatiske trafikklys
- Trykksensorer for måling av trykk, måling av flyhøyde og dybden ved dykking
- Tachometere for måling av fart i biler og tog
- Mikrofoner for måling av lydnivå og støy
- Nivåmålere for måling av innhold i bensintanker og andre beholdere
- Effekt- og energimålere for måling av forbrukt elektrisk energi

Slik kan vi fortsette å ramse opp sensorer og detektorer som vi omgir oss med.

I det neste kapittelet skal vi se hvordan disse sensorene kan settes i system i et moderne hus.

## 2 Det intelligente hus

I dette kapitlet skal vi se på hvilke muligheter det intelligente huset gir oss.



Figur 1 Ulike funksjoner i et "intelligent" hus.

### 2.1 Universell utforming<sup>1</sup>

I november 2004 la Regjeringen fram Handlingsplan før økt tilgjengelighet for personer med ned-satt funksjonsevne - plan for *universell utforming*<sup>2</sup> innen viktige samfunnsområder. Handlingsplanen er femårig (2005 - 2009) og viser hvordan staten vil samle og styrke innsatsen for å gi alle innbyggere likeverdige muligheter til å være aktive i samfunnslivet og privat. Planene retter seg mot å forebygge og fjerne samfunnskapte barrierer innen viktige samfunnsområder som bygg, uteområder, transport og IKT.

Universell utforming er derfor et mål for fremtiden (jfr. stortingets innstilling til Nasjonal Transportplan 2006 - 2015 og Eiendomsutvalgets Innstilling om offentlig eiendomsforvaltning). Tilgjengelighet skal kombineres med bærekraftig utvikling, estetikk, økonomi og sikkerhet.

1. Stoffet til dette avsnittet er hentet fra et notat utarbeidet av Knut Moen som er engasjert av Boligprodusentenes forening for å videreutvikle undervisningsopplegget BOLIGabc.
2. Universell utforming er utforming av produkter og omgivelser på en slik måte at de kan brukes av alle mennesker i så stor utstrekning som mulig uten behov for tilpasning og en spesiell utforming. Begrepet brukes gjerne synonymt med *Tilgjengelighet for alle*.

## **Livsløpsstandard**

Husbankens livsløpsstandard skal sikre god tilgjengelighet slik at boligen kan brukes i alle perioder av livet, også ved nedsatt bevegelighet og bruk av rullestol. En livsløpsbolig er ikke en spesialbolig for rullestolbrukere, men en bolig som med enkle midler kan tilpasses en mulig bruker av rullestol.

Livsløpsstandard forutsetter:

- Trinnfri adkomst fra biloppstillingsplass og til inngangsdør
- Stue, kjøkken, bad, soverom og atkomst til uteplass på inngangsplan
- En rullestolbruker skal kunne åpne/lukke og passere gjennom alle nødvendige dører.
- En rullestolbruker må komme fram til og kunne betjene det enkelte rommets funksjoner.

Husbankens livsløpsstandard er for tiden under bearbeiding for i større grad å inkludere prinsippene for universell utforming eller tilgjengelighet for alle.

## **Intelligente hager og hus**

Hus og hage kan gis egenskaper som øker komforten, bedrer sikkerheten og økonomien.

Dette oppnås ved å etablere et kabel- eller trådløst nett (kommunikasjonsnett) i hage og hus slik at elektrisk og elektronisk utstyr kan kommunisere med hverandre. Husets totale elektriske anlegg (lys/varme/maskiner), informasjons- og kommunikasjonssystemer kan dermed integreres og overvåkes/styres ved hjelp av en hussentral via PC eller mobiltelefon.

Kabelsystemet gjør det mulig å bruke tv, telefon, datamaskiner, telefaks, telefon, sikkerhetsutstyr osv i hagen og i alle rommene i huset. Det digitale interne nettverket er konstruert for å tilfredstille kravet til hastighet og kapasitet. Kabler, kontakter og koplingsmateriell skal være tilpasset hverandre etter EU standard.

## **Innbruddsikring.**

Innbruddsikringen integreres med de andre installasjonene i hagen og huset for eksempel lys og elektroniske innretninger. Det skal se ut som hagen og huset er bebodd når de som bor der er borte. Alarmen i og utenfor huset bråker, lys blinker og varsler vaktelskap.

## **Brannalarm.**

Røykdetektorer redder liv og sikrer eiendom. 22 % av alle branner i boliger har el-årsak og 15 % skyldes feil bruk av el-utstyr. Detektorer varsler hussentral som igjen varsler vaktelskap og/eller eier via mobiltelefon.

### **Vannalarm og vanningsanlegg.**

Vannskader fører til kostbare reparasjoner i boliger. De vanligste skadene skyldes lekkasjer fra vaske- og oppvaskmaskiner, fra sprekkdannelse i rør og koblinger på grunn av aldring, dårlig utførelse eller frostskaider. Det monteres fuktighetsdetektorer i alle våtrom slik at en lekkasje varsles umiddelbart. Fuktighetsdetektorer kan også monteres på utsatte steder i kjeller, kryperom, vegger og takkonstruksjoner for å varsle fuktighet som kan påføre huset råteskader. Detektorene varsler hussentral som igjen kontakter eier via mobiltelefon.

Detektorer kan monteres i hagen for automatisk vanning av plen, busker og planter.

### **Lys- og varmestyring.**

Energisparing og økt komfort er viktige begreper i et intelligent hus. Ved hjelp av følsomme termostater har en oversikt over temperaturen i alle rom. Oppvarmingen kan styres slik at den passer for hver enkelt. Dag- og nattemperaturen stilles inn individuelt for hvert rom. Temperaturen senkes når huset står tomt og kan stilles inn slik at en kommer tilbake til ønsket temperatur. Varmen settes på sparing når huset står tomt i lengre perioder og temperaturen kan ved hjelp av mobiltelefon økes/styres og avleses/kontrolleres etter behov. Lyset slås av og på ved bevegelse i hagen og huset/rommet og unødvendig lys slås av om natten. Lysstyrken reguleres med dempere. Dempes lyset 10 % oppnås 50 % lengre levetid på pærene samtidig som strøm spares.

Lyset kan slås av, gjerne til ulike tider av døgnet, når en er på ferie slik at hagen og huset ser bebodd ut.

### **Overvåkningssystem.**

Et overvåkningssystem er et viktig element for å gi komfort og sikkerhet. Kamera plasseres i hagen ved inngangspartiet og kobles opp mot TV eller egen monitor. Kameraet kan også kobles til ekstra utelys slik at disse tennes/blinker når noen nærmer seg huset. Kamera kan monteres på barnerom som "barnevakt" og kombineres med 2 veis talesystem.

I det neste avsnittet skal vi gå litt nærmere inn på de enkelte delene av elementene i et slikt styrings og overvåkningssystem.

## **2.2 Elementene som inngår i intelligente hus**

En av forutsetningene for intelligente hus er at de enkelte elementene kan kommunisere med hverandre. Eksempelvis betyr dette at bevegelsesdetektoren i stua må kunne varsle sentralen i entreen, og at samtlige ovner må kunne styres fra den samme sentralen o.l. For at dette skal være mulig må en ha et effektivt kommunikasjonsnett, slike nett kan enten være ført i egne kabler, eller sammen med strømmettet (240V nettet) eller trådløst. Ofte betegnes slik nett for en *buss* eller *feltbuss*.

En kan kanskje tenke på feltbussen som en felles transportmiddel for meldinger som skal til de forskjellige enhetene (ovnen, lyspunktet, detektoren). Hver melding er adressert slik at den kommer fram til riktig sted, akkurat som pasasjerene på bussen vet akkurat hvor de skal stå av for å komme dit de skal.

I det videre har vi hentet eksempler fra Siemens sitt sortement. Vi skylder å gjøre oppmerksom på at det finnes flere aktører på dette markedet.

### 2.2.1 Feltbuss (Instabus)

Siemens benytter en feltbuss (Gamma Instabus) som forbinder alle installasjoner. Dette er en buss basert på kabel (to ledninger). Styringsinformasjon sendes etter hverandre i tid (på seriell form). Dersom denne legges til samtlige punkter i huset har en senere full frihet til å endre funksjonalitet etter behov. Bussen kan også kommunisere på 240V nettet, dvs. at nettleidningen både fører fram elektrisk energi og styring- og kontrolldata.



*Figur 2 Eksempler på enheter for styring (konsoller)*

Enhetene for styring kan være enkle eller mer sofistikerte. Figur 2 viser tre ulike varianter brytere som f.eks. kan brukes ved dimming av lys, styring av vinduer eller persienner.

Alternativt kan et trådløst kommunikasjonsnett tilsluttes feltbussen (Gamma wave). Da slipper en å legge kabler til alle enheter. Dette opererer på 868MHz.

### 2.2.2 Fjernstyring

Styringen trenger ikke nødvendigvis bare skje på stedet. En kan ringe opp systemet fra mobiltelefonen og slå på varme, lys eller lignende. Dette kan være aktuelt før en reiser på hytta.

Eller en befinner seg på ferie og kommer på at en kanskje har glemt å skru av lyset eller slått av kaffetrakteren. Da gir systemet ved oppringning av sentralen i huset mulighet til å undersøke hva som er på og hva som er avslått, ev. at en kan slå av strømmen.

Systemet kan også bygges ut til å sjekke om vinduer er lukket eller at temperaturen innendørs er tilfredsstillende. Om så ikke skulle være tilfelle kan en ev. slå på en ovn slik at temperaturen blir som ønsket, eller lukke et åpent vindu.



Dersom en er redd for at huset ser tomt ut og at noen skal gjøre innbrudd, kan en sørge for at lysene går av og på og/eller at persienne går opp og ned regelmessig o.l. mens en er borte.

For å få full styring og kontroll er det en fordel å ha et modem og en PC. En kan da koble seg opp mot den lokale sentralen hjemme ved hjelp av telefonnettet og en PC.

### 2.2.3 Sikkerhet



Systemet kan selvfølgelig også knyttes opp mot ulike alarmfunksjoner. Bevegelsessensorer, som vanligvis benyttes for å tenne lys i rommene etter som en beveger deg inn og ut av rom, kan om natta eller når man er på jobb, brukes til å avsløre uforutsett bevegelse fra inntrengere.

Status på alarmanlegget kan også monitoreres via telefonnettet slik at en kan se hva som skjer og har skjedd i huset mens en har vært bortreist. Alarm trenger ikke nødvendigvis være sterk lyd, men også lys som tennes for å skremme ev. inntrengere.

Systemet kan selvfølgelig inkludere røykvarslere som automatisk er koblet opp mot vaktsselskaper, som i sin tur varsler brannvesenet. Dette er f.eks. optisk baserte røykdetektorer slik at en unngår problemer med radioaktive kilder og avfallsproblemer.



Alarmfunksjonen kan lett deaktiveres ved at en stikker nøkkelen i låsen og låser opp døra.

Systemet kan også sjekke om alle vinduer er lukket, ev. varsle hvilke som er åpne idet en legger seg. Dette oppnås ved at det monteres magnetbrytere til alle vinduer.

Systemet kan også tilby mulighet for å iverksette panikkalarmer. Skulle det skje noe uventet kan en ved et trykk på en alarmknapp ringe opp alarmsentralen og sende bud på hjelp. En såkalt "panikknapp". Slike systemer kan kombineres med sikkerhetsalarmer for eldre og uføre.



Ved vannlekkasjer kan en også sørge for at hovedvanninntaket til huset stenges for å hindre vannskader.

### 2.2.4 ENØK



Når man er på ferie kan en ha konstant temperatursenkning for å spare strøm, samtidig som man ikke risikerer at vannledninger fryser, planter dør o.l. Når en reiser fra oppholdet kan termostatene settes opp slik at det er behagelig når man kommer hjem. I tillegg legges inn nattsenkning slik at temperaturen senkes om natten. Dersom vinduene overvåkes, unngår en unødig utlufting



av varmluft. Dessuten kan en sørge for at temperaturen i rom, som ikke er i bruk, holdes nede på et akseptabelt nivå. Når rommene tas i bruk settes temperaturen opp. På denne måten kan en spare inntil 30% av utgiftene til oppvarming.

Systemet kan også programmeres til å slå på f.eks. vaskemaskinen til tider av døgnet når belastningen på nettet er lavere. På denne måten fordeles belastningen jevnere over døgnet.

En kan også tillate at ulike systemer fungerer sammen, ved at samspillet mellom innnetemperatur, solinnstråling, lufting og bruk av persienner kan optimaliseres mht. energiforbruk.

På større hus kan en på solrike dager få systemet til å åpne luftervinduer i taket slik at den varme lufta slippes ut og man oppnår behagelig innnetemperatur.

### **2.2.5 Audiovisuelt utstyr**

Mange har dyre stereoanlegg eller hjemmekinoanlegg. Mye kan styres for slike anlegg. Når man skal ha en kinoaften kan en ved enkle tastetrykk:

- Senke lærret og projektor fra taket
- Dempe lyset til forhåndsinnstilt styrke
- Trekke for gardiner
- Skru på forsterkere og DVD-utstyr
- Starte filmen som er i spilleren

Om noen ringer på døra mens filmen er i gang, kan den settes på pause, lysen skrues litt opp, og bilde fra kameraet ved ringeapparatet vises på skjermen.

### **2.2.6 Overvåking og styring**

“*Gamma vision*” er en programpakke som installeres på PC’en. Via denne programvaren kan systemet settes opp med den funksjonalitet installasjonene tillater. Den gir full oversikt og monitorering av tilstanden til systemet. Programvaren gir også mulighet til å føre statistikker, enten daglig, ukentlig, månedlig eller på årsbasis.

### **2.2.7 Oppkobling mot andre bussystemer**

Ved såkalte “*Gamma gate ways*” kan Instabus kobles opp mot f.eks. ISDN, telenettet, LAN eller TP/IB (Internett). En spesiell kommunikasjonsenhet sørger også for kommunikasjon med LOGO! enheter.

## 2.2.8 Annet

Bruken av persienner kan også bestemmes av vindtrykket. Ved sterk vind heises persienner eller markiser opp, og andre hensyn skyves til side. Systemet har derfor mulighet til å måle vindhastighet.

Likeledes kan en få systemet til å lukke alle vinduer dersom det påvises regn. Eller en kan forlange at persiennene er nede inntil en ønsker å stå opp og slippe lyset inn.

Hvert lyspunkt kan styres individuelt slik at en kan tilpasse belysningen rundt om i huset til sitt eget individuelle scenario knyttet til når en ser på TV, når en er på jobb eller når en spiser middag osv.

Et roms funksjonalitet kan endres etter som behovene endres. Det betyr at et barnerom kan endres til et kontor, et rom tilpasset eldre eller en funksjonshemmet ved at rommets fasiliteter omprogrammeres til å tilfredstille de nye kravene. Veggmonterte kontrollpaneler kan lett erstattes med fjernstyringsmuligheter.

Systemet kan som antydnet, kobles til telefonsystemet og til PC'en for styring og overvåking.

Fjernstyringsenheter som benytter IR-transmittere er også tilgjengelige. Disse kan f.eks. fungere som håndholdte fjernkontroller ala fjernkontroll for fjernsyn.



## 3 Hvordan virker de vanligste sensorene?

I dette kapittelet skal vi beskrive virkemåten for noen av de vanligste sensorene og detektorene vi omgir oss med. La oss begynne med røykdetektoren.

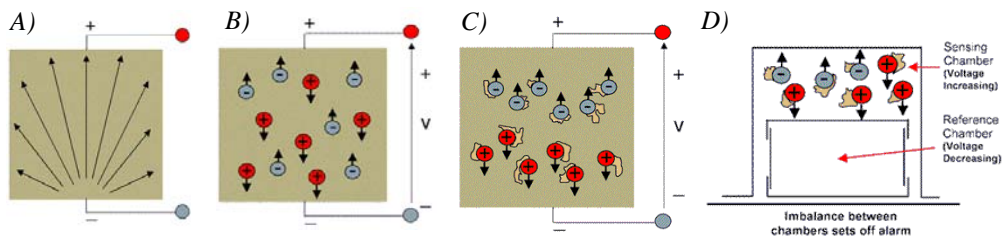
### 3.1 Røykdetektor (røyk, varme)

Det finnes hovedsakelig tre typer røykdetektorer:

1. Ioniserende røykdetektorer
2. Optiske/fotoelektriske røykdetektorer
3. Infrarøde røykdetektorer

### 3.1.1 Ioniserende røykdetektorer [2]

I et ioniseringskammer inne i detektoren ligger en liten radioaktiv kilde (Americium 241) som stråler ut alfa-partikler, dvs. heliumkjerner (figur 3 A). Denne ioniserer luften inne i kammeret slik at den blir svakt elektrisk ledende. Ledningsevnen bestemmes ved hjelp av en elektrisk probe som måler den svake strømmen gjennom den ioniserte luften i kammeret (figur 3 B).



Figur 3 Ioniserende røykdetektor.

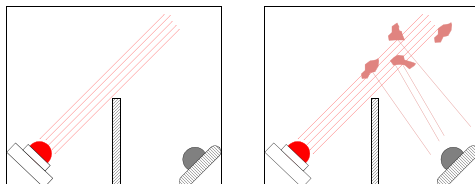
Kammeret er åpent slik at røykpartikler kan komme inn. Røykpartiklene som siver inn i kammeret vil feste seg til ionene og forstyrre den svake elektriske strømmen gjennom kammeret (figur 3 C). Den tilhørende elektronikken registrerer endringene i strømmen og alarmen går. Det er heller ikke uvanlig at ionekammeret er delt i to, hvor den ene delen er lukket og fungerer som et referanse-kammer (figur 3 D).

Energien i alfa-partiklene er ikke kraftigere enn at de kan stoppes av noen få cm luft eller et stykke papir. Selv om strålingskilden er svært svak og ikke utgjør noen helsefare, så bør en behandle denne typen røykvarslere som spesialavfall.

Denne type røykvarslere egner seg for deteksjon av små røykpartikler (ned til 0,01 mikrometer), som oppstår i branner som utvikler seg raskt. Slike partikler er ikke synlige med det blotte øye. Denne type detektorer klarer imidlertid ikke å skille små støvpartikler fra damp og stekos, og er dermed mer utsatt for falske alarmer. Dessuten er de mindre følsomme for store partikler som gjerne oppstår ved ulmebranner.

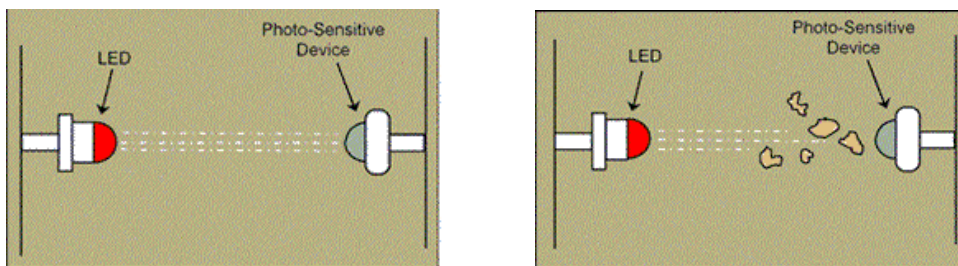
### 3.1.2 Optiske og fotoelektriske røykdetektorer [2]

Også i denne typen røykvarsler finner vi et røykkammer. I den ene enden av kammeret sitter en liten lyskilde. På et annet sted i kammeret sitter en fotoelektrisk detektor som registrerer små lysmengder. Normalt vil ikke lyskilden belyse detektoren. Kommer det derimot røykpartikler inn i kammeret, vil lyset reflekteres fra disse og treffe den fotoelektriske detektoren slik at alarmen går.



Figur 4 Prinsippet for en fotoelektrisk røykdetektor, "refleksjonstype".

En annen variant baserer seg på at røykpartikler kommer i veien for lysstrålene fra lysdioden slik at lyset som treffer detektoren er dempet.



Figur 5 Prinsippet for en fotoelektrisk røykdetektor, "transmisjonstype" [2]  
LED er en lysdiode (LED - Light Emitting Diode).

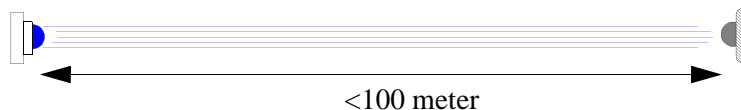
Fotoelektriske røykvarslere er vanligvis mer følsomme overfor større røykpartikler enn den ioniserende røykdetektoren. Slike partikler oppstår gjerne ved ulmebranner og branner som utvikler tykk røyk, og mindre følsomme for små røykpartikler som oppstår ved branner som utvikler seg raskt med åpen flamme.

Etter som bruken av flammedempende materialer er blitt vanligere, er den optiske detektoren tatt mer og mer i bruk og er blitt den vanligste typen røykvarsler.

### 3.1.3 Infrarød røykdetektor

Denne typen røykdetektorer består av to deler. En del som sender ut en stråle av infrarøde bølger (IR-sender), og en del som mottar de utsendte strålene (IR-mottaker). Strålen passerer det området som skal overvåkes med hensyn til røyk. Dersom strålen dempes på grunn av at røykpartikler skygger for strålegangen, vil mottakeren motta et litt svakere lyssignal og alarmen går.

Slike detektorer kan dekke områder på opptil 100 meter og egner seg godt for industrihaller og større lagerrøm. Utstyret må imidlertid monteres slik at ikke annen trafikk kommer inn i strålegangen.



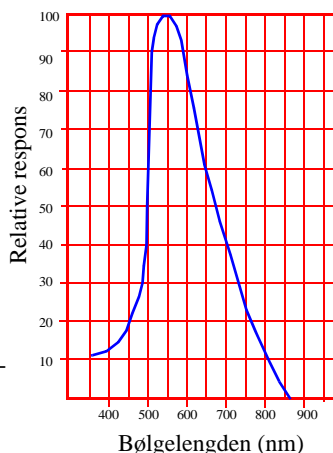
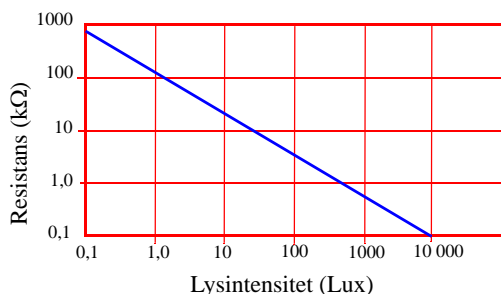
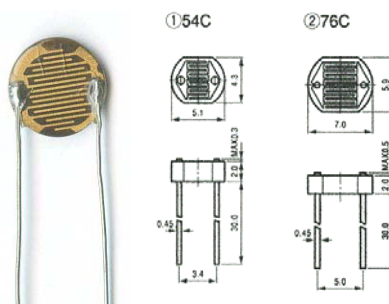
Figur 6 IR-røykdetektor.

### 3.2 Fotomotstand (LDR - Light Dependent Resistor)

Grunnen til at vi velger å omtale en fotomotstand er at den gjennom tidene har vært en gjenganger i mange elektronikkprosjekter. Prisen er ikke avskrekkende (ca. kr. 10,-), men den har de seneste årene vært vanskelig å få tak i.

Fotomotstander har tradisjonelt vært laget av Cadmium-Sulfid (CdS) belagt med fingerelektroder som vist på figuren til høyre. I mørket vil stoffet CdS være omtrent isolerende og kan gi en motstand på over 1 MΩ. Belyser vi derimot stoffet kan resistansen falle til under 1 kΩ.

Årsaken er at fotoner (lys) med tilstrekkelig energi, eksiterer elektroner fra valensbåndet til ledningsbåndet, hvor de kan bevege seg fritt og bidra til ladningstransporten. Effekten er imidlertid ikke like framtrede for alle frekvenser. Til høyre på figur 3.1 ser vi at materialet er spesielt følsomt for lys i det synlige området av spekteret nær 540 nm (nanometer,  $10^{-9}$ m). Vi ser også (til venstre på figuren) at det er en omtrent lineær sammenheng mellom lysstyrken målt i lux og resistansen.



Figur 3.1 Resistans som funksjon a lysintensitet (venstre), følsomhet som funksjon av bølgelengde.

Ut fra følsomhetskurven til høyre på figur 3.1, ser vi at fotomotstanden er spesielt effektiv i ett område nær 450 nm (grønn-blå).

Lysintensitet måles i lux. 1 lux er 1 lumen pr. m<sup>2</sup>.

Dette tilsvarer:

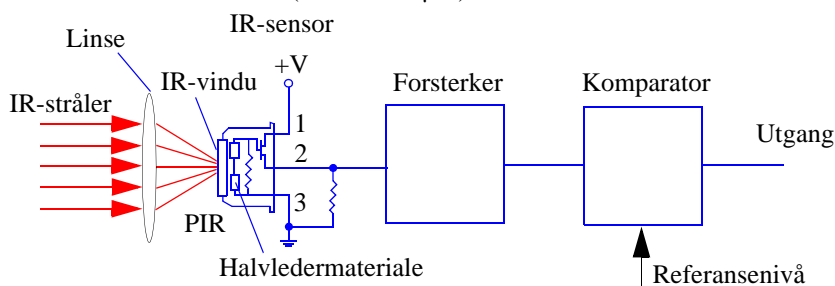
- Fullt sollys 11 000 lux
- Sollyset en tidlig morgen 6 000 lux
- Belysningen i et TV-studio 1 000 lux
- Et godt opplyst kontor 400 lux
- Lyset fra en fullmåne 1 lux

### 3.3 IR-detektor (bevegelse)

Mange forskjellige metoder benyttes for å detektere menneskelig tilstedeværelse i et rom. Den detektoren som vi finner i bolighus er av typen “*Passiv InfraRed detector*” (PIR) eller “*Pyroelectric sensor*”. Alt levende sender ut varmestråling (infrarød eller IR-stråling). Det samme gjelder egentlig alle gjenstander. Forskjellen på gjenstander og mennesker (ev. dyr) er at gjenstandene stort sett holder seg i ro. IR-detektorer registrerer derfor gjenstander (eller mennesker) som har en viss varmeutstråling og som er i bevegelse. En varm ovn vil derfor ikke detekteres, siden den står i ro.

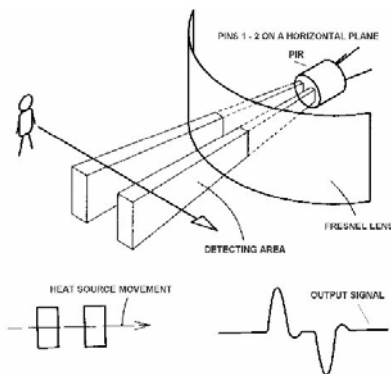
En reflektor er montert bak et deksel av plast. Reflektoren samler IR-strålene inn mot selve detektoren som er montert i en liten metallkapsel med et lite vindu laget av silisium. Silisium har den egenskapen at det er gjennomsiktig for IR-stråler, på samme måte som glass er gjennomsiktig for lys.

Det er viktig at sensoren er mest mulig følsom for IR-strålingen som sendes ut fra levende vesener. Mens bølgelengdene for lys ligger i området 400 - 750 nm (nanometer, 10<sup>-9</sup>m), så finner vi IR-strålingen fra et menneske i området 9 000 - 10 000 nm. Følsomhetsområdet for slike sensorer er derfor i området 8 000 - 12 000 nm (eller 8 - 12 μm).



Figur 7 Prinsippkisse for en IR-detektor.

Selve detektoren ligner på lysdetektoren. IR-stråler er elektromagnetisk stråling, eller *fotoner*, akkurat som lys. Når fotonene treffer halvleder materialet slår de løs elektroner. De frie elektronene vil så redusere den elektriske resistansen i materialet som forsterkes og registreres av den tilkoblede elektronikken. Siden en kun er interessert i de *raske* endringene i mottatt IR-stråling, fjernes de langsomme endringene. En komparator sørger dessuten for at nivået på IR-strålingen må over et visst nivå for at det skal registreres en bevegelse. En komparator sammenligner nivået til signalet med et referansenivå. Dersom signalet overskrider referansenivået gis et signal på utgangen, viss ikke, skjer ingen ting. Ved å endre referansenivået kan en bestemme hvor følsom IR-detektoren skal være. I vår detektor kan vi velge mellom to ulike følsomhetsnivåer. Ønsket nivå settes ved hjelp av noen "brytere" (jumpere) inne i detektoren.



### 3.4 Temperaturfølsomme sensorer

Temperaturdetektorer finner vi blant annet i varmeovner. Ved hjelp av et lite hjul på ovnen kan vi bestemme ved hvilken temperatur ovnen skal slå seg av eller på. Lignene innretninger finner vi på strykjern, vaffeljern, kaffetraktere, stekeovner, enkelte kokeplater, varmekabler og i mange andre produkter. I denne sammenhengen kalles den ofte en *termostat*. Andre ganger er vi interessert i å *måle* temperaturen, da kan vi bruke en *temperatursensor*. Slike finner vi bl.a. i elektroniske termometere, men de brukes også i stadig større grad i forbindelse med temperaturregulering i boliger og næringsbygg. På den måten erstatter de den tradisjonelle termostaten.

#### Temperaturfølsom motstand (NTC og PTC -resistorer)

De fleste motstandsmaterialer endrer motstandsverdi som funksjon av temperaturen. Som regel er dette uønsket, men i noen spesielle tilfeller ønsker man nettopp en slik varisjon og utformer komponenten og materialet deretter. Slik motstander brukes også i forbindelse med måling eller deteksjon av temperaturendringer, eller til å motvirke uønsket temperaturdrift i elektronisk utstyr.

- NTC - Negative Temperatur Coefficient, dvs. at motstandsverdien avtar med økende temperatur.
- PTC - Positive Temperatur Coefficient, dvs. at motstandsverdien øker med økende temperatur.

#### NTC-motstanden

NTC-motstander har en motstandverdi som er sterkt avhengig av temperaturen til selve motstandsmaterialet. Som navnet sier (Negative Temperature Coefficient - NTC) så avtar motstandsverdien med økende temperatur.

NTC-motstander er vanligvis bygget opp som en polykrystallinsk halvleder som kan bestå av en

blanding av krom, mangan, jern, kobolt og nikkel, som snitres<sup>1</sup> sammen med et plastisk bindemiddel.

En forenklet sammenheng mellom motstandsverdien ( $R$ ) og temperaturen ( $T$ ) kan uttrykkes som:

$$R = Ae^{B/T} \quad (3.1)$$

hvor  $A$  og  $B$  er konstanter bestemt av materialet og temperaturen. Konstantene kan imidlertid betrakes som tilnærmet konstante innen begrensede temperaturområder.

I datablader for NTC-motstander oppgis gjerne motstandsverdien ( $R_r$ ) for en referansetemperatur ( $T_r$ ). I et temperaturområde rundt denne referansetemperaturen antas  $B$ -verdien å være tilnærmet konstant ( $B_{25/85}$  -  $B$ -verdien er tilnærmet konstant innen området 25°C til 85 °C).

Vi kan da sette opp følgende:

$$R = Ae^{\frac{B_{25/85}}{T}} \quad (3.2)$$

$$R_r = Ae^{\frac{B_{25/85}}{T_r}} \quad (3.3)$$

Ved å eliminere  $A$  fra disse uttrykkene kommer vi fram til følgende uttrykk, løst med hensyn til  $R$ :

$$R = R_r \cdot e^{\left(\frac{B_{25/85}}{T} - \frac{B_{25/85}}{T_r}\right)} \quad (3.4)$$

Dette uttrykket går under betegnelsen *Beta-formelen*.

Når vi skal beregne verdien for en NTC-motstand ved en gitt temperatur, slår vi opp  $B$ -verdien,  $R_r$  og  $T_r$  i databladet, sørger for at vår verdi ligger innenfor området til  $B$ -verdien og beregner  $R$  ved å sette inn ønsket temperatur  $T$ . Temperaturen angis i grader Kelvin.

---

1. Sintring betyr at metallpulver knyttes sammen ved hjelp av oppvarming, men uten å smelte.



Fra databladet<sup>1</sup> for RH16 finner vi følgende.  $R_{25}$  betyr referansemotstand ( $R_r$ ) ved 25 °C ( $T_r = 298$  K):

		$R_{25}$				$B_{25/50}$	$B_{25/85}$	$\tau$ [sek]
RH16	3G202**	2k $\Omega$	○	○	○	3,450K $\pm$ 1%	3,488K	6
	6D502**	5k $\Omega$	○	○	○	3,930K $\pm$ 1%	3,941K	6
	3H103**	10k $\Omega$	○	○	○	3,450K $\pm$ 1%	3,486K	6
	6E103**	—	○	○	○	3,950K $\pm$ 1%	4,001K	6
	3U503**	50k $\Omega$	○	○	○	3,950K $\pm$ 1%	4,025K	6
	3U803**	80k $\Omega$	○	○	○	3,950K $\pm$ 1%	4,025K	6
	4A104**	100k $\Omega$	—	○	○	4,020K $\pm$ 1%	4,099K	6
	4L304**	300k $\Omega$	—	○	○	4,550K $\pm$ 1%	4,629K	6

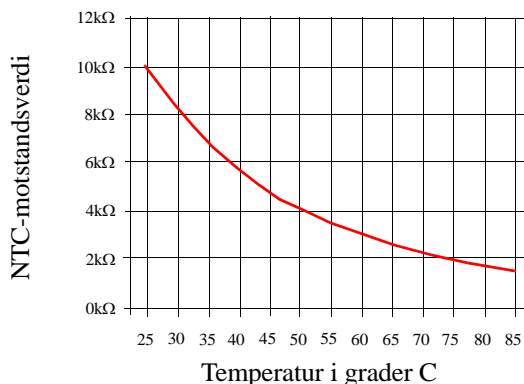
Figur 3.2 Datablad for NTC-motstand RH16, 2 - 300 k $\Omega$

Med disse dataene kan vi skrive:

$$R = 10k \cdot e^{\left(\frac{3450}{T} - \frac{3450}{298}\right)} \quad (3.5)$$

hvor  $B_{25/85} = 3450$  og referanse temperaturen  $T_r = 298$  K.

Dersom vi beregner verdier for R i temperaturområdet 25° - 85°C, får vi følgende diagram:



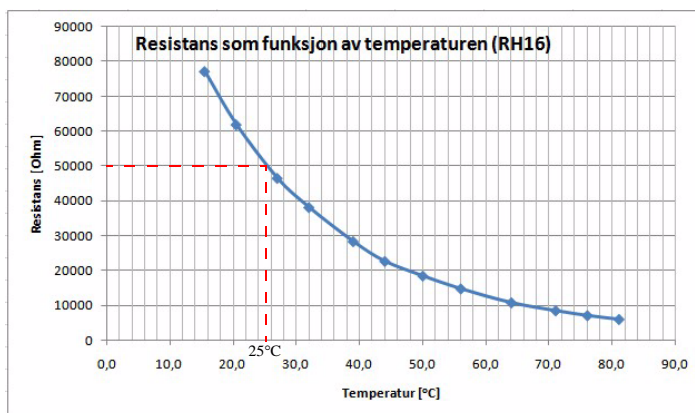
Figur 3.3 NTC motstandsverdi som funksjon av temperaturen RH16 10 k $\Omega$

En annen viktig parameter for NTC-motstander, er hvor raskt de endrer verdi med endret temperatur. Denne parameteren betegnes *NTC-motstandens tidskonstant* ( $\tau$ ), og angir den tiden det tar for motstandsverdien og endre seg til 63,2 % av den nye motstandsverdien etter at temperaturen har endret seg 1 K (Kelvin) over omgivelsestemperaturen. En antar at temperaturendringen ikke er forårsaket av indre oppvarming på grunn av elektrisk strøm som flyter gjennom motstanden.

I vår eksempel er  $\tau = 6$  sek. (se figur 3.2).

1. Databladet er hentet fra: <http://www.elfa.se/pdf/60/06027916.pdf>

Vi har gjort målinger på RH16 50 k $\Omega$  og fått følgende kurve.



Figur 3.4 Resistans som funksjon av temperatur for RH16 – 50 k $\Omega$ .

Målingen ble gjort i et glass med ca. 2 dl springvann oppvarmet med en vannkoker før det fikk lov til å kjøle seg i romtemperatur. Vi ser at ved 25 °C er verdien omtrent 50 k $\Omega$  som spesifisert i databladet.

### 3.5 Lyssensorer brukt til kommunikasjon – fjernkontrollen for TV<sup>1</sup>

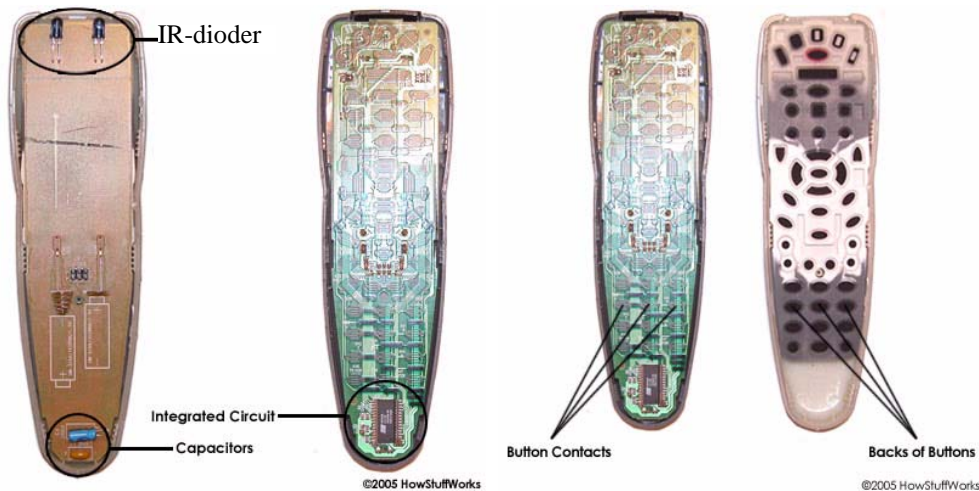
Gjennom de siste 35 åra er fjernkontrollen blitt et viktig hjelpemiddel i forbindelse med styring av TV, stereoanlegg, videospillere, bilalarm og til og med klimaanlegg og varmepumper m.m. De fleste av disse fjernkontrollene bruker infrarød stråling (IR) (varmestråling) til å overføre informasjonen.

Mens det synlige lyset har bølgelengder fra ca 350 - 700 nm (nanometer -  $10^{-9}$ m), bruker fjernkontroller infrarøde strålingen som har lengre bølgelengder. Bølgelengden for fjernkontrollen

---

1. Stoffet til dette avsnittet er hentet fra: <http://electronics.howstuffworks.com/remote-control.htm>

ligger vanligvis på 980 nm. Foran i fjernkontrollen finner vi en eller to IR-dioder, som ligner på lysdioder, men som, istedet for lys, sender ut infrarød stråling.

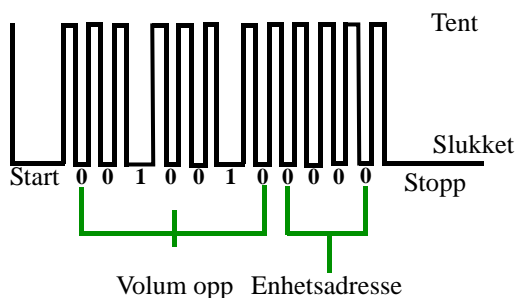


IR-signalene som sendes fra fjernkontrollen er kodet ved at hver kommando har sin egen sekvens av pulser. Det vil si at IR-strålingen slås av og på etter et spesielt mønster (koding) alt etter hvilken kommando som skal overføres. Det er utviklet forskjellige standarder for hvordan de ulike kommandoene er kodet.

Tabellen til høyre, viser hvordan Sony har kodet sine kommandosignaler. Hver kommando er kodet som sju digitale tall. Til venstre i tabellen angis koden for tallene 0–9. Til høyre ser vi hvordan noen utvalgte kommandoer er kodet.

Knapp	Kode	Knapp	Kode
0	000 0000	Enter	000 1011
1	000 0001	Kanal opp	001 0000
2	000 0010	Kanal ned	001 0001
3	000 0011	Volum opp	001 0010
4	000 0100	Volum ned	001 0011
5	000 0101	På	001 0101
6	000 0110	Av	001 1111
7	000 0111	Mute	001 0100
8	000 1000		
9	000 1001		

La oss ta “Volum opp” som eksempel, for å forklare hva som skjer.



Vi ønsker å øke volumet på TV-en og trykker på knappen “Volum opp”. Trykket registreres av en liten mikroprosessor som sitter i fjernkontrollen. Denne slår opp i tabellen som den lagerer i sitt interne minne. Her står det at den skal sende ut sekvensen 001 0010 som resultatet er at IR-diodene foran i fjernkontrollen tennes og slukkes i rask rekkefølge som vist på figuren til venstre. Vi legger merke til at 1-erne gir en noe lenger avslått tilstand enn 0-erne. Dessuten er start og stopp lengre av-tilstander.

Vi legger også merke til de 7 binære sifrene som angir "Volum opp", etterfølges av fire siffer (enhetsadresse) som angir hvilken enhet vi ønsker å styre. I dette tilfellet TV-en. Dersom vi ønsker å henvende oss til en annen enhet, f.eks, videospilleren, vil det stå et annet tall i enhetsadressen.

I TV-en sitter en IR-mottaker som registrerer sekvensen av 0-ere og 1-ere som vi sender. Sekvensen av tall sendes til en mikroprosessor som sørger for å styre volumkontrollen et hakk opp.

Dersom vi holder knappen for "Volum opp" inne over lengre tid, vil flere "Volum opp" sekvenser sendes, slik at volumet justeres opp flere hakk.

De fleste har lagt merke til at fjernkontrollen må peke mot TV'en for at den skal fungere. Dessuten vil den ikke virke dersom noen står i veien for IR-strålingen. Rekkevidden for en fjernkontroll med fri sikt, er ca. 10 meter.

Både solen og enkelte lyskilder sender ut IR-stråling, noe som kan virke forstyrrende for kommunikasjonen mellom fjernkontrollen og mottakeren i f.eks. TV-en.

I TV'en sitter det en mottaker. Denne består i dette tilfellet ofte av en fototransistor som er spesielt følsom i det infrarøde frekvensområdet. Når den treffes av IR-stråling fra fjernkontrollen, vil strømmen i fototransistoren bli slått av og på i takt med de utsendte signalene og kan viderebehandles av mikroprosessorer i TV-apparatet som til sist iverksetter kommandoene i meldingen.

Som vi ser kan IR-stråling både brukes til fjernstyring. Vi skal senere se at IR-stråling kan brukes til å detektere bevegelse.

## 4 Bygg en enkel detektor

Samfunnet invaderes i stadig større grad av høyteknologiske hjelpemidler, hvor avansert elektronikk og roboter utgjør en viktig del. Vi har i det foregående kapittelet antydnet at elektroniske komponenter er viktige når vi for eksempel skal konstruere sensorer og roboter.

Mens **elektrisitetslæra omhandler strømforstyrking til drift av elektriske apparater**, lys og oppvarming, behandler **elektronikken signaler og informasjon (EDB)** og brukes mye i overvåkning og kontrollsystemer, bl.a. i forbindelse med sensorer og roboter. Ikke minst er elektronikken en viktig komponent i **informasjons- og kommunikasjonsteknologien (IKT)**.

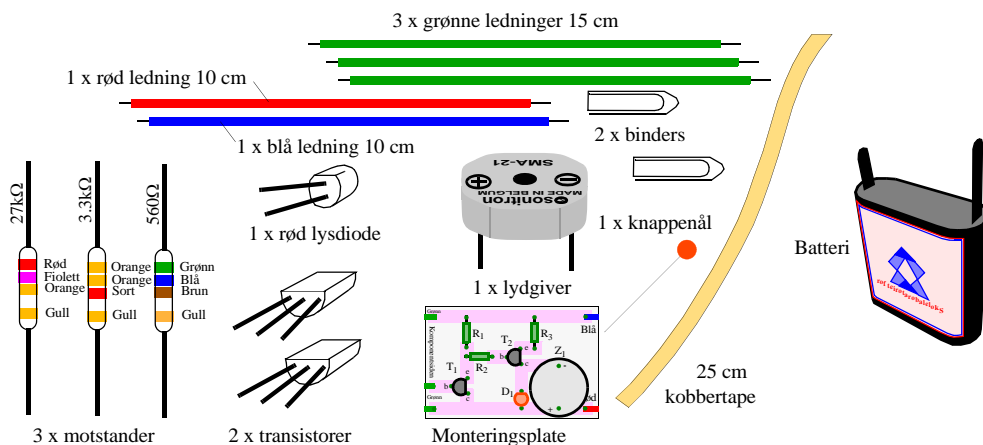
Det sentrale elementet i elektronikken er **transistoren**. Dette elementet er, som vi har sett, vesensforskjellig fra komponentene vi møter i elektrisitetslæra, ved at det gir strøm-, spennings- og ikke minst effektforstyrking av elektriske signaler. Den egner seg også godt som elektronisk bryter slik vi møter den i datamaskinen.

I dette kapittelet skal vi for alvor bringe elektronikken inn i elektrisitetslæra ved selv å bygge og teste ut noen enkle detektor. Grunnelementet i sensorer og detektorer er *strømforstyrkeren*. Sammen med en lysfølsom motstand og litt tørkepapir skal vi lage, lys-/mørkedetektor og fuktighets-/tørkedetektor.

### 4.1 Noen grunnleggende komponenter

La oss før vi går igang med byggingen, kort omtale de elektroniske komponentene vi trenger for å bygge opp strømforstyrkeren.

For å bygge strømforstyrkeren trenger vi følgende komponenter



Figur 8 Nødvendige komponenter til strømforstyrkeren.

I denne oppkoblingen skal vi bruke papp-plater (fra 0.2 - 1 mm tykkelse) og kobbertape. Dette er en relativt enkel og billig teknologi selv om den ikke brukes i produksjonsbedrifter. Monteringsanvisningen er trykt på monteringsplata. Den ene siden viser kobberbanene og den andre komponentplasseringen. Byggesettet er i salg ved Skolelaboratoriet ved NTNU.

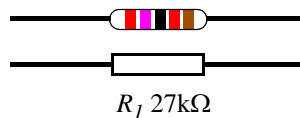
For at det skal bli lettere å bygge opp kretsen på monteringsplata, vil vi først gjennomgå symbolene for hver enkelt komponent.

#### 4.1.1 Symbolisering av komponentene

For at funksjonen til den enkelte komponenten skal komme tydelig fram og at de skal bli lette å tegne, representeres de med *symboler*. At vi gjenkjenner og forstår disse symbolene er viktig for at vi skal kunne lese et *koblingsskjema*. Koblingsskjemaet forteller oss hvilke tilkoblingsledningene hos de enkelte komponentene som skal knyttes sammen.

Å representere komponentene med symboler, blir nesten som å representere lydene i språket med bokstaver. På samme måte som vi kan tegne et helt skjema med symbolske komponenter, kan vi skrive en historie med bokstaver og ord.

#### Resistoren

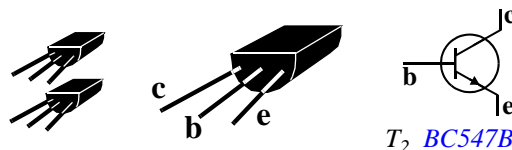


Figur 9 Resistor.

Resistoren har *to* tilkoblingsledninger (bein) og den har ofte fargede ringer som forteller hvilken verdi den har. Symbolet ligner på den virkelige resistoren, og gis en betegnelse og en verdi (f.eks.  $R_1$  og  $27k\Omega$ ).  $R$ 'en forteller oss at det er verdien til en Resistor, indeksen 1 at dette er motstand nr. 1 og  $27k\Omega$  at den har verdien 27 000Ohm. Det spiller ingen rolle hvilken vei resistoren kobles. Legg merke til at komponenten kalles *resistor* og dens verdi *resistans*.

**Hva brukes de til:** I elektroniske kretser brukes resistorer bl.a. til å begrense strømmer og til å gi andre komponenter (f.eks. transistorer) riktige arbeidsbetingelser. Ofte benyttes resistorer også til å gjøre en strøm om til en spenning. Spenningspotensialet over en resistor vil variere i takt med strømmen gjennom den i overensstemmelse med Ohm's lov.

#### Transistoren



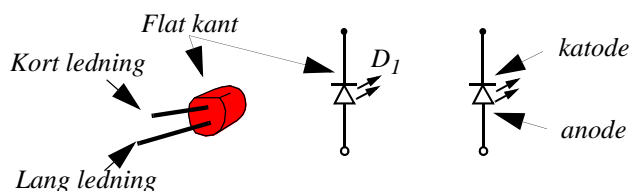
Figur 10 Transistor.

Transistoren har tre tilkoblingsledninger (bein). Disse betegnes som henholdsvis: *Base* (b), *emitter* (e) og *collector* (c)<sup>1</sup>. Det er viktig at de forskjellige tilkoblingsledningene kobles riktig inn i kretsen ellers vil den ikke virke som den skal. Symbolet for transistoren gis en betegnelse og en typekode (f.eks.  $T_1$  og BC547B). T står for Transistor, indeksen 1 angir at det er transistor nr. 1 (av f.eks. 2) og BC547B er type transistor.

Vi må passe på at vi ikke lar det gå for stor strøm gjennom transistorer, da vil de bli ødelagt.

**Hva brukes de til:** I elektroniske kretser brukes transistorer som strøm-, spenning- og effektforsterkere. Transistoren er så og si den eneste komponenten som kan gi effektforsterkning (når vi ser bort fra radorøret). I datamaskiner brukes de som elektronisk styrte brytere. Ved hjelp av en liten strøm inn i basen i transistoren kan en styre en stor strøm gjennom collector og emitter.

## Lysdioden



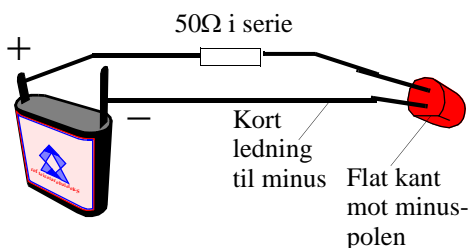
Figur 11 Lysdioden.

Lysdioden har to tilkoblingsledninger (bein). Det er ikke likegyldig hvilken ledning som kobles til hvilket punkt i kretsen. De to tilkoblingsledningene til dioden kalles *katode*<sup>2</sup> og *anode*. Den flate kanten (kort ledning) viser hvor katoden er. For at dioden skal lyse må katoden kobles til den negative polen på batteriet. Legg merke til korrespondansen mellom komponenten og symbolet.

Lysdioder leder som du kanskje skjønner, bare strøm i en retning. Pilen i symbolet viser strømretningen.

Symbolet for lysdioden gis en betegnelse og en typekode (f.eks.  $D_1$  og EL333URC). D står for Diode, indeksen 1 angir at det er diode nr. 1 og EL333URC er type lysdiode. Typebetegnelsen bruker vi når vi skal bestille komponenten hos leverandøren.

Vi må passe på at vi ikke lar det gå for stor strøm gjennom lysdioden, det er derfor vanlig å koble en motstand i serie med lysdioden. Brukes et 4,5V batteri er en motstand på 50Ω nok. Lysdioder kan fås i forskjellige farger, rød, grønn, gul, blå og hvit.

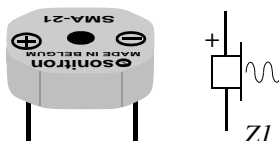


Figur 12 Oppkobling av lysdiode

1. Vi har her valgt å bruke de engelske betegnelse konsekvent
2. Navnene *anode* og *katode* ble gitt av M. Faraday som eksperimenterte med elektrolyse av vesker. Anode kommer av de greske ordene *ana* som betyr 'opp', og *hodos* 'vei', dvs. 'oppvei'. På samme måte betyr katode 'nedvei'. Katoden avgir elektroner, mens anoden mottar elektroner.

**Hva brukes de til:** Siden dioder bare kan lede strøm den ene veien brukes de til å gjøre om vekselstrøm til likestrøm. Noen dioder brukes også til å regulere spenning slik at den holder seg på riktig nivå. Lysdioden som vi bruker her, sender i tillegg ut lys.

### Lydgiveren

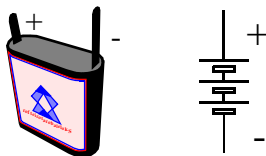


Figur 13 Lydgiver eller summer.

Lydgiveren har to tilkoblingsledninger (bein). Den ene er merket +, den andre -. Tilkoblingsledningene merket med + skal kobles nærmest den positive polen på batteriet, og tilsvarende for den ledningen som er merket med -. Lydgiveren gir en pipetone når det går tilstrekkelig strøm gjennom den.

**Hva brukes de til:** I elektroniske kretser brukes den piezo-elektriske lydgiveren til å gi fra seg lyd, det kan f.eks. være for å varsle at noe er galt. Piezo-elektriske krystaller har den egenskapen at dersom de påføres en spenning, skjer en mekanisk forandring med krystallet. Dersom spenningen varierer fort vil krystallet begynne å vibrere i takt med spenningen. Denne vibrasjonen skaper lyd.

### Batteriet



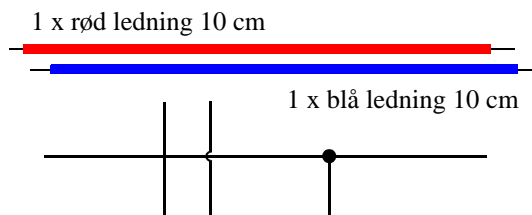
Figur 14 Batteri med tre celler.

Batterier kan være av forskjellige typer og spenninger. På figuren over ser vi et flatbatteri som gir 4,5 Volt. Den **lange** tunga på batteriet er den **negative polen** og den **korte** den **positive**. Flatbatteriet består av tre seriekoblede celler som hver gir 1,5 Volt. Symbolet for batteri gjenspeiler dette. Hver celle illustreres med en kort og en lang strek. Legg spesielt merke til at den korte streken symboliserer den negative polen på batteriet.

**Hva brukes de til:** I elektroniske kretser brukes batteriet for å tilføre kretsen energi. En strømforsterker vil ikke egentlig forsterke en liten strøm, men bruke den vesle strømmen til å styre en stor strøm som hentes fra batteriet. Den store strømmen fra batteriet vil dermed endre seg i takt med den vesle strømmen og vi har oppnådd strømforsterkning.



## Ledningere



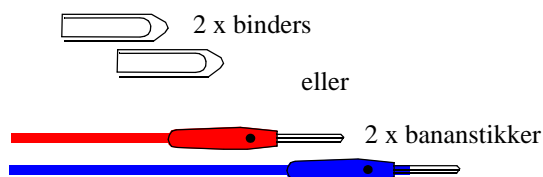
Figur 15 Ledninger, kryssning og sammenkobling.

Ledninger er isolert med plast som kan ha forskjellig farge. I koblingsskjemaet angis de som en svart strek. Koblingspunktet mellom to ledninger angis gjerne med en svart prikk. Dersom to ledninger krysser hverandre uten at de er elektrisk forbundet, angis dette enten med et kryss uten prikk eller en liten bøy på den ene ledningen. Det spiller ingen rolle hvilken vei en ledning kobles. Røde ledninger brukes ofte i forbindelse med den positive polen på batteriet, mens blå eller svarte brukes ofte i forbindelse med den negative polen.

Ledninger i et koblingsskjema antas å ha resistans som er lik null<sup>1</sup>.

**Hva brukes de til:** Ledninger brukes til å forbinde kretsen vår med omgivelsene, f.eks. til batteriet eller til det vi skal måle. Kobbertapen som brukes i denne oppgaven, er også en slags ledninger som brukes til å forbinde komponentbeina på rett måte.

## Bananstikker og binderser



Figur 16 Bananstikkere eller binderser brukes for sammenkobling.

Bananstikkere brukes ofte til å koble ledninger til spenningskilder og lignende. Siden disse er relativt dyre kan en med fordel bruke binderser for å koble kretsen til batteriet. Disse er spesielt egnet når vi bruker flatbatterier.

Nå er vi klare til å tegne kretsskjemaet for vår strømforsterker-krets.

**Hva brukes de til:** Bananstikkere brukes for at det skal være lettere å koble sammen kretser og ledninger. Binderser er en billig og enkel måte å lage en batteriklemme for flatbatteri.

---

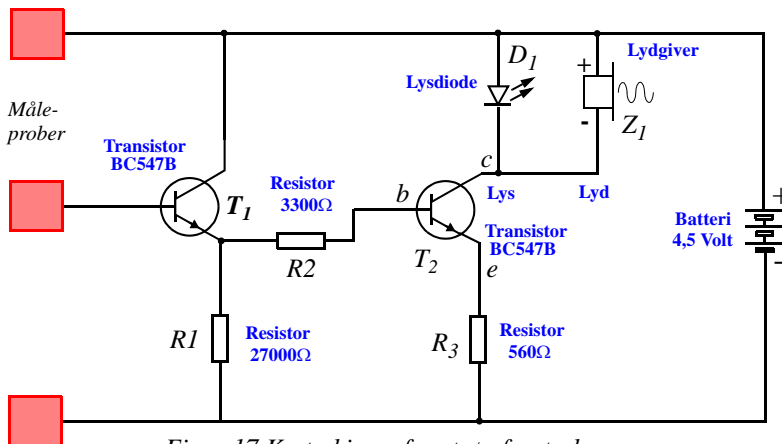
1. Dersom ledningens egentlige resistans, som er svært liten, har betydning for kretsens virkemåte, må den angis eksplisitt i kretsskjemaet som en resistor.

## 4.2 Kretsskjema, strømforsterkeren

Når vi nå kjenner kretssymbolene for de vanligste komponentene, kan vi se nærmere på kretsskjemaet til strømforsterkeren.

Figur 17 viser kretsskjemaet for strømforsterkeren. Vi kjenner igjen kretssymbolene for transistorer, resistorer, lysdioder og summeren. Lengst til høyre har vi symbolet for et batteri, som i dette tilfellet har 3 celler, og leverer en spenning på  $3 \times 1,5\text{V} = 4,5\text{V}$ .

Strekene som forbinder de enkelte kretssymbolene forteller oss hvordan kretsen er koblet opp. Hver strek er en ledning som går mellom de ulike tilkoblingsledningene (eller beina) til komponentene. Der tre eller flere ledninger møtes, er det tegnet en liten prikk, som skal vise at her er disse ledningene koblet sammen.



Figur 17 Kretsskjema for strømforsterkeren.

Lengst til venstre i skjemaet ser vi tre plater. Disse skal vise at her ender ledningene ut i tre åpne måleprober som i vårt tilfelle kan berøres med fingrene. Figur 17 viser koblingsskjemaet for strømforsterkeren.

I kretsen i figur 17 har vi valgt å indikere at fuktighet varsles enten med lyd eller lys eller begge deler.

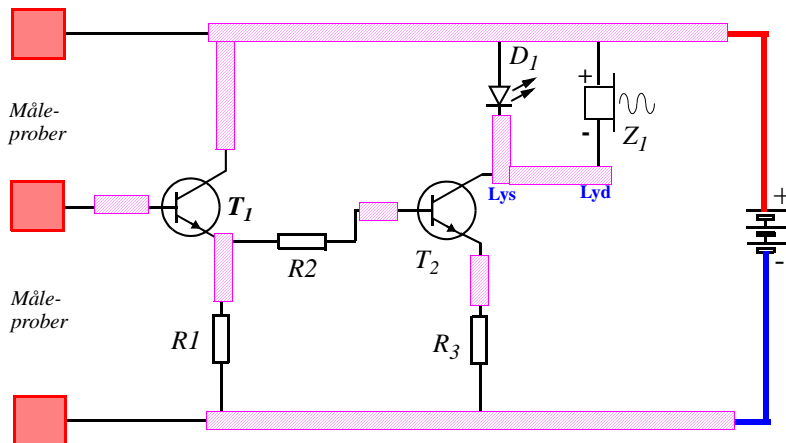
Før vi begynner å montere komponentene må vi legge kobbertape på loddessiden av monteringsplata. Vi tar utgangspunkt i koblingsskjemaet i figur 17.

### 4.3 Bygging av fuktighetsdetektoren

Vi skal nå bygge opp strømførsterkeren og vise hvordan vi kan gi den ulik anvendelse. I første omgang skal vi bruke den for å detektere fuktighet.

#### 4.3.1 Framstilling av monteringsplata

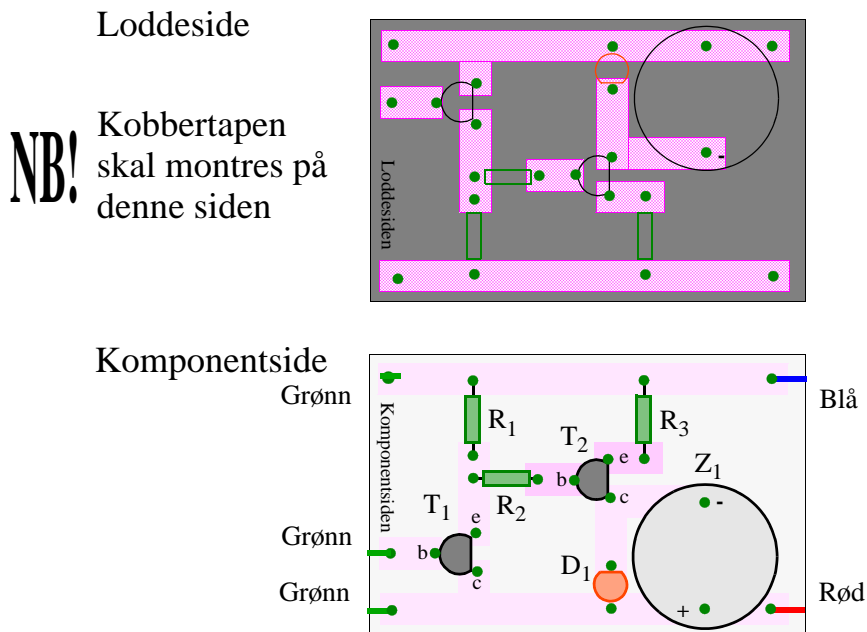
Monteringsplata har en *komponentside* og en *loddesside*. Komponentene skal plasseres på komponentsida, mens beina til komponentene loddes til kobberbanene på loddessida. Det stikkes hull i monteringsplata på angitte steder slik at komponentbeina kan stikkes gjennom monteringsplata.



Figur 18 Antydning om hvordan kobbertapen kan legges på monteringsplata.

Kobbertapen festes til papp-plata slik at beina på de elektriske komponentene lett kan loddes til kobberbanene. Med utgangspunkt i koblingsskjemaet i figur 17, har vi på figur 18 vist hvordan tapen kan legges.

Figur 19<sup>1</sup> (øverst) viser hvordan kobbertapen kan legges på loddessida. Tilsvarende viser figur 19 (nederste) hvordan komponentene er montert på komponentsida.



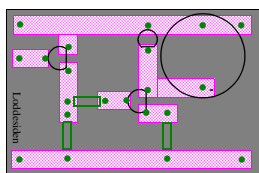
Figur 19 Monteringsplata for strømforsterkeren.

De svarte punktene angir hvor det skal stikkes hull i monteringsplata.

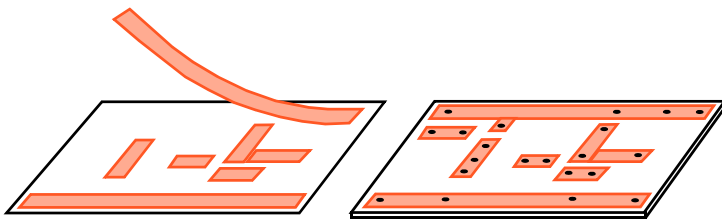
Montering av kobbertapen på plata gjøres på følgende måte:

1. Legg monteringsplata med loddessiden opp. De skraverte feltene angir hvor kobbertapen skal festes til plata.
2. Klipp kobbertapen opp i lengder som passer til utlegget.
3. Riv av det hvite beskyttelsesbelegget på tapen og klistre den på monteringsplata.

Loddeside



Monteringsanvisning



Figur 20 Montering av kobbertape og merking av hull.).

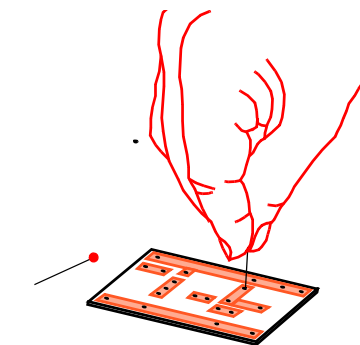
1. Etter en idé av Berit Bungum ved ILS ved Universitetet i Oslo.

- Derne stikkes hull fra loddessiden med en kraftig nål.  
For at du skal se hvor hullene skal være må du snu plata å se etter prikkene på komponentsida.

Nå er monteringsplata klar for montering av komponentene.

### 4.3.2 Montering av komponentene

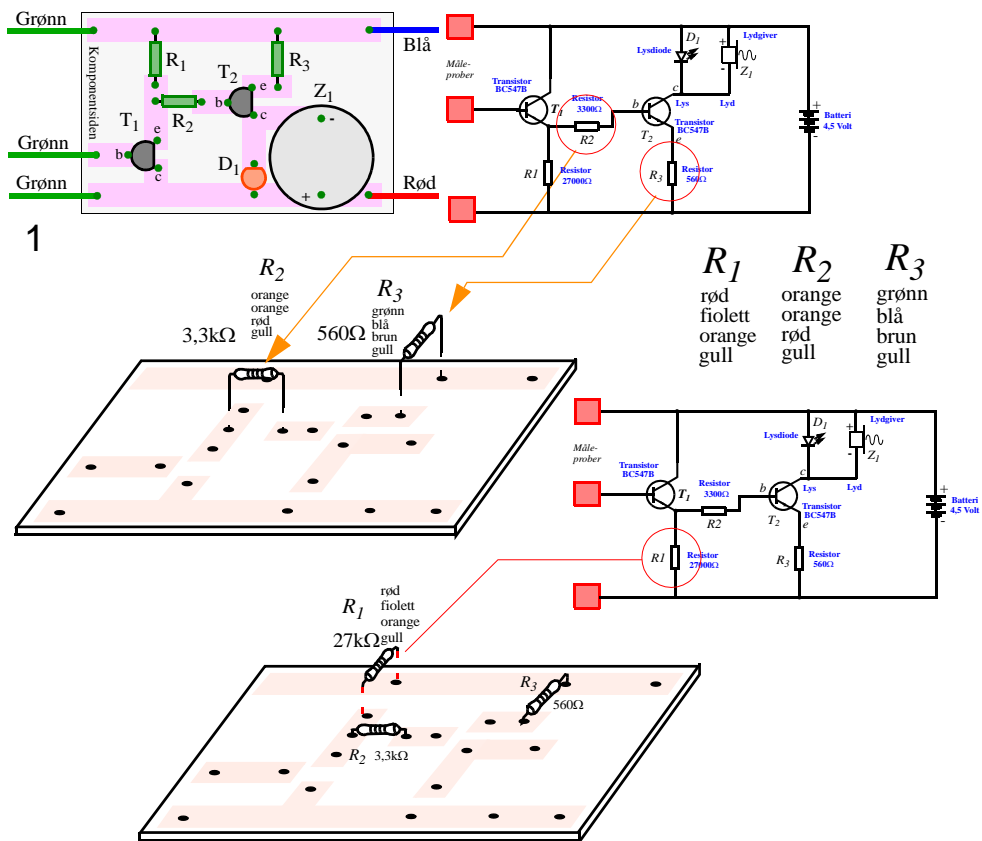
Monteringsanvisningen legges med komponentsiden opp.  
Montering av komponentene gjøres på følgende måte:



Figur 21 Hullene stikkes opp med en nål.

- Montering av motstandene  $R_1$ ,  $R_2$  og  $R_3$ :**

Begynn med å montere de tre motstandene  $R_1$ ,  $R_2$  og  $R_3$ .



Figur 22 Montering av motstandene.

$R_1$  skal ha verdien  $27\ 000\Omega$  ( $27k\Omega$ ), som angis med fargene **rød, fiolett, orange, gull**.

$R_2$  skal ha verdien  $3300\Omega$  ( $3,3k\Omega$ ), som angis med fargene **orange, orange, rød, gull**.

$R_3$  skal ha verdien  $560\Omega$ , som angis med fargene **grønn, blå, brun, gull**.

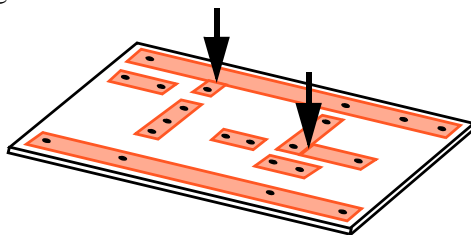
Det spiller ingen rolle hvilken vei resistorene monteres.

Når resistorene er montert loddes de til kobbertapen på loddessida av plata. For riktig lodding se miniloddekurset i vedlegg A.

Etter at resistorene er loddet fast, kan bena klippes av inntil loddingen med en avbitertang.

## 2. **Lodd skjøtene i kobbertapen**

To steder er kobberstripene skjøtet sammen. Det er viktig at det legges loddetinn over disse skjøtene for å oppnå god kontakt.

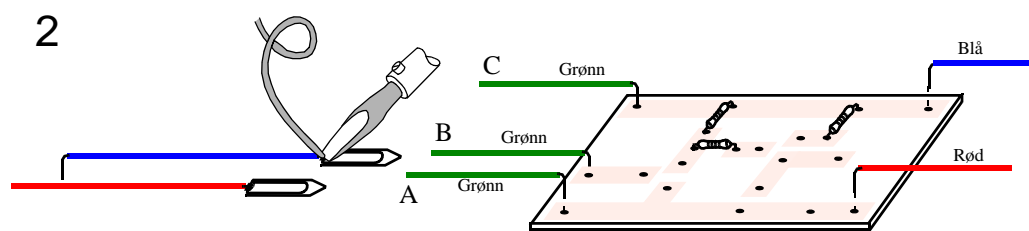


Figur 23 Lodd skjøtene i kobbertapen.

## 3. **Montering av ledningene:**

Fest en binders til den røde og en til den blå ledningen. Før lodding vris ledningen rundt endene av bindersene som vist på figur 24. Lodd bindersene til ledningene.

Stikk de tre grønne (merket A, B og C), den røde og den blå ledningen gjennom hullene som vist på figur 24. Lodd ledningene til kobberbanene på loddessiden (undersiden).



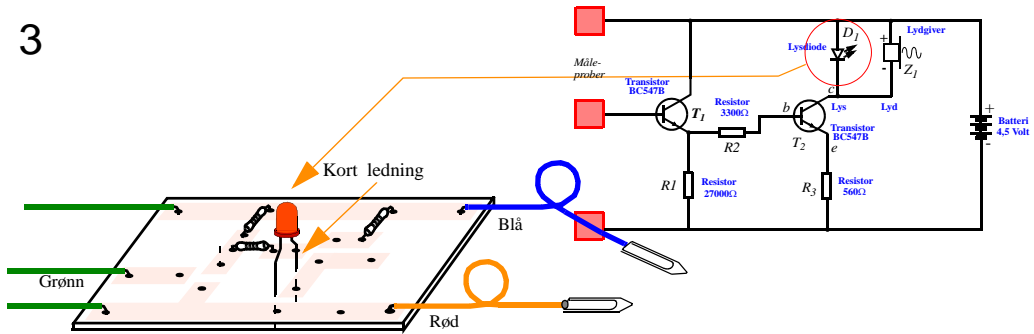
Figur 24 Monter ledningene.

## 4. **Montering av lysdiode $D_1$ (ikke nødvendig om lyd giver monteres):**

Monter **lysdioden** slik at den korte ledningen (katoden) er lengst bort fra deg når monteringsplaten ligger som vist på figur 25. Monteres lysdioden feil vei gir den ikke lys.

Lodd lysdioden til kobberbanene på loddessiden.

3

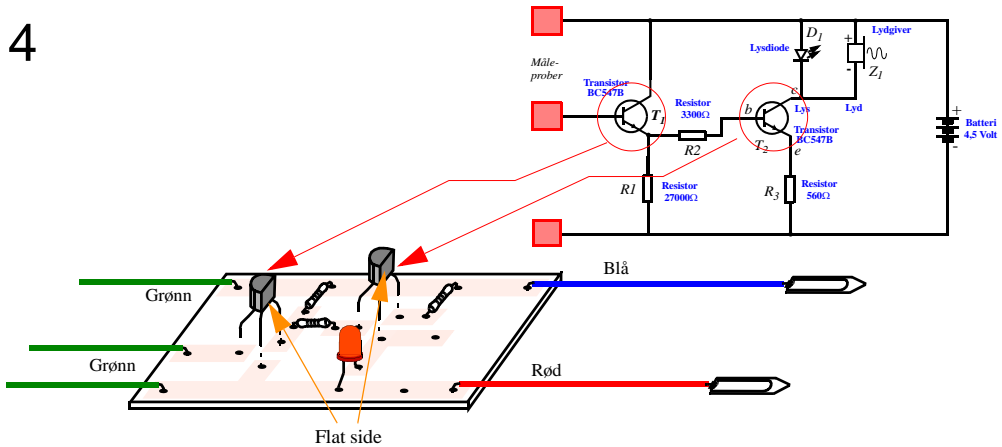


Figur 25 Montering av lysdiode.

5. **Montering av transistoren  $T_1$  og  $T_2$ :**

Spre beina på transistorene litt fra hverandre slik at de når ut til hullene i monteringsplata. Sørg for at den flate siden av transistorene står rett vei. Stikk beina gjennom hullene. Det er viktig at rett bein kommer i rett hull. Lodd beina til kobberbanene på loddessida. Unngå at transistorene varmes opp for lenge av gangen (mer enn 15 sek.)

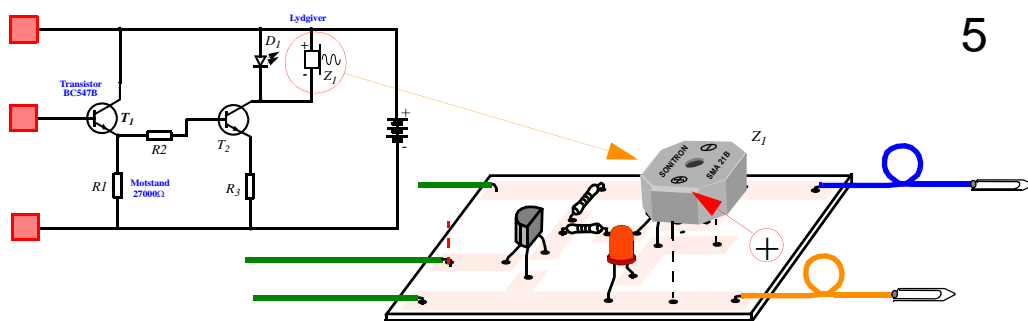
4



Figur 26 Montering av transistorene.

6. Montering av lyd giveren  $Z_1$ :

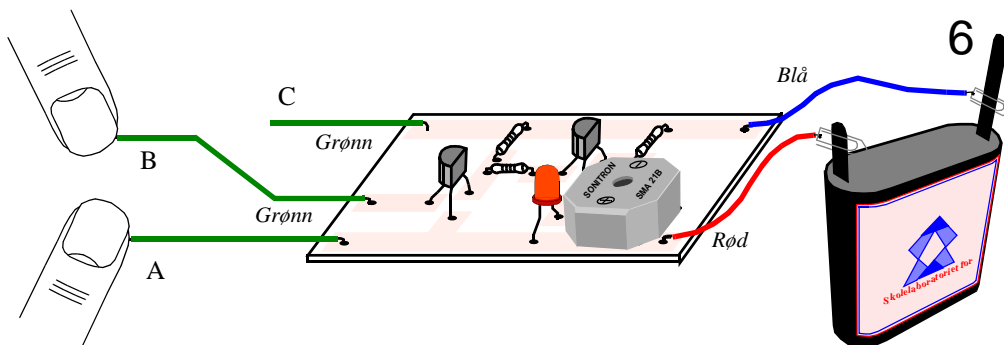
Pass på at lydgiveren blir plassert rett vei. Den har en pluss- og en minuspol.



Figur 27 Monter lydgiveren  $Z_1$ .

#### 7. Prøv kretsen:

Til sist kobles batteriet til og kretsen prøves.



Figur 28 Utprøving av to-trinnsforsterkeren.

Utprøvingen skjer ved at de to av ledningene som er montert tettest berøres med hver sin hånd. Om kretsen virker vil den registrere at det går en ørliten strøm gjennom kroppen og gi signal.

Om den ikke virker kan det være lurt å gå gjennom listen over mulige feilkilder:

#### Feilsjekk:

1. Sjekk at batteriet er koblet rett vei, rød ledning på pluss og blå ledning på minus.
2. Sjekk at rød og blå ledning er koblet til de riktige kobberbanene.
3. Undersøk at lysdiode og/eller lydgiveren er koblet rett vei.
4. Undersøk om transistorene er koblet rett vei.
5. Sjekk at riktig resistor er plassert på rett sted. Sjekk fargekodene.

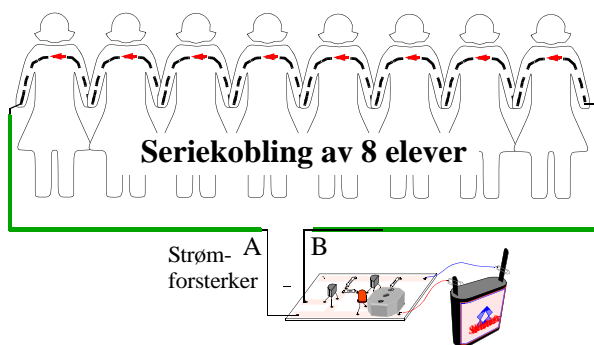


6. Gå over og se om alle loddingene er gode, ingen løse bein eller ledninger.
7. Undersøk om det er kortslutninger på kortet. Kobberstriper eller ledninger som berører hverandre og som egentlig *ikke* skal ha kontakt.
8. I værste fall bytt transistorer eller lysdiode.

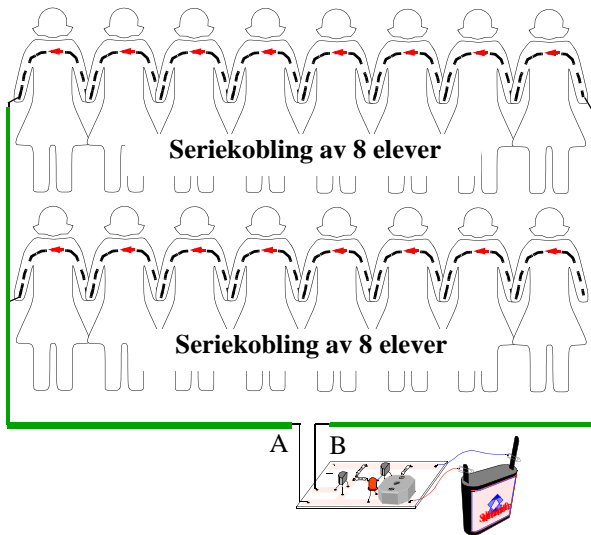
Lys og lyd blir noe svakere når både lysdioden og lyd giveren er innkoblet samtidig. Dersom en ønsker kraftigere lyd kan lysdioden fjernes.

**Prøv følgende:**

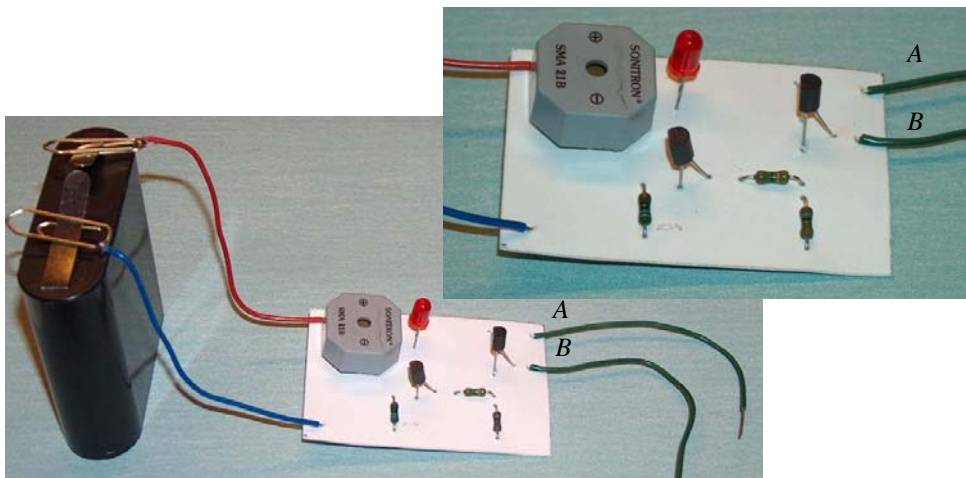
*Når kretsen virker, undersøk hvor mange elever som kan kobles i serie før kretsen slutter å gi lyd. Eksperimenter med serie og parallellkobling av elever. Bruk de to grønne ledningene merket A og B på fuktighetsindikatoren (se figur 28). Det er den lille strømmen gjennom disse to ledningene som gjør at kretsen gir signal..*



Figur 29 Seriekobling av åtte elever.



Figur 1 Serie og parallellkobling av elever.

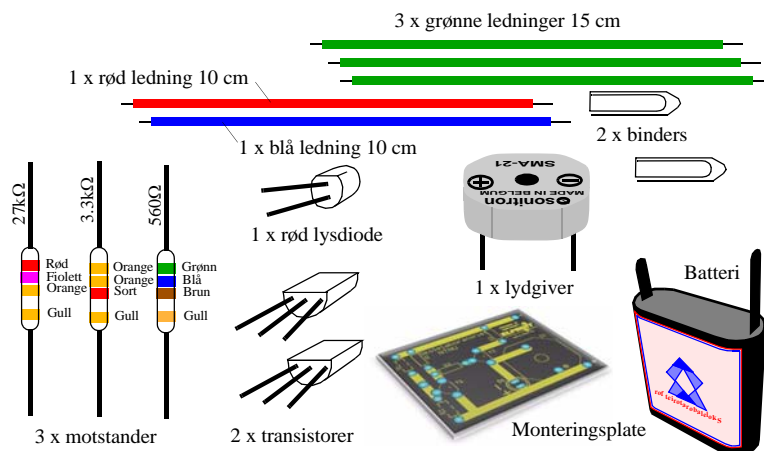


Figur 30 Den ferdige strømførsterkeren (bare to av de grønne ledninge er montert).

### 4.3.3 Bygging av strømforsterkeren på kretskort

#### Komponentliste:

For å bygge denne varianten av strømforsterkeren, trenger vi følgende komponenter:

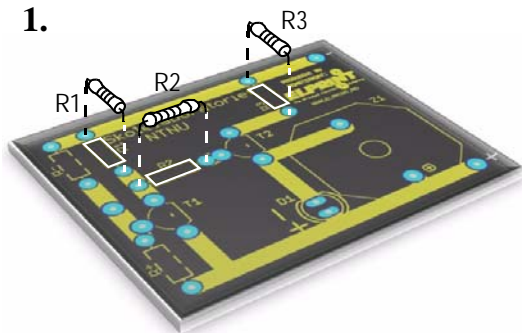


Figur 4.1 Nødvendige komponenter til strømforsterkeren.

#### Byggebeskrivelse – fuktighetsdetektor

Byggebeskrivelse for fuktighetsdetektor, trinn for trinn.

1.



1. **Finn motstandene**

R1 (rød, fiolett, orange, gull)

27 000  $\Omega$

R2 (orange, orange, rød, gull)

3 300  $\Omega$

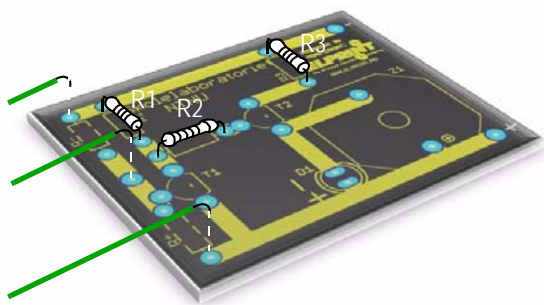
R3 (grønn, blå, brun, gull)

560  $\Omega$

Fargene skal leses fra venstre mot høyre når gullringen er til høyre.

Beina til motstanden bøyes i rett vinkel og stikkes gjennom hullene fra komponentsiden og presses helt ned til monteringsplata. **Det spiller ingen rolle hvilken vei de plasseres.**

2.



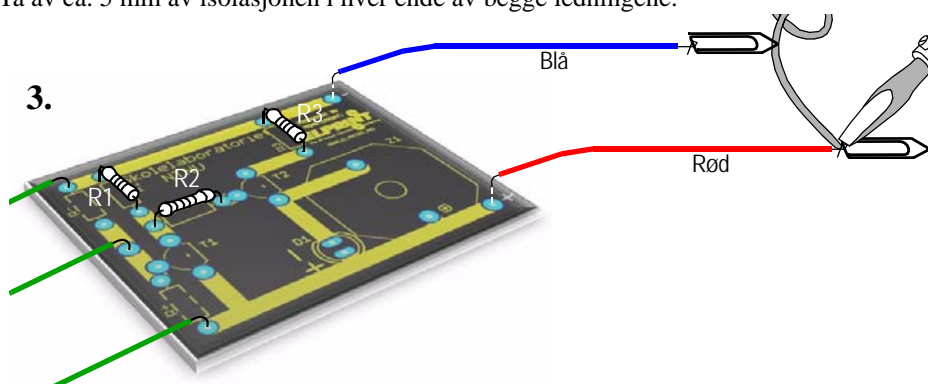
## 2. Finn de tre grønne ledningene

Ta av ca. 5 mm av isolasjonen i hver ende.

Monter ledningene som vist på figuren til venstre og lodd fast på loddessiden.

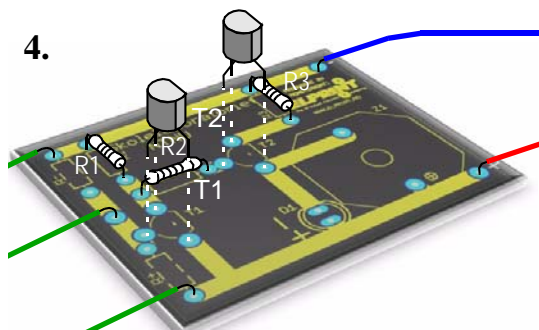
## 3. Finn bindersene og den røde og den blå ledningen.

Ta av ca. 5 mm av isolasjonen i hver ende av begge ledningene.



Lodd én binders i den ene av endene til hver av ledningene. Monter ledningene til monteringsplaten som vist på figuren over. Pass på at den røde kobles til + og den blå til -.

4.

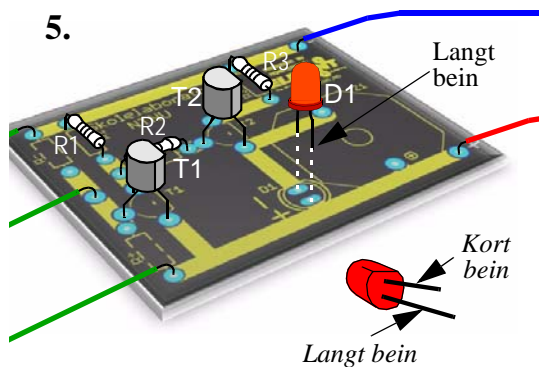


## 4. Finn transistorene

T1 og T2

Pass på at den flate siden plasseres som angitt på monteringsplata. Spre beina litt ut og stikk dem ned i hullene i plata. Det er helt avgjørende at de settes rett vei. *Ikke press transistorene helt ned til plata.*

5.

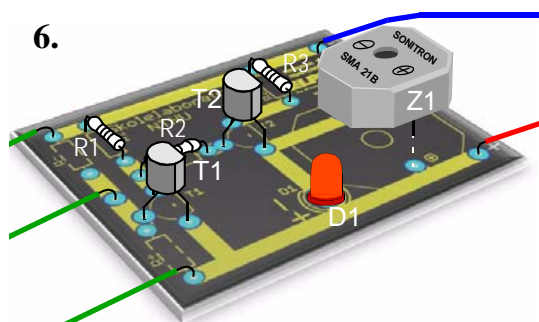


5. **Finn lysdioden**

D1

Lysdioden har en + og - side. Det lange beinet er + siden og skal stikkes ned i hullet merket + på monteringsplata.

6.



6. **Finn summeren**

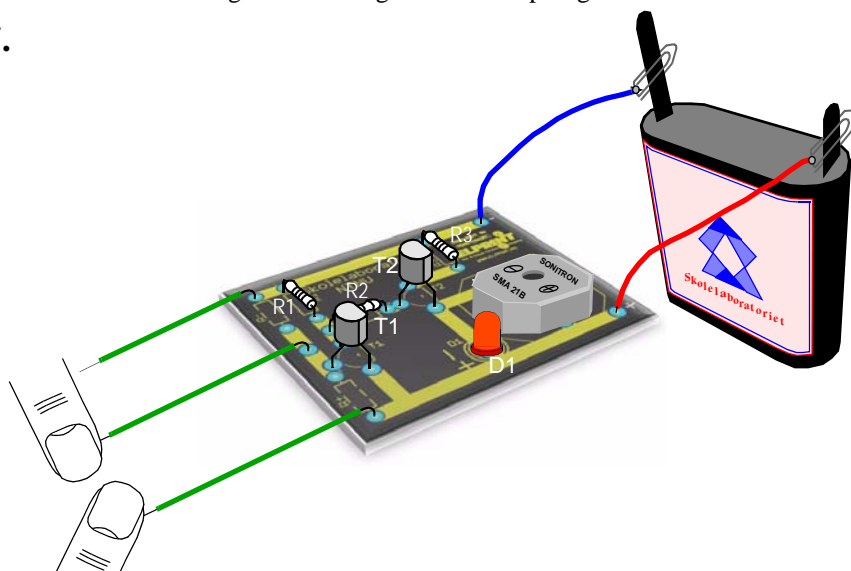
Z1

Summeren har en + og - side. Pass på at beinet på +siden stikkes ned i hullet merket + på monteringsplata.

Monter summeren som vist på figuren til venstre.

7. **Sjekk** at alt er montert riktig og at loddingene er gode. Koble til batteriet og sjekk at kretsen virker ved å ta i to av de grønne ledningene som vist på figuren. Summeren skal da pipe.

7.



## Feilsjekk:

Om den ikke virker kan det være lurt å gå gjennom listen over mulige feilkilder:

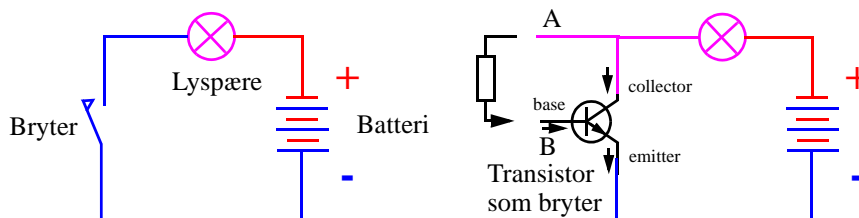
1. Sjekk at batteriet er koblet rett vei, rød ledning på pluss og blå ledning på minus.
2. Sjekk at rød og blå ledning er koblet til de riktige kobberbanene.
3. Undersøk at lysdiode og/eller lyd giver er koblet rett vei.
4. Undersøk om transistorene er koblet rett vei.
5. Sjekk at riktig resistor er plassert på rett sted. Sjekk fargekodene.
6. Gå over og se om alle loddingene er gode, ingen løse bein eller ledninger.
7. Undersøk om det er kortslutninger på kortet. Kobberstriper eller ledninger som berører hverandre og som egentlig *ikke* skal ha kontakt.
8. I værste fall bytt transistorer eller lysdiode.

Lys og lyd blir noe svakere når både lysdioden og lyd giveren er innkoblet samtidig. Dersom en ønsker kraftigere lyd kan lysdioden fjernes.

## 4.4 Fuktighetsdetektorens virkemåte

Vi skal nå forsøke å bruke noe av det vi har lært i kapitlene foran.

Målsettingen med dette avsnittet er å gi en kvalitativ forståelse av hvordan strømforsterkeren virker. Vi begynner med det kjente, og starter med en enkel sluttet krets med en lyspære, en bryter og et batteri. Lyspæren kan godt byttes ut med en sirene eller lyd giver om vi ønsker det.



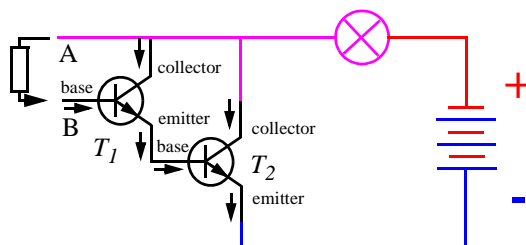
Figur 31 Forenklet forklaringsmodell av strømforsterkeren.

Figur 31 A) viser en enkel krets med bryter for å slå på lyset i ei lyspære. Når vi presser inn bryteren sluttet kretsen og det begynner å gå strøm fra batteriets positive pol gjennom pæra og bryteren, og tilbake til batteriets negative pol.

I stedet for å trykke på en bryter, ønsker vi å slå lyset av og på ved hjelp av en liten elektrisk strøm. Vi bytter derfor ut bryteren med en transistor. Vi vet at dersom vi sender en liten elektrisk strøm inn i basen på transistoren, åpner transistoren slik at det kan gå en stor strøm gjennom transistoren fra collektor til emitter. Strømmen i basen skaper vi ved å legge en resistor mellom plusspolen på

batteriet og basen på transistoren. Resistoren kan også være kroppen vår. Den lille strømmen inn i basen medfører at det kan gå en stor strøm gjennom lyspæra som begynner å lyse. Vi har laget oss en strømstyrt elektrisk bryter.

For at vi skal kunne styre transistorbryteren med en enda mindre strøm, henger vi på en transistor til.



Figur 32 Forenklet forklaringsmodell med to-trinns transistorforsterker.

Figur 32 viser hvordan dette kan gjøres ved at vi kobler til enda en transistor. En ørliten strøm i basen på  $T_1$ , vil åpne transistoren  $T_1$  som vil lede en større strøm inn i basen til den andre transistoren,  $T_2$ , som i sin tur åpner for at en stor strøm kan begynne å gå gjennom lyspæra. En slik kobling blir brukt for å øke strømforsterkningen i en transistor og går under navnet *Darlingtonkobling*, oppkalt etter den som først brukte denne koblinga.

På bakgrunn av dette og det vi tidligere har lært om komponenter og kretser, skal vi nå forsøke å forstå hvordan strømforsterkeren vi har laget virker.

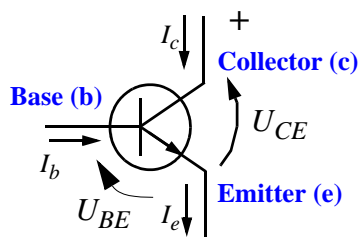
Det er to ting vi må huske på for å forstå hvordan kretsen virker.

- 1) Når spenningen mellom basen og emitteren,  $U_{BE}$ , hos en transistor kommer over ca. 0.6V, begynner det å gå en liten strøm inn i basen på transistoren. Når det skjer, begynner transistoren å lede, dvs. det begynner å gå en stor strøm gjennom transistoren, fra collector til emitter og tilbake til batteriet.
- 2) Når det går en strøm gjennom en resistor kan vi måle en spenning over den. Spenningen bestemmes av *Ohms lov* som sier:

$$\text{Spenningsverdien} = \text{Resistansen} \cdot \text{Strømverdien}$$

$$U = R \cdot I$$

Dersom strømmen gjennom resistoren er null, vil det heller ikke bli noe spenningsforskjell over den. Eller sagt på en annen måte, dersom spenningen over resistoren er null vil det heller ikke gå noen strøm i den.



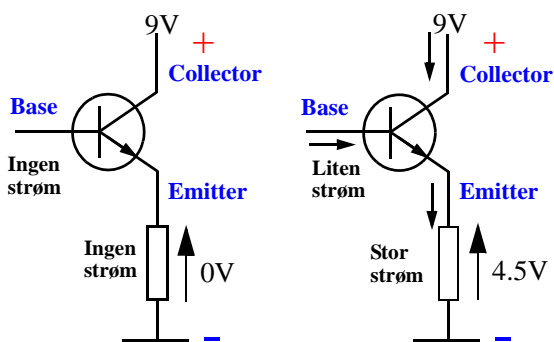
Figur 33 Strømmer og spenninger i transistoren.

Dersom vi husker disse to tingene kan vi forstå hvordan kretsen fungerer.

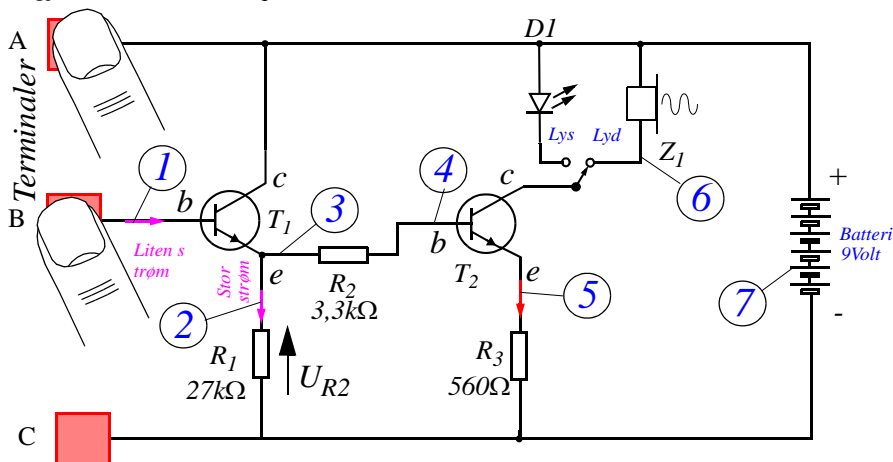
Se på skjemaet på figur 35 mens vi forklarer kretsens virkemåte. Når vi snakker om spenningen i et punkt, mener vi alltid spenningsforskjellen mellom dette punktet og jord, som ofte er minuspolen på batteriet.

1. Tenk deg at du holder en finger på to platene, A og B, som vist på figur 35. Siden huden vår gjerne er litt fuktig, vil det gå en liten strøm fra plusspolen på batteriet (den øverste plata), gjennom kroppen vår og inn i basen ( $b$ ) på transistor  $T_1$ .

2. Når det går en liten strøm inn i basen på denne transistoren, begynner det å gå en stor strøm fra collectoren ( $c$ ), gjennom transistoren og ut gjennom emitteren. Dvs. at det også går en stor strøm gjennom resistoren  $R_1$ .



Figur 34 Liten strøm styrer en stor strøm.



Figur 35 Kretsskjema for strømforsterkeren.

3. Når det går en stor strøm gjennom resistoren  $R_1$ , vil det i følge Ohms lov, oppstå en spenning over denne resistoren, og spenningen i punktet 3 øker.

4. Når spenningen mellom punktet 3 og jord øker, vil også spenningen i punktet 4 øke omtrent like mye. Dette skyldes at strømmen gjennom resistoren  $R_2$  er relativt liten, og dermed, i følge Ohms lov, også spenningen over resistoren.



5. Når spenningen i punkt 4 øker, vil spenningen,  $U_{BE}$ , mellom basen og emitteren på transistor  $T_2$  øke til over 0.6V og det begynner å gå strøm gjennom denne transistoren. Denne strømmen er vesentlig større enn strømmen gjennom transistoren  $T_1$ . Kretsen har med andre ord en betydelig strømforsterkning.
6. Siden strømmen som går gjennom transistoren fra collectoren ( $c$ ) og emitter ( $e$ ) også må gå gjennom lydgiveren eller lysdioden vil vi få lys eller lyd.
7. Batteriet sørger for at det står spenning over kretsen og får det til å gå strømmer gjennom transistorene.

Når vi nå skjønner hvordan kretsen virker, skal vi se hvordan vi kan anvende den på forskjellige måter.

## 4.5 Alternative bruksområder

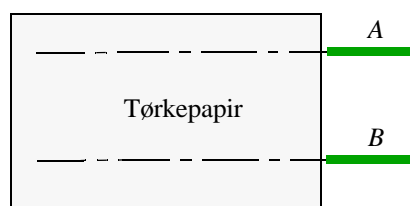
Vi skal i dette avsnittet skal vi vise noen alternative måter å bruke kretsen på.

### 4.5.1 Fuktighetsindikator

Siden det bare skal en ørliten strøm til for at kretsen skal gi alarm eller lyssignal, kan den benyttes til å indikere fuktighet. Rent vann leder strøm svært dårlig. Er vannet forurenset, vil det lede strømmen noe bedre. Forsøk viser at selv om vi bruker destillert vann så vil strømmen gjennom vannet være tilstrekkelig til at kretsen gir signal.

Ta av isolasjonen på de grønne ledningene (A og B) på kretsen og tre dem inn i tørkepapiret som vist på figur 36.

Når papiret blir vått, vil det gå en liten strøm mellom ledningene, og alarmen går.



Figur 36 Ved å tre de avisolerte ledningene gjennom et tørkepapir økes detektorens følsomhet for små vannmengder.

#### Opgaver:

*Be elevene komme med forslag til hva en slik krets kan brukes til!*

*Er det mulig å gjøre noen forandringer på kretsen slik at alarmen går når papiret er tørt, men holder stilt når det er vått?*

*Hva kan en slik variant av kretsen brukes til?*

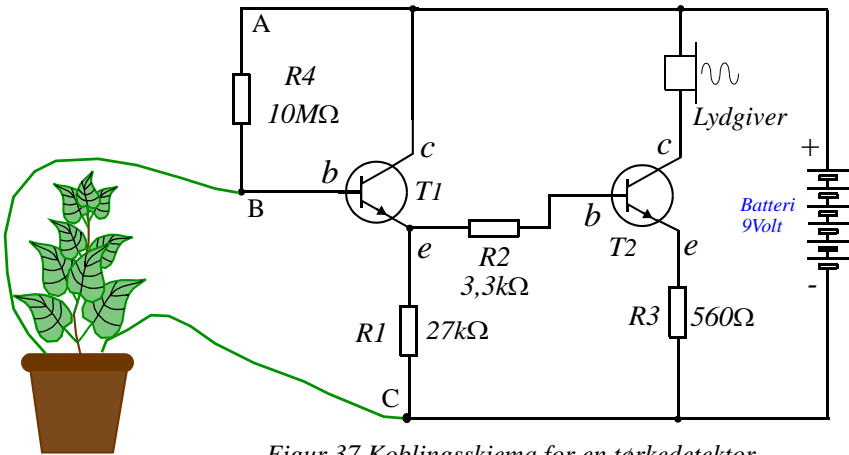
Figur 35 viser koblingsskjemaet for fuktighetsindikatoren

### 4.5.2 Tørkedetektor

En tørkedetektor er en praktisk innretning som f.eks. kan brukes til å "holde øye med" potteplantene. Når plantene begynner å lengte etter vann, vil en slik alarm si i fra og hindre at plantene tørker ut og dør.

Med en svært enkel modifikasjon kan vår fuktighetsdetektor gjøres om til en tørkedetektor. Vi ønsker ingen alarm så lenge det er vått, men så snart planten begynner å bli tørr skal alarmen gå.

Figur 37 viser hvordan dette kan gjøres. En resistor ( $R_4$ ) med svært høy resistans, kobles fra basen på transistor  $T_1$  og opp til den positive polen på batteriet. I tillegg kobler vi en ledning fra den samme



Figur 37 Koblingskjema for en tørkedetektor.

basen og stikker den ned i jorda på potteplanten. Ta en annen ledning og før fra den negative polen på batteriet og ned et annet sted i jorda.

Hvordan virker denne kretsen?

Så lenge jorda er fuktig vil basen på transistor  $T_1$  ligge til jord (bokstavelig talt). Dvs. siden jorda i planten er våt, leder den strøm ganske godt (lav resistans). Spenningspotensialet på basen er derfor nesten null og det går ingen strøm inn i basen på transistor  $T_1$ . Det betyr at det heller ikke går noen strøm i  $T_2$  og lydgiveren er “død”.

Når så jorda begynner å bli tørr, vil resistansen i jorda bli langt høyere, og resistoren  $R_4$  drar spenningspotensialet på basen til  $T_1$  opp mot plusspolen på batteriet, og transistor  $T_1$  begynner å lede strøm. Strømforsterkeren forsterker opp denne strømmen og lydgiveren avgir lyd.

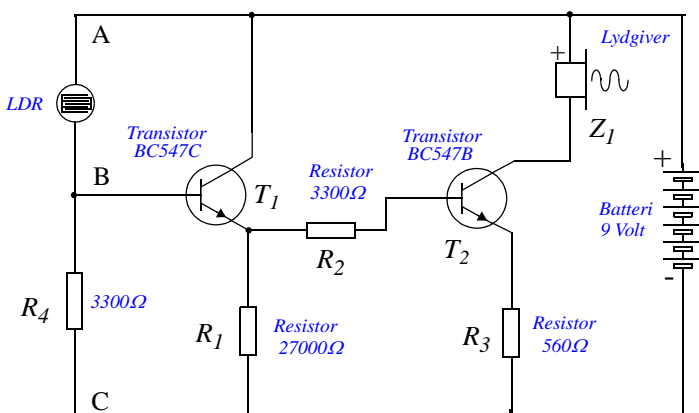
Vi har fått en tørkedetektor.

Dersom lydgiveren ikke gir lyd før planten er uttørket, kan det hjelpe å redusere verdien på  $R_4$ .

### 4.5.3 Lysdetektor

Denne kretsen bruker en lysfølsom resistor (LDR) mellom basen på transistoren  $T_1$  og den positive polen på batteriet. Når det er lyst blir resistansen i den lysfølsomme resistoren lav og basen på  $T_1$  "løftes" opp til den positive spenningen, og det begynner å gå en liten strøm inn i basen på  $T_1$ . Dermed går alarmen.

Når det er mørkt vil resistansen i den lysfølsomme resistoren være høy og basen blir dradd ned til den negative spenningen av resistoren  $R_4$ , og  $T_1$  leder ikke strøm.



Figur 38 Koblingsskjema for en lysdetektor.

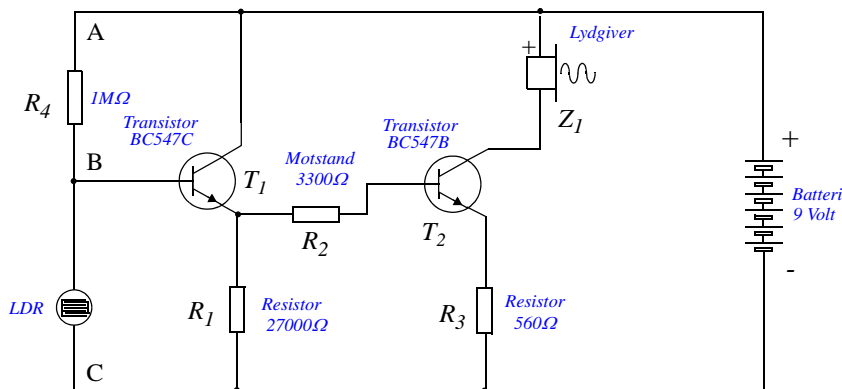
#### Oppgave:

Spør elevene om de kan tenke seg hvordan en slik krets kan brukes.

Hva kan vi bruke den kretsen til dersom alarmen byttes ut med en kraftig lyspære?

### 4.5.4 Mørkedetektor

Tilsvarende kan vi gjøre om kretsen til en mørkedetektor ved at den lysfølsomme resistoren kobles mellom basen og minus-polen. I dette tilfellet må vi koble basen til den positive polen gjennom en ganske stor resistans som vist på kretsskjemaet under.



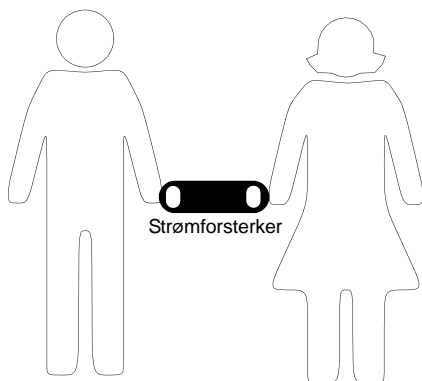
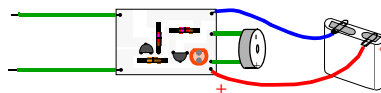
Figur 39 Koblingsskjema for en mørkedetektor.

#### Oppgave:

Utfordre elevene til å tenke gjennom hva denne kretsen kan brukes til?

#### 4.5.5 “Elevprobe” - Hvem holder hverandre i hånda?

Elevene deles inn i grupper på 8 - 12 stykker. Hver gruppe får tildelt en “elevprobe” som er en strømforsterker som kan detektere om det er kroppskontakt mellom to eller flere elever.

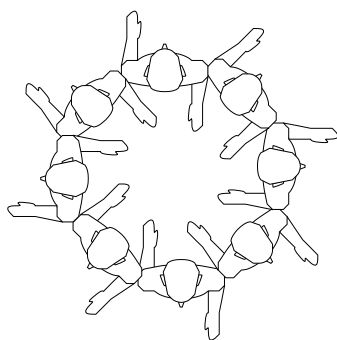


To av elevene tar tak i hver sin side av elevproben. Disse to skal være “proben” som skal detektere om det er kroppskontakt mellom de andre elevene.

De øvrige elevene stiller seg i en ring med ryggen mot hverandre. De holder *en* hånd foran seg. Med den andre hånden som de har på ryggen, griper de om hånden til en eller flere av de andre i gruppa. Når de har funnet den hånden de vil holde i, må de holde fast på denne til målingene er avsluttet. Ikke alle elevene trenger å holde noen i hånda, og noen kan holde flere i hånda. Husk at en må berøre hud for å få kontakt.

Elevene med “proben”, griper hver sin hånd i gruppen med sin ledige hånd. Dersom proben gir lyd, holder de to gruppemedlemmene hverandre i hendene, om ikke så har de ikke kroppskontakt med hverandre.

En av elevene skriver opp navnene på de som står i ringen og har til oppgave å notere ned hvem som holder hvem i hånden, etterhvert som de to “probe”-elevene finner ut hvem som holder i hvem.



8 elever i ring

	Øystein	
Gunnhild		Maria
Odd		Frode
Sissel		Ingvill
	Nils	

Figur 40 Elevene står i ring med ryggen mot hverandre. Noen elever holder i hverandre.

Når de mener at de har funnet svaret, snur elevene i ringen seg mens de fortsatt holder fast på hendene til de andre. Så kontrolleres om “probe”-elevene har funnet riktig svar.



*Figur 41 Elevprobe.*

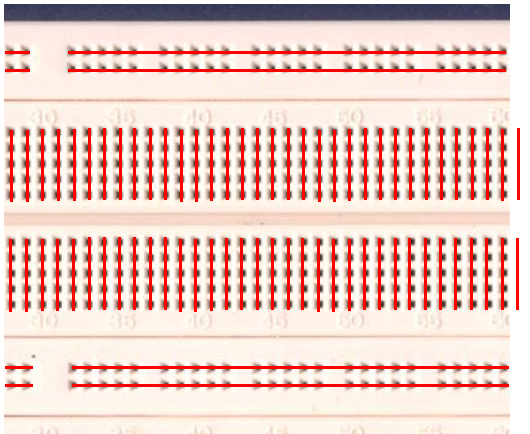
**Oppgave:**

*Utfordre elevene til å tenke gjennom om leken kan organiseres på andre måter?*

**4.6 Utfør enkle laboratorieeksperimenter på fuktighetsdetektoren**

Forslagene til endringer i kretsen kan lett utføres dersom en kobler de tre grønne ledningene opp mot et koblingsbrett.

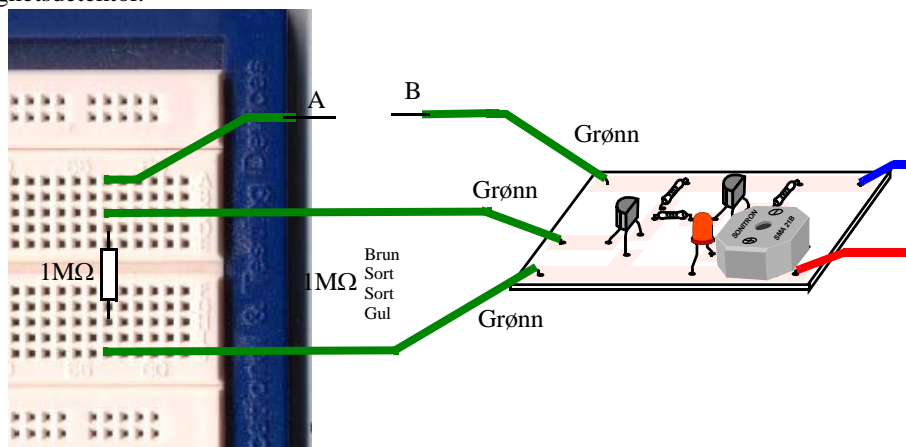
Under oppkoblingen må vi vite hvilke koblingspunkter som er forbundet på koblingsbrettet. Dette er vist på figur 42.



*Figur 42 Sammenkobling av kontaktpunkter på koblingsbrettet.*

#### 4.6.1 Oppkobling av tørkedetektor

Oppkoblingen viser hvordan kretsen kan kobles opp som tørkedetektor i stedet for fuktighetsdetektor.

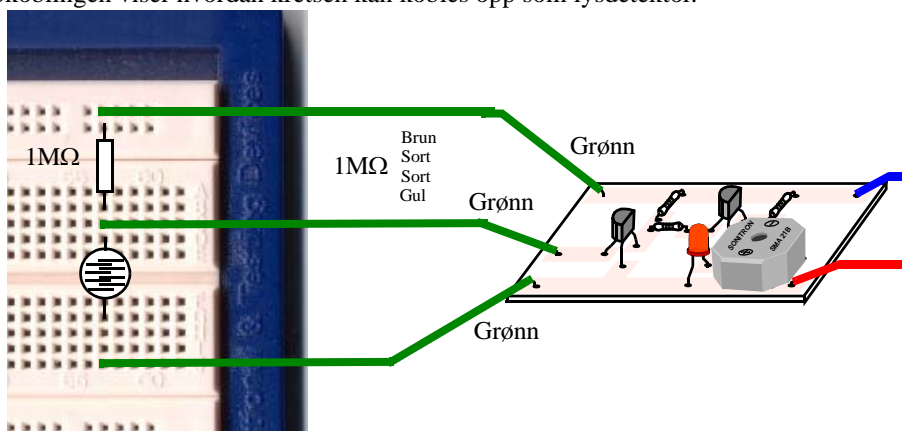


Figur 43 Tørkedetektor.

Kretsen gir signal når forbindelsen mellom A og B er brutt, dvs. blomsten er tørket ut.  
Hvordan virker denne kretsen?

#### 4.6.2 Lysdetektor

Oppkoblingen viser hvordan kretsen kan kobles opp som lysdetektor.



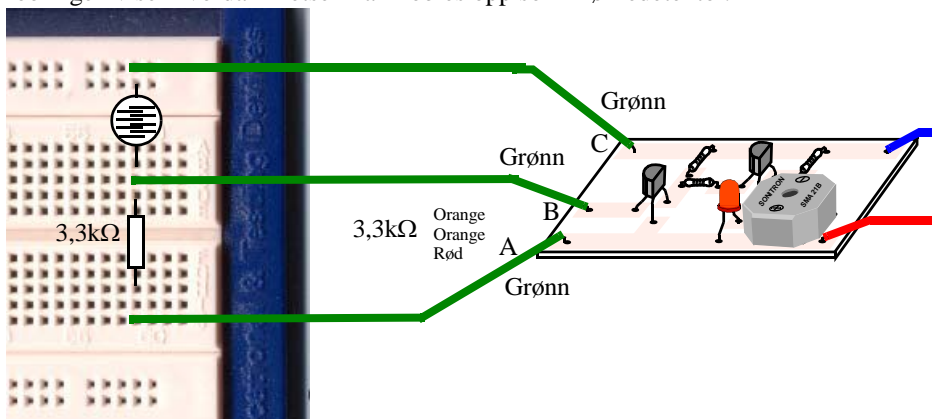
Figur 44 Lysdetektor.

Kretsen gir signal når det blir lyst.

Hvordan virker denne kretsen?

### 4.6.3 Mørkedetektor

Oppkoblingen viser hvordan kretsen kan kobles opp som mørkedetektor.



Figur 45 Mørkedetektor.

Kretsen gir signal når det blir mørk.

Hvordan virker denne kretsen?

## 5 Referanser

### Litteraturreferanser

- [1] Rossing, Stefansson, Bungum, "Elektronikk for skolen", SLserien 2, des 2003, ISBN 82-7923-026-2

### Nettreferanser

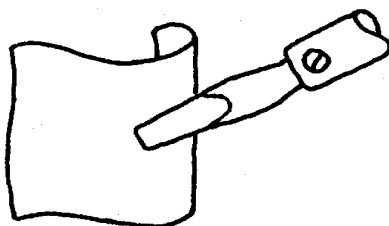
- [2] **Røykvarslere**  
a) <http://www.kidde.com.au/How+Smoke+Alarms+Work.shtml>



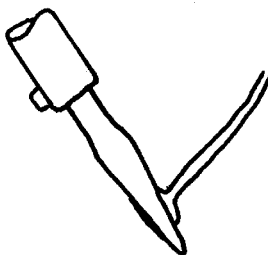
## Vedlegg A      Loddekurs

Før vi lodder fast komponentene kan det være greit å se litt på hvordan vi utfører en god lodding. Dersom loddingene ikke blir gode nok, kan vi lett risikere at ingenting virker som det skal.

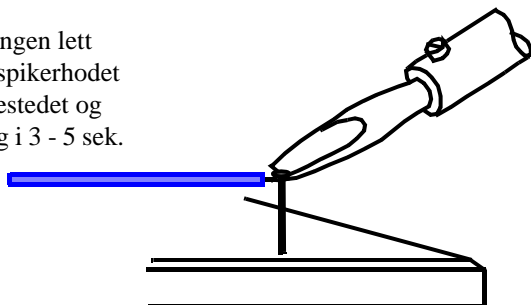
1. Se til at loddebolten er ren for loddeslagg.  
Tørk av spissen med en fuktig klut mens den er varm.



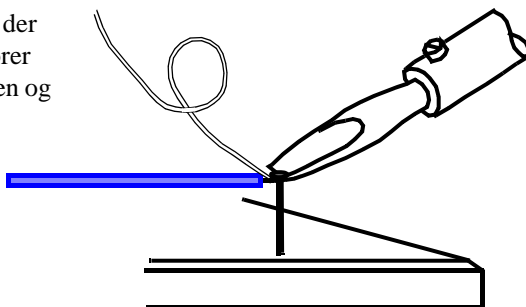
2. Etter at loddebolten er rengjort, fortinnes begge sider med litt tinn. Dette er kun for å beskytte loddebolten mot korrosjon og for å gi bedre varmeledning til loddestedet.



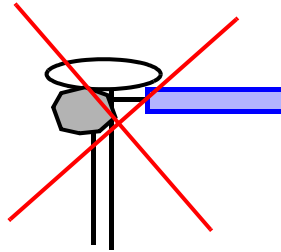
3. Fest ledningen lett opp under spikerhodet og varm opp loddestedet og ledningen samtidig i 3 - 5 sek.



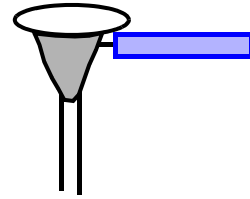
4. Tilfør loddetinn der loddebolten berører spikeren og ledningen og **ikke på loddebolten.**



**5.** Se til at loddingen ikke er en kaldlodding. For at loddingen skal være god, bør loddetinnet ha flytt utover.



Kald lodding

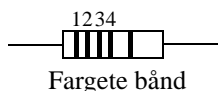


God lodding

Etter at komponentene er loddet fast, kan bena som er for lange klippes av inntil loddingen med en avbitertang.

## Vedlegg B

## Hvordan angis motstansverdien til en motstand



*Figur B.1 Merking av resistorer*

Resistorer er ofte for små til at de kan påtrykkes en tekst. Resistansen angis derfor vanligvis med fargete bånd rundt resistoren etter en fargekoding som angitt i Tabell B.1.

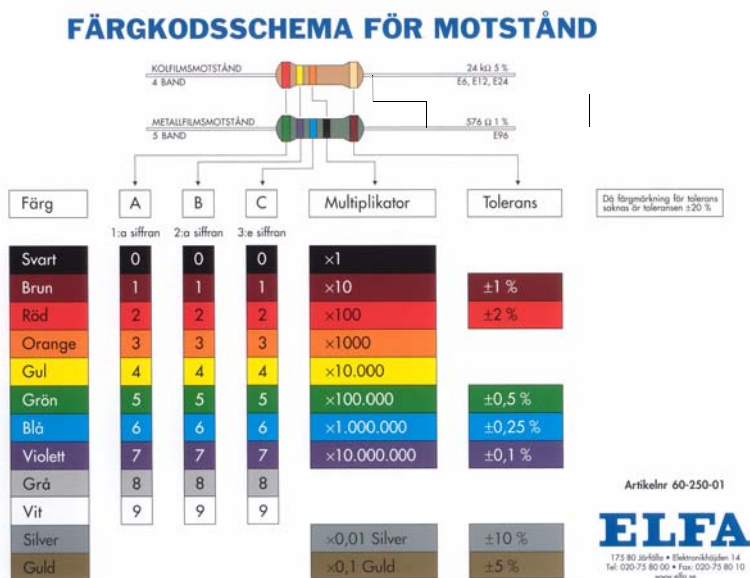
Resistansen måles i enheter av *Ohm* som betegnes med den greske bokstaven  $\Omega$  (*omega*). Fordi Ohm er en svært liten enhet, får vi resistorer fra med verdier fra under  $1\Omega$  opp til flere millioner  $\Omega$ . Vi kan imidlertid ikke få dem i alle tenkelige størrelser. Resistorer produseres i standardiserte *serier* med forskjellige verdier og presisjon. Desto høyere presisjon en serie har, desto flere verdier finnes i serien.

*Tabell B.1 Fargekoding av resistorer*

Farge	Betydning	Farge	Betydning
sort	0	grønn	5
brun	1	blå	6
rød	2	fiolett	7
oransje	3	grå	8
gul	4	hvit	9

Serien E12, som brukes ganske mye, har 12 verdier for hver dekade (tier-potens). Dvs. det finnes 12 verdier mellom  $10\text{ Ohm}$  og  $100\text{ Ohm}$ . Disse verdiene er standardisert til  $12\Omega$ ,  $15\Omega$ ,  $18\Omega$ ,  $22\Omega$ ,  $27\Omega$ ,  $33\Omega$ ,  $39\Omega$ ,  $47\Omega$ ,  $56\Omega$ ,  $68\Omega$ ,  $81\Omega$  og  $100\Omega$ . Tilsvarende finner vi 12 verdier mellom  $100\Omega$  og  $1000\Omega$ , osv. På samme måte har vi serien E24. Denne merkes med fire ringer.

I E12 serien angir de to første ringene 1. og 2. siffer i verdien. Den 3. ringen angir multiplikasjonsfaktoren gitt som potens av 10. En resistor som er merket med ringene *orange, oransje, rød*, vil ha verdien 3 (oransje), 3 (oransje) med multiplikasjonsfaktor  $10^{2(\text{rød})}=100$ , som gir verdien  $33 \times 100 = 3300\Omega$  eller  $3,3k\Omega$ , hvor k står for kilo (1000).



*Figur B.2 Fargekoding av resitorer (ELFA).  
Ringene leses fra den siden der de er nærmest kanten.*

Den 4. ringen angir hvor stort slingsringsmonn eller hvor nøyaktig den oppgitte resistansen er. Dette kalles også *toleransen* til resistansen.

***Ofte er ringen som angir nøyaktigheten (toleransen) plassert litt for seg selv. Dette er det greit å vite så en vet fra hvilken side koden skal leses.***

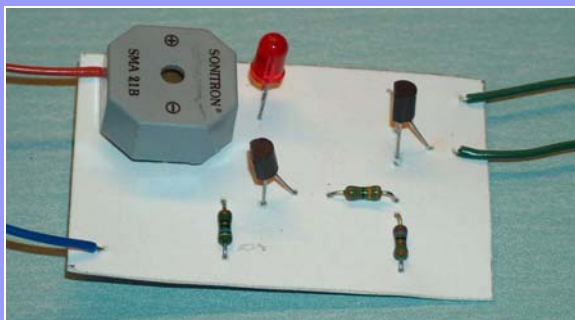
Seriene E 24 og E 48 (presisjonsresistorer) merkes med fem ringer. Disse har henholdsvis 24 og 48 verdier innen hver dekode. De tre første ringene angir de tre første sifrene i resistansen (motstandsverdien). Den 4. ringen angir multiplikasjonsfaktoren i potenser av 10, som vist på figuren over, mens den 5. ringen angir nøyaktigheten til resistoren i henhold til koden i tabell 2.

*Tabell B.2 Fargekoding av nøyaktighet.*

Farge	Betydning	Farge	Betydning
ikke merket	±20%	brun	±1%
sølv	±10%	grå	±0,5%
gull	±5%	blå	±0,25%
rød	±2%	fiolett	±0,1%







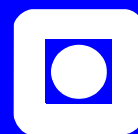
Heftet er satt sammen for å brukes under workshop'en: "Vi bygger elektroniske sensorer" under Naturfagskonferansen i Oslo 27. og 28. oktober 2005 og som praktisk del av videreutdanningskurset: Teknologi og Entreprenørskap ved NTNU. Hensikten har vært å vise at sensorer er noe vi daglig omgir oss med. De kan være kompliserte eller relativt enkle og kan til og med lages i klasserommet av elevene.

### **Nils Kr. Rossing**

er universitetslektor ved Skolelaboratoriet ved NTNU og prosjektleder ved Midt-Nordisk Vitensenter E-post: [nils.rossing@plu.ntnu.no](mailto:nils.rossing@plu.ntnu.no)

### **Berit Bungum**

er førsteamanuensis ved Inst. for fysikk ved NTNU og har tidligere arbeidet ved ILS ved Universitetet i Oslo. E-post: [berit.bungum@ntnu.no](mailto:berit.bungum@ntnu.no)



**Skolelaboratoriet**  
for matematikk, naturfag  
og teknologi