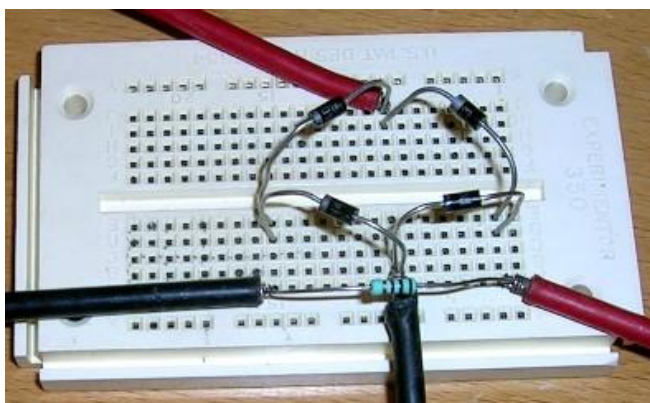


## Enkel elektronisk krets

Vi skal bygge en liten enkel elektronisk krets. Det følgende er en utførlig beskrivelse som er beregnet for lodding av en slik krets med enkle hjelpemidler.

Vi skal imidlertid gjøre dette enda enklere. Vi skal ”bare” montere komponentene på et brett med hull og påmonterte ledere (se bilde under).



*Foto: KPT-naturfag*

Dere trenger med andre ord bare finne frem til hvordan kretsen skal koples opp og få den til å virke. Når den virker, er øvelsen godkjent”

## 1 Innledning

Vi har tidligere behandlet elektriske kretser. I denne delen skal vi bygge vår første elektroniske krets. Den primære forskjellen mellom *elektriske* og *elektroniske* kretser er at mens vi i elektriske kretser kun bruker *passive* komponenter, bruker vi i elektroniske kretser i tillegg det *aktive* elementet transistoren.

*Passive komponenter* har ingen evne til å forsterke signaler. Eksempler på passive komponenter er lyspærer, lysdioder, motstander, motorer og batterier, i tillegg til brytere, vendere, koblingsklemmer, og ledninger for sammenkobling av de ulike kretselementene.

*Aktive komponenter* kan derimot gi effektforsterkning, dvs. at både strøm og spenning i et signal forsterkes. Transistoren er et eksempel på en aktiv komponent som kan gi effektforsterkning.

Transistoren har primært to funksjoner i elektroniske kretser, det er som *elektronisk styrt bryter* og som *signalforsterker*. Som bryter er den viktig i datamaskiner og annet digitalt utstyr, som CD-spillere, digitale klokker, mikroprosessorer og i kontroll- og styringskretser. Mens den brukes som forsterker av svake signaler i for eksempel kommunikasjonsutstyr som radio, fjernsyn, mobiltelefoner o.l..

*Analog-teknikken* behandler kontinuerlige signaler som lyd og radiosignaler, mens *digital-teknikken* omdanner og behandler signaler som tallverdier.

I de fleste moderne elektroniske apparatene kombineres analog- og digitalteknikken. I slike apparater omdannes de analoge kontinuerlige signalene (f.eks. lyd) til digitale tallverdier som behandles av "regnemaskiner", før de på et senere tidspunkt igjen omdannes til analoge signaler, og videre til f.eks. lyd i en høyttaler. Moderne CD-spillere er nettopp bygget opp denne måten.

I denne delen av kurset skal vi se på transistoren som forsterkerelement. Oppgaven går ut på å lage en enkel strømforsterker, i grove trekk forstå hvordan denne virker og hva denne kan brukes til. Oppgaven er delt i to. Først bygges en enkel en-trinns forsterker som i neste omgang kan bygges ut med ett trinn til samtidig som den suppleres med en lydkilde.

La oss først se hvordan vi kan motivere elevene til å gjennomføre prosjektet.

## 2 Motivasjonen

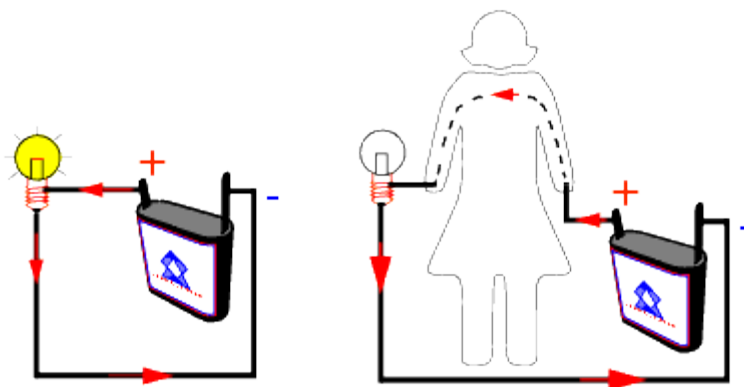
Det er viktig at elevene blir motivert til å løse en oppgave. En slik motivasjon kan skapes på mange måter. En måte er å sette det de skal gjøre inn i en sammenheng hvor de kan kjenne seg igjen. Vi har foreslått følgende problemstilling:

### 2.1 Problemstilling

#### *Går det strøm gjennom kroppen?*

Vi har et batteri, en lyspære og noen ledninger. Dersom vi kobler en ledning fra den ene polen på batteriet til den ene polen på lyspæra, og videre fra den andre polen på lyspæra og tilbake til den andre polen på batteriet, så ser vi at pæra lyser. Strømmen går fra batteriets positive pol (+) gjennom ledningen til lyspæra, gjennom glødetråden inne i pæra, og tilbake til batteriets negative pol (-).

Når strømmen passerer glødetråden i lyspæra, varmes den opp på grunn av friksjonsenergi som utløses når elektronene støter mot hverandre og atomene i glødetråden. På denne måten frigjøres varme og glødetråden i pæra begynner å gløde.



Figur 1 Lyspæra lyser ikke når kroppen blir en del av strømkretsen.

Dersom vi kobler oss selv inn i kretsen, som vist på tegningen til høyre på figur 1, får vi ikke lys i lyspæra. I dette tilfellet må strømmen gå både gjennom kroppen og gjennom glødetråden.

Hva kan det komme av at vi nå ikke får lys i pæra?

Det kan ha to årsaker:

1. At kroppen vår ikke leder strøm.
2. At kroppen vår leder så lite strøm at strømmen som både må passere kroppen vår og glødetråden i lyspæra, ikke er stor nok til at glødetråden begynner å gløde. Sagt på en annen måte: Den elektriske motstanden i kroppen er så stor at strømmen gjennom glødetråden i lyspæra blir for liten til å varme opp tråden.

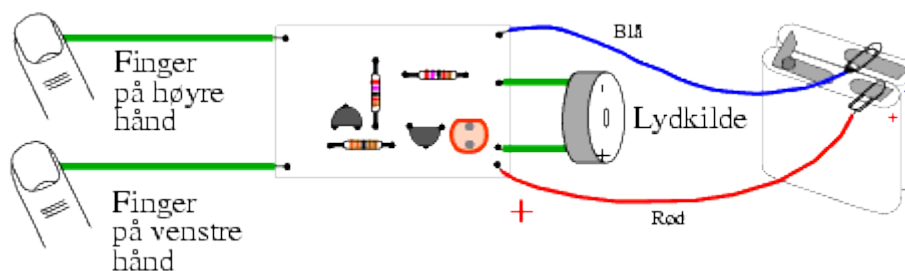
Hvordan skal vi finne hvilken av disse to antagelsene som er den riktige?

Her vil det være naturlig å fokusere på at strømmen forbi et hvert punkt i en enkel sluttet krets vil være den samme. Siden kroppen yter stor elektrisk motstand, så vil den totale strømmen i kretsen bli for liten til at glødetråden i lyspæra begynner å gløde og dermed gi fra seg lys.

### 2.1.1 Strømførsterkeren

En måte å finne ut om et lite batteri kan få strøm til å gå gjennom kroppen, er å bruke en *strømførsterker*. En strømførsterker vil registrere og forsterke opp svært små strømmer slik at vi er istand til å finne ut om det går en svak strøm gjennom kroppen.

Figur 2 viser en elektronisk krets som kan forsterke opp en eventuell liten strøm som går gjennom kroppen.



Figur 2 Elektronisk krets som forsterker små strømmer.

Dersom vi berører de to ledningene til venstre, vil kretsen som er monteret på et lite kort, registrere og forsterke opp en eventuell strøm som går fra den ene polen på batteriet, gjennom fingerene og kroppen vår, og tilbake til den andre polen på batteriet. Den vesle strømmen vil bli forsterket og lysdioden lyser (eller lyd giveren gir fra seg en tone), som forteller oss at det faktisk går strøm.

Vi skal nå se nærmere på hvordan vi kan bygge en slik krets. Kretsen på figur 2 er en to-trinns forsterker. Dvs. si at den forsterker opp strømmen i to omganger. Kretsen vil dermed bli svært følsom.

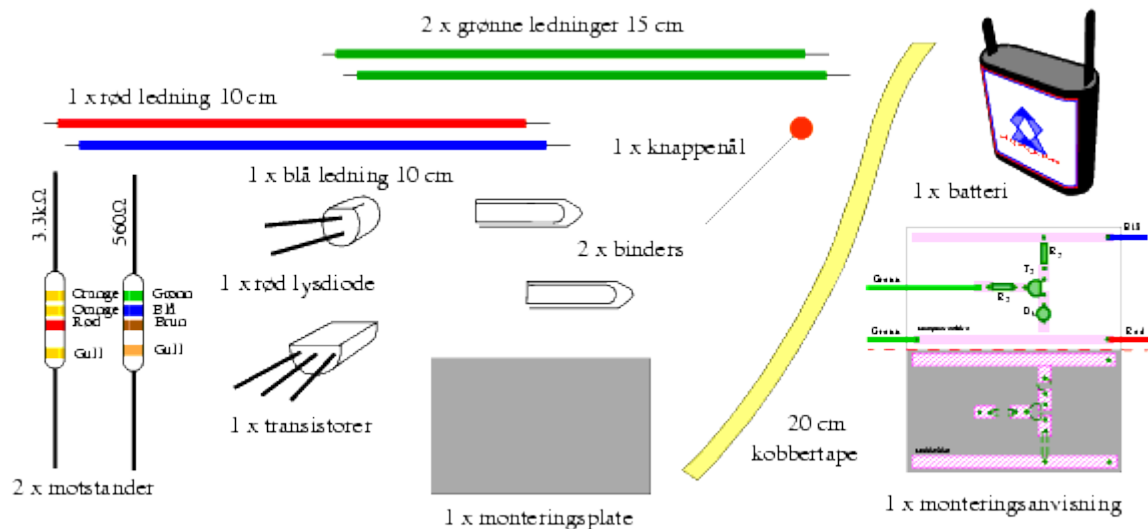
I den videre arbeidet skal vi først bygge det ene trinnet og undersøke følsomheten til dette, for deretter å koble til et trinn til.

### 3 Vår første elektroniske krets - en-trinns strømforsterker med lysdiode

I dette kapitlet skal vi se nærmere på hvordan vi kan bygge opp en elektronisk krets på et lite monteringskort. Vi skal også se hvordan vi kan lage monteringskortet, og montere og lodde opp komponentene.

#### 3.1 Komponentene

Figur 3 viser en oversikt over komponentene vi trenger for å lage en en-trinns strømforsterker..



Figur 3 Delene som inngår i vår første oppkobling.

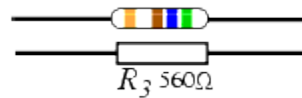
For at det skal bli lettere å bygge opp kretsen på koblingsbrettet, vil vi gjennomgå hvordan de enkelt komponent ser ut og hvordan de symboliseres i et koblingsskjema. Dette er nødvendig for å kunne lese et koblingsskjema.

#### 3.2 Symbolisering av komponentene

For at funksjonen til den enkelte komponenten i en krets skal komme tydelig fram, samtidig som komponentene skal bli lette å tegne, representeres de med **symboler**.

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.

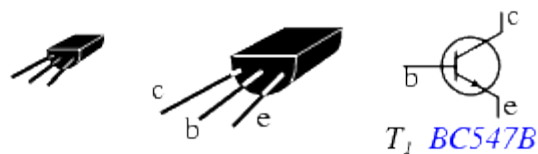
## Motstanden



Figur 4 Motstand.

Motstanden har to tilkoblingsledninger (bein) og den har som oftest fargede ringer som forteller hvilken verdi den har. Symbolet ligner på den virkelige motstanden, men istedet for de fargede ringene får symbolet for motstanden en betegnelse og en verdi (f.eks. hhv.  $R_3$  og  $560\Omega$ ).  $R_3$ 'en forteller oss at det er verdien til en motstand (Resistor), og indeksen 3 at det er motstand nummer tre i kretsen. Vi skal senere se på hvordan vi angir verdien til motstander. Det spiller ingen rolle hvilken vei motstanden monteres. Legg merke til at komponenten også den går under navnet *resistor* (motstand), og dens verdi for *resistans* (motstandsverdi).

## Transistoren

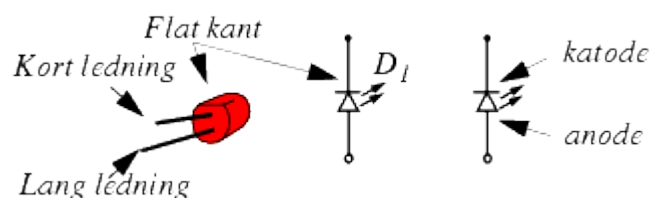


Figur 5 Transistor.

Transistoren har tre tilkoblingsledninger (bein). Disse betegnes henholdsvis: *Base* (b), *emitter* (e) og *collector* (c)<sup>1</sup>. For at kretsen skal virke som den skal er det viktig at tilkoblingsledningene kobles riktig inn i kretsen. Feilkobling kan medføre at transistoren blir ødelagt når batteriet kobles til. Transistoren gis gjerne en betegnelse, f.eks.  $T_1$ , og en typekode, f.eks. BC547B.  $T$  står for transistor, ett-tallet for 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 transistoren.

## Lysdioden



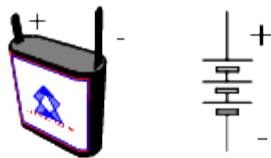
Figur 6 Lysdioden.

Lysdioden har to tilkoblingsledninger (bein). Det er *ikke* likegyldig hvilken ledning som kobles til hvilket punkt i kretsen. De to beina til dioden kalles *katode*<sup>2</sup> og *anode*. Den flate kanten nederst på siden av plashuset (også den siden der den korte ledning kommer ut), viser hvor katoden er. For at dioden skal lyse må katoden kobles nærmest til den negative polen på

batteriet. Legg merke til korrespondansen mellom komponenten og symbolet. Pilene som peker ut fra symbolet indikerer at denne dioden stråler ut lys. Mens det pil-lignende symbolet indikerer strømretningen, fra anode til katode. Dioden gis gjerne en betegnelse, f.eks.  $D_1$ , og en typekode, f.eks. EL333URC-2.

Vi må passe på at vi ikke lar det gå for stor strøm gjennom lysdioden. Lysdioder fås i forskjellige farger, rød, gul, grønn og blå, og ulik lysstyrke.

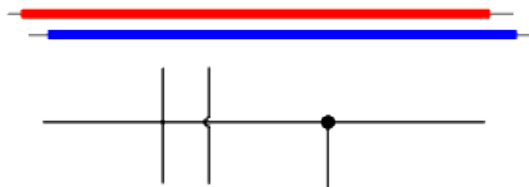
## Batteriet



Figur 7 Batteri med tre celler.

Batterier kan være av forskjellige typer, spenninger og kapasitet (f.eks. mAh). På figuren over ser vi et flatbatteri som gir en spenning på 4,5Volt. Den **lange** tunga på flatbatteriet er den **negative polen** og den **korte** den **positive polen**. Flatbatteriet består av tre seriekoblede celler som hver gir 1,5Volt. Symbolet for batteriet 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.

## Ledninger

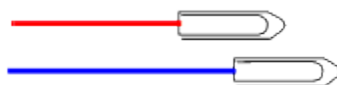


Figur 8 Ledninger, kryssning og sammenkobling.

Ledninger er isolert med plast som kan ha forskjellig farge. I koblingskjemaet 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 brukes ofte i forbindelse med den negative polen.

Ledninger i et koblingskjema antas å ha resistans lik null<sup>3</sup>.

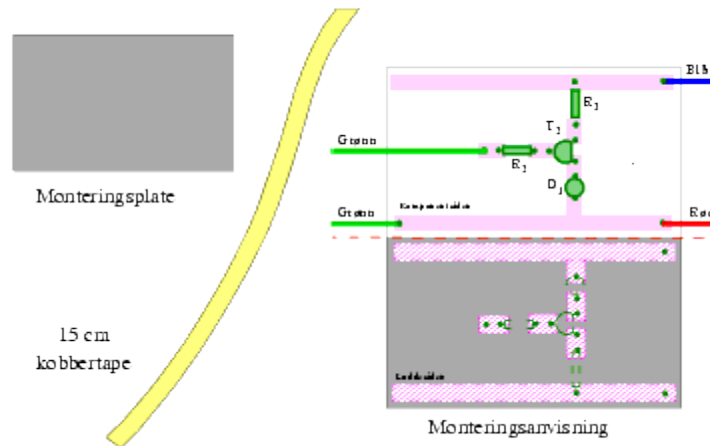
## Batteritilkobling og binderser



Figur 9 Binderser brukes for sammenkobling.

Vi har valgt å bruke binderser loddet til ledninger for å koble kretsen til spenningskilden. Disse er billige og egner seg godt for å koble til flatbatterier. Dersom vi skal koble kretsen til en laboratorie-strømforsyning benyttes ofte ledninger med bananstikkere.

### Monteringsplate, monteringsanvisning og kobbertape



Figur 10 Monteringsplate, monteringsanvisning og kobbertape.

Normalt brukes epoksy- eller glassfiberplater for montering av komponenter. Ledningene består av et mønster i tynne striper av kobberfolie som framtilles ved en etseteknikk. I vårt tilfelle skal vi bruke papp-plater og kobbertape. Bruk fra 0.2 - 1mm papp-plate. Dette er en relativt enkel og billig teknologi selv om den ikke brukes i produksjonsbedrifter. Monteringsanvisningen er todelt og brettes før vi begynner monteringen. Den ene siden angir kobberbanene og den andre komponentplasseringen.

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

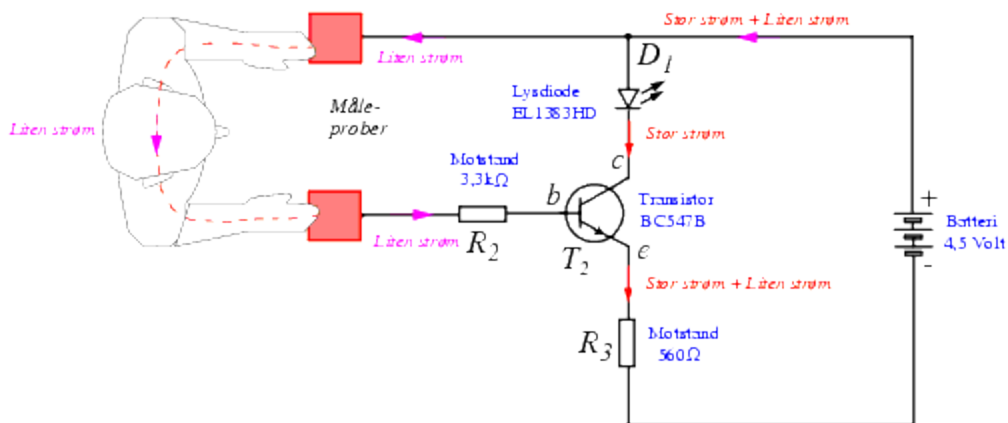
### 3.3 Kretsskjema, en-trinns strømforsterker

Figur 11 viser koblingskjemaet for en enkel en-trinns strømforsterker. Vi kjenner igjen kretssymbolene for transistoren, motstander og lysdioden.

Lengst til høyre har vi symbolet for batteriet, som i dette tilfellet har 3 celler, og leverer en spenning på  $3 \times 1.5\text{Volt} = 4,5\text{Volt}$ .

Strekene som forbinder de enkelte kretssymbolene forteller oss hvordan kretsen skal kobles opp. Hver strek angir en ledning som går mellom de ulike beina på komponentene. Der tre eller flere ledninger møtes, er det tegnet en liten prikk, som skal vise at ledningene er elektrisk forbundet med hverandre. Om en slik prikk ikke finnes i et koblingspunkt betyr det at ledningene krysser uten å ha elektrisk forbindelse.

Lengst til venstre i skjemaet ser vi to kvadratiske plater. Disse skal vise at her ender ledningene ut i to åpne måleprober som i vårt tilfelle kan berøres med fingrene.



Figur 11 Kretsskjema for den enkle strømforsterkeren.

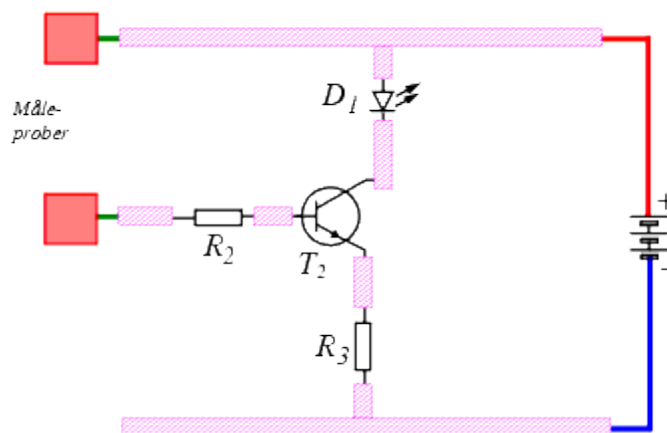
I kretsen i figur 11 har vi valgt å indikere strøm i måleprobene med lys<sup>4</sup>.

Kretsskjemaet inneholder også noen små piler. Disse viser hvilken vei strømmene går. Vi har også indikert størrelsen på strømmene, dette skal senere hjelpe oss til å forstå hvordan kretsen virker. På dette stadiet skal vi bare merke oss at strømmen som går gjennom måleprobene også går inn i transistorens bein merket *b* (base). Denne lille strømmen styrer en større strøm gjennom transistorens bein *c* (collector) og *e* (emitter). Denne strømmen passerer også lysdioden som lyser.

Før vi begynner å montere komponentene må vi lage monteringsplata. Vi tar utgangspunkt i koblingsskjemaet i figur 11.

### 3.4 Framstilling av monteringsplata

En monteringsplate for elektroniske komponenter har en *komponentside* og en *loddesside*. Komponentene skal befinne seg på komponentsida, mens beina til komponentene loddes til kobberbanene på loddessida. Det stikkes hull i monteringsplata på passende steder slik at komponentbeina kan stikkes gjennom plata og loddes til kobberbanene på loddessida.



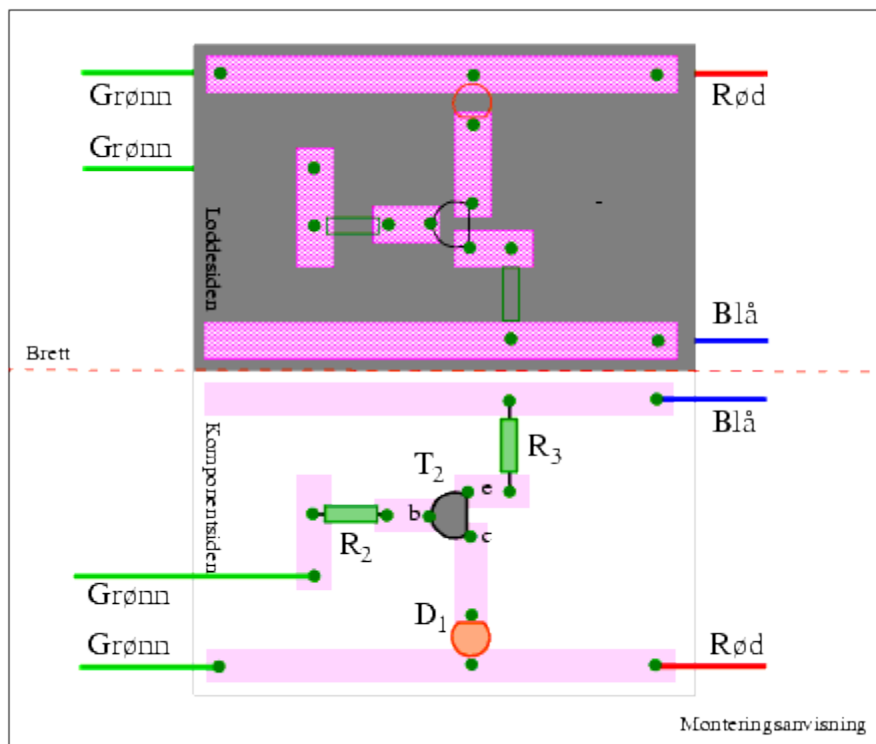
Figur 12 Antydning om hvordan kobbertapen kan legges på monteringsplata.



Kobbertapen skal festes til papp-plata slik at beina på de elektriske komponentene lett kan loddes til kobberbanene. Med utgangspunkt i koblingsskjemaet i figur 11, har vi på figur 12 anbefalt hvordan tapen kan legges.

Figur 13 (øverst) viser et forslag til hvordan kobbertapen kan legges på loddessida. Tilsvarende viser figur 13 (nederste) hvordan komponentene er montert på komponentsida. Ved å brette monteringsanvisningen langs den stiplede linjen, er det lettere å se sammenhengen mellom kobbertapen på loddessida, og komponentplasseringen på komponentsida.

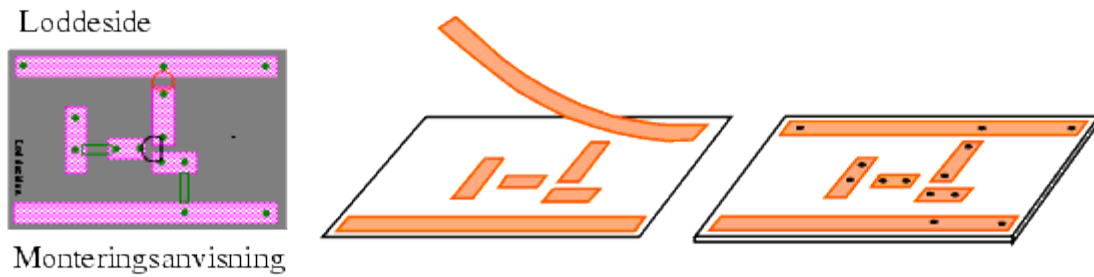
De svarte punktene angir hvor det skal stikkes hull i monteringsplata. Vi har latt det være litt romslig på begge sider slik at vi kan bygge ut kretsen til en to-trinns versjon ved en senere anledning.



Figur 13 Monteringsanvisningen for en en-trinns strømforsterker<sup>5</sup>.

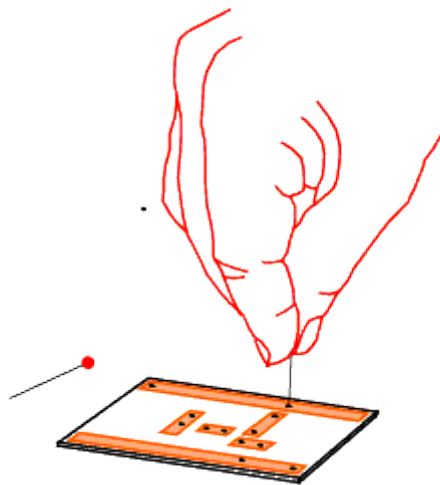
Framstillingen av monteringsplata gjøres på følgende måte:

1. Brett monteringsanvisningen langs den stiplede linja. Legg den med loddessiden opp. De skraverte feltene angir hvor kobbertapen skal festes til monteringsplata.
2. Klipp kobbertapen opp i lengder som vist på monteringsanvisningen.
3. Riv av det hvite beskyttelseslaget på tapen og klistre dem på monteringsplata.



*Figur 14 Montering av kobbertape og merking av hull.*

4. Når tapen er montert, markeres plasseringen av hullene med tusj (prikker på kobbertapen).



*Figur 15 Hullene stikkes opp med en nål.*

5. Derne stikkes det hull med en kraftig nål fra loddesiden.

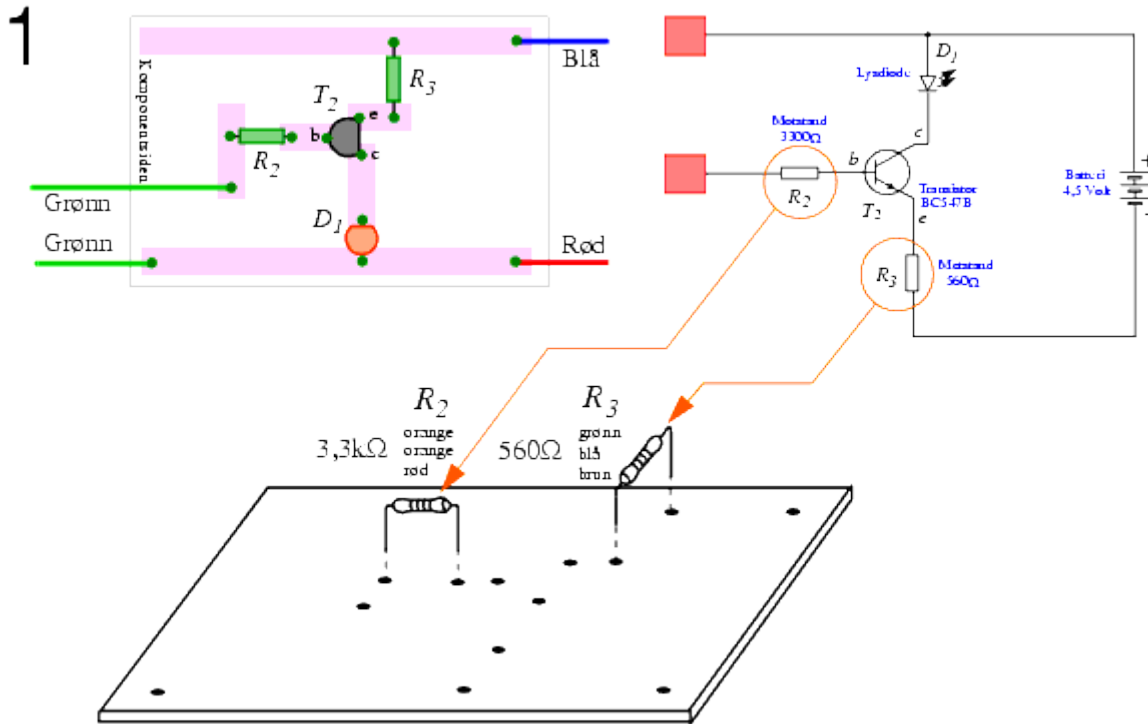
Nå er monteringsplata klar for montering av komponentene.

### **3.5 Montering av komponentene**

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

#### **1. Montering av motstandene $R_2$ og $R_3$ :**

Begynn med å montere de to motstandene  $R_2$  og  $R_3$ .



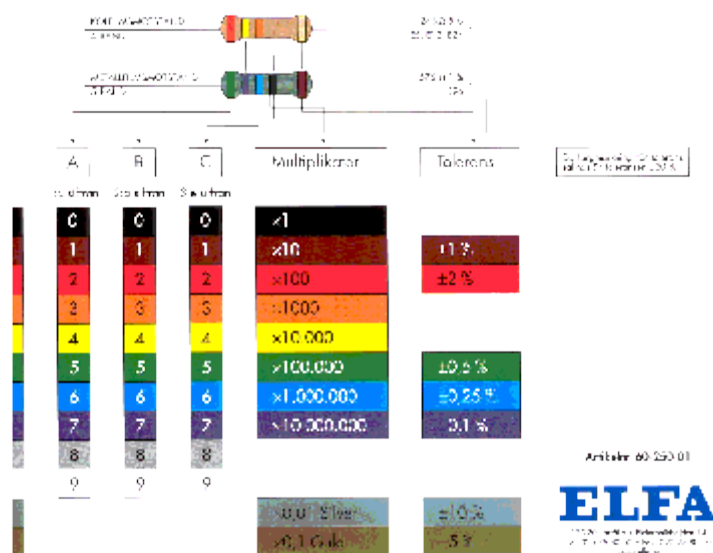
Figur 16 Montering av motstandene.

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

$R_2$  skal ha verdien  $3300\Omega$ , som angis med fargene **orange, orange, rød**.

Se avsnitt om motstander for veiledning om hvordan fargekodene på motstandene skal tolkes.

### FÄRGEKODSSCHEMA FÖR MOTSTÅND

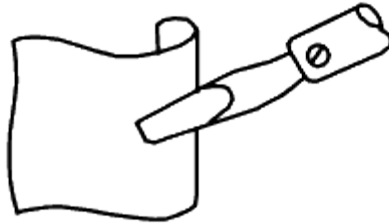


Figur 17 Fargekoding av motstander fra ELFA.

Før vi går videre med å lodde fast motstandene må vi ta oss tid til et lite loddekurs.

## Loddekurs

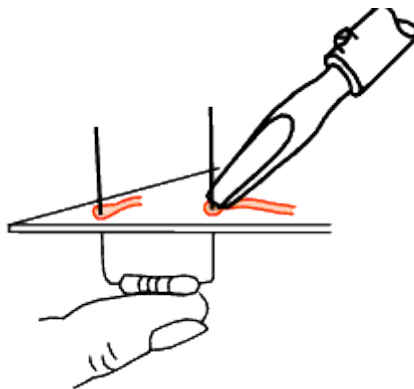
Gode loddinger er en forutsetning for et vellykket resultat. Dårlige loddinger er som oftest årsaken til at kretser ikke fungerer som forutsatt.



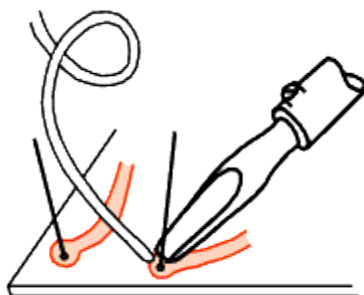
*Figur 18 Se til at loddebolten er ren for loddeslag. Tørk av spissen med en fuktig klut mens den er varm.*



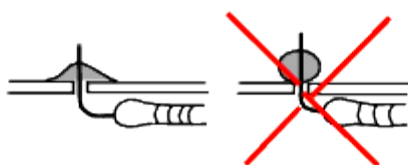
*Figur 19 Etter at loddebolten er rengjort, fortinnes begge sider med litt tinn.*



*Figur 20 Stikk komponentbeina gjennom monteringsplata og varm samtidig opp loddestedet og beina på komponenten.*



Figur 21 Tilfør loddetinn der loddebolten berører kobberbanen og beinet til komponenten slik at tinnnet smelter og glir utover kobberbanen.



Figur 22 Se til at loddingen ikke er en kaldlodding.

For at loddingen skal være god, bør loddetinnet ha flytt utover rundt komponentbeinet.

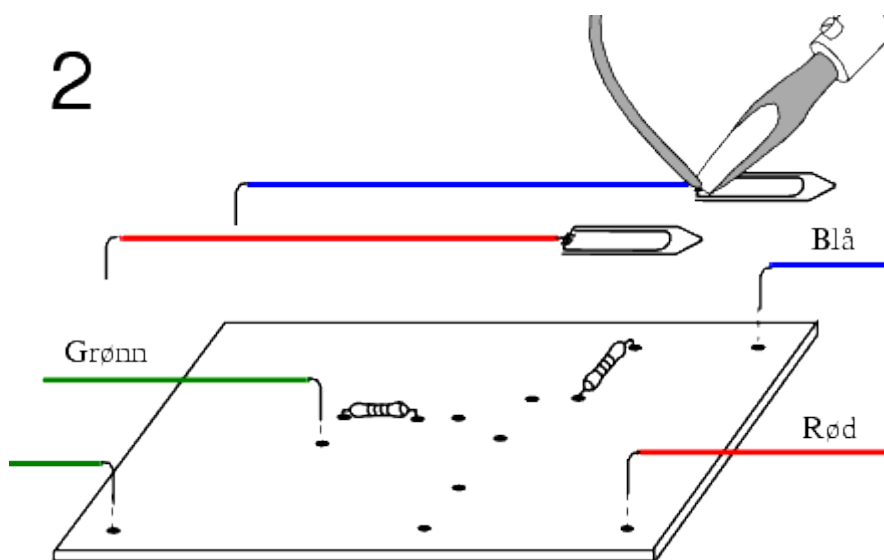
Lodd fast begge motstandene.

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

## 2. 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 23. Lodd bindersene til ledningene.

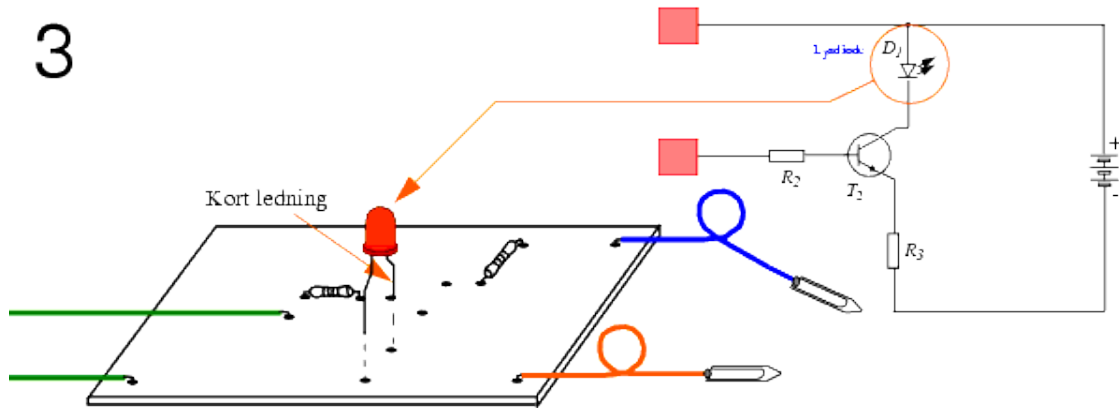
Stikk de to grønne, den røde og den blå ledningen gjennom hullene som vist på figur 23. Lodd ledningene til kobberbanene på loddessiden (undersiden).



Figur 23 Monter ledningene.

### 3. Montering av lysdiode $D_1$ :

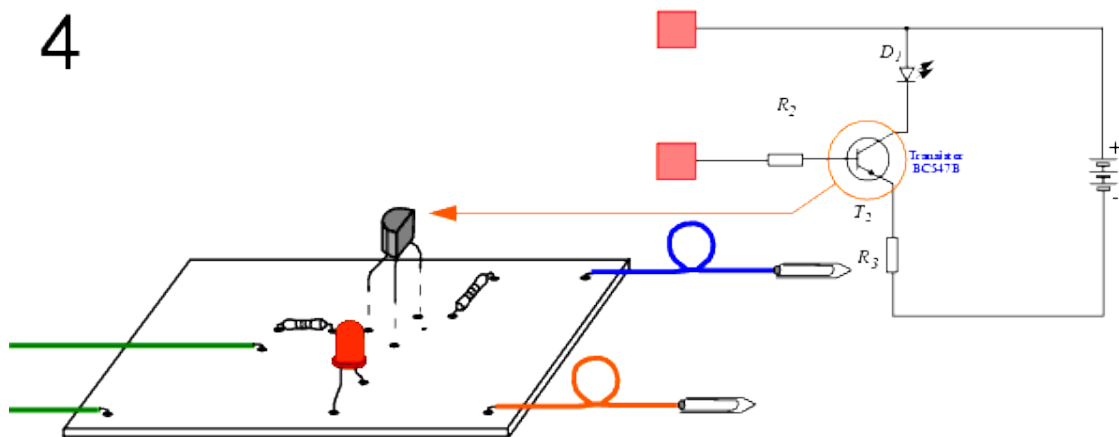
Monter **lysdioden** slik at den korte ledningen (katoden) er lengst bort fra deg når monteringsplaten ligger som vist på figur 24. Monteres lysdioden feil vei gir den ikke lys. Lodd lysdioden til kobberbanene på loddessiden.



Figur 24 Montering av lysdiode (eller lyd giver).

### 4. Montering av transistoren $T_2$ :

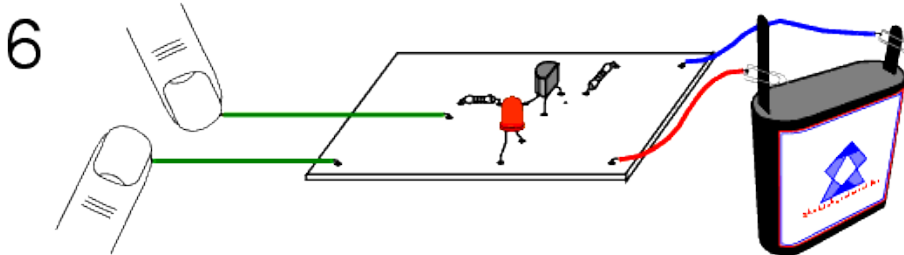
Spre beina på transistoren litt fra hverandre slik at de når ut til hullene i monteringsplata. Sørg for at den flate sida av transistoren står rett vei. Stikk beina gjennom hullene. Det er viktig at rett bein kommer i rett hull. Lodd beina til kobberbanene på loddessida. Unngå at transistoren varmes opp unødige lenge



Figur 25 Montering av transistoren.

### 5. Utpøving av kretsen

Vi skal nå undersøke om kretsen fungerer som den skal. Vi kobler den røde ledningen til pluss-polen på batteriet (eller spenningsforsyningen), og den blå ledningen til minus-polen.



Figur 26 Kretsen tilkobles batteriet eller spenningsforsyningen.

Når vi berører de to måleprobene til kretsen skal lysdioden lyse. Om dette ikke skjer bør du sjekke følgende:

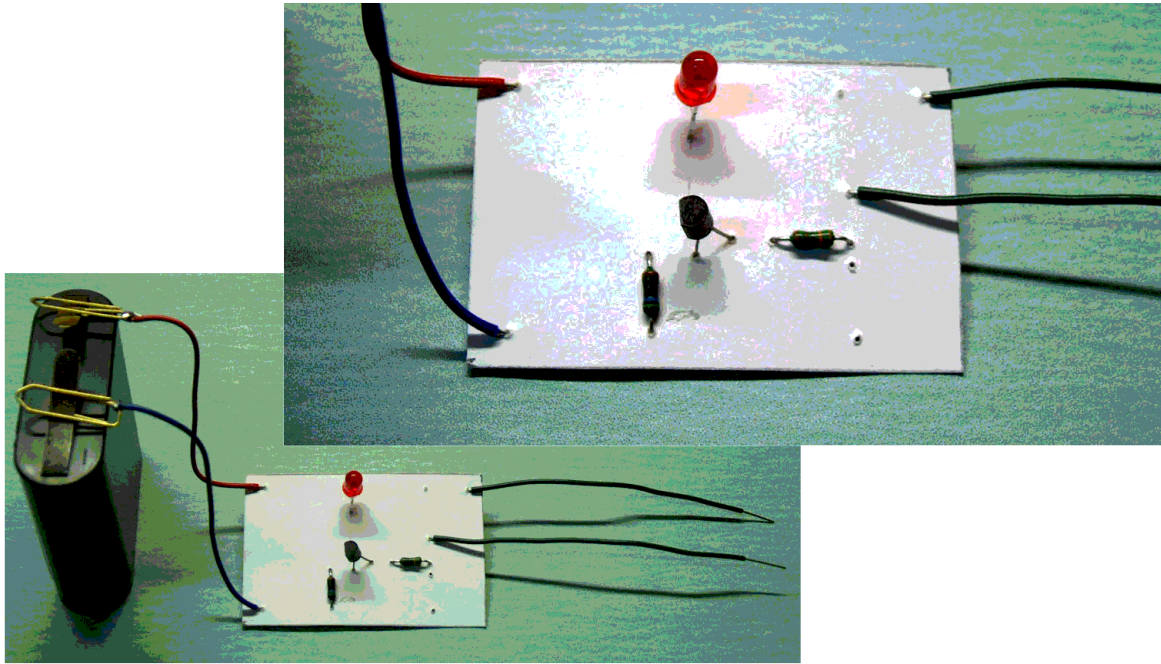
1. Er batteriledningene koblet til de riktige polene på batteriet?
2. Dersom du er helt tørr på fingrene bør du fukte dem og prøve igjen.
3. Gå så over kretsen og kontroller at alle ledningene og komponentene er plassert i de rette hullene.
4. Står lysdioden rett vei?
5. Er den flate sida på transistoren plassert rett vei?
6. Har motstandene rett verdi (se fargekode, figur 17)?
7. Er alle ledningene koblet inn og på rett plass?
8. Kontroller at alle loddinger er tilfredstillende. Dette kan undersøkes ved å rugge forsiktig på komponenten samtidig som du ser om loddepunktet beveger seg.
9. Kontroller at batteriet har spenning. Batteriet kan kontrolleres med et Volt-meter.

Dersom alt dette stemmer og det fortsatt ikke er lys, bør du kanskje bytte ut transistoren.

For å få en forklaring på hvordan denne kretsen virker se kapittel 51.

### Prøv følgende:

*Når kretsen virker, undersøk hvor mange elever du må koble i serie før kretsen slutter å gi lys. Får du lys når du dypper måleprobene i rent vann? Hva skjer om du dypper dem i destillert vann?*



*Figur 27 Den ferdige en-trinnsforsterkeren.*