

BYGGING AV LIKESTRØMSKILDE OG TRANSISTORFORSTERKER

OPPGAVE

1. Lag en oppkobling av likespenningskilden skissert i Figur 1.
2. Mål utgangsspenningen som funksjon av ulike verdier på belastningsmotstanden.
3. Diskuter funksjonen til de ulike komponentene som inngår i kretsen.
4. Lag en oppkobling av forsterkerkretsen vist i Figur 3.
5. Mål kollektor-emitter spenningen (U_{KE}) som funksjon av base-emitterspenningen (U_{BE}), og framstill denne i EXCEL.
6. Mål samtidig inngangs-og utgangsspenningen for et sinusformet inngangssignal, og bestem fra oscilloskopbildene forsterkningsfaktor og faseforskjell. Sammenlikn målt forsterkning med verdi forventet fra karakteristikken.

INNLEDNING

Hensikten med oppgaven er å gjøre seg kjent med elektriske kretser som gjør bruk av halvlederkomponenter. I den ene kretsen, som lager likespenning fra vekselspanning, vil den første halvlederkomponenten, *dioden*, bli brukt. I den andre kretsen, som er en forsterkerkrets, vil *transistoren*, som er en videreføring av dioden, bli brukt.

Basiskomponentene i elektriske kretser er;

-en motstand (R) mot elektrisk strøm, og denne følger Ohms lov:

$$V = R \cdot I$$

-en spole (L), som motsetter seg endring i strøm, og hvor sammenhengen mellom strøm og

spenningsfall er : $V = -L \cdot \frac{dI}{dt}$

- en kapasitans (C), som integrerer elektrisk strøm:

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{\int_0^t I \cdot dt}{C}$$

I tillegg til disse kommer altså dioden og transistoren. I all enkelhet er funksjonen til dioden å likerette strøm, det vil si at når den påføres en elektrisk spenning vil det bare gå strøm når spenningsfallet over den har en bestemt retning. Ordet transistor er en sammenkortning av trans-resistor, betyr altså at selve verdien av en motstand kan endres (ved påføring av basespenning). Den er sammensatt av to dioder. Dioden og transistoren er essensielt elektriske motstander, men kalles aktive komponenter, siden selve motstandsverdien er avhengig av retning på spenningsfall (dioden) eller en spenning som pålegges komponenten (transistoren).

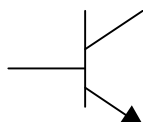
DIODE OG TRANSISTOR

Selve symbolet for en diode og en transistor er som følger:

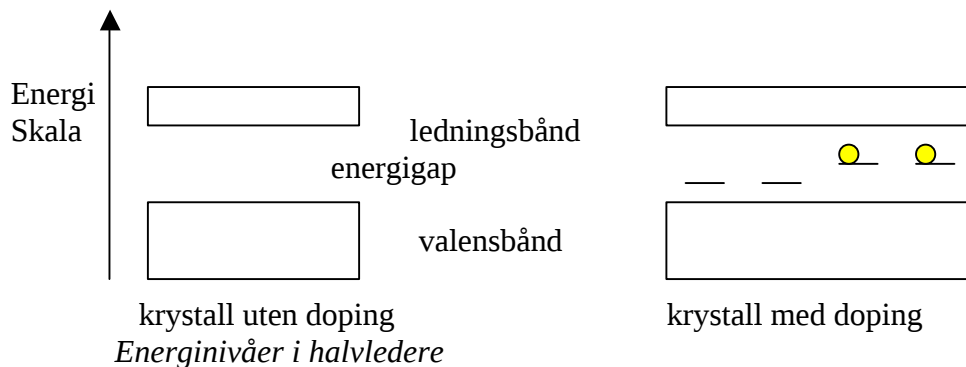
Symbol, diode ;



Symbol, transistor ;



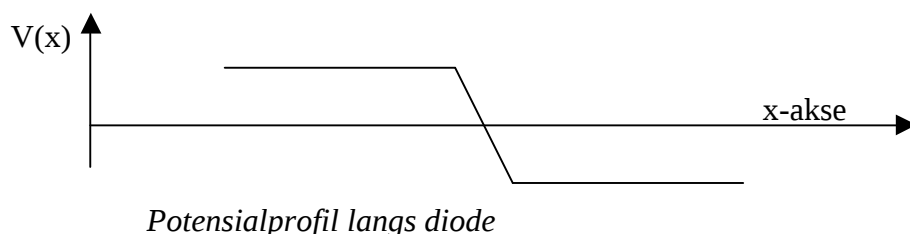
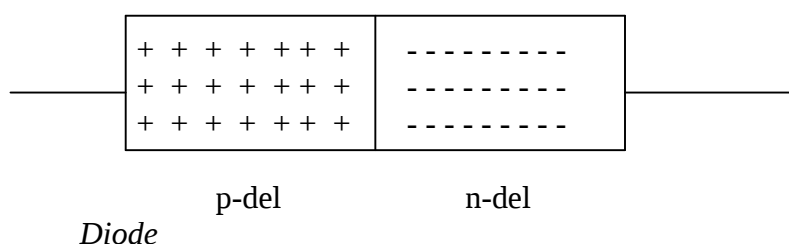
En diode er laget av et halvledermateriale (silisiumkrystall, Si). Som i alle faste stoffer vil energinivåene ligge tett, men det vil være energigap (energibånd), som er området på energiskalaen der det ikke finnes nivåer.



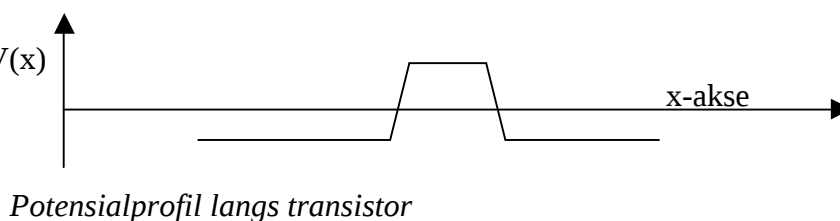
Elektronene i valensbåndet er bundet og bidrar ikke til ledningsevnen, mens elektronene i ledningsbåndet gjør det. Ved null grader Kelvin er ikke nivåene i ledningsbåndet besatte, men ved en endelig temperatur vil noen elektroner i valensbåndet bli termisk eksitert til ledningsbåndet (Boltzmannfordelingen). Ledningsevnen er bestemt av antallet elektroner i ledningsbåndet (N_e), som er gitt ved Boltzmannfordelingen:

$$N_e = N_0 \cdot \exp\left(-\frac{\Delta E}{kT}\right)$$

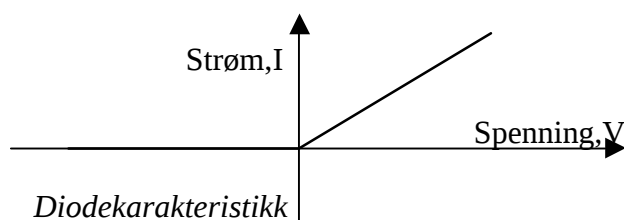
der N_0 er totalt antall i valensbåndet, ΔE er størrelsen på energigapet og T absolutt temperatur. Ledningsevnen i en ren halvlederkrytall er liten, men den kan økes ved tilsetting av fremmedatomer. Si atomer er fireverdige, og dersom noen Si atomer i gitteret erstattes med Al (aluminium), som er treverdige, blir det ledige nivåer like over valensbåndet. Disse kan besettes av elektroner fra valensbåndet, og dermed oppstår det positive hull i valensbåndet, som bidrar til ledningsevnen. En slik halvleder består et såkalt p-materiale. Dersom det dopes inn femverdige atomer i gitteret, for eksempel fosfor (P), blir det nivåer fylt med elektroner like under ledningsbåndet. Elektronene i disse nivåene eksiteres lett til ledningsbåndet, og bidrar dermed sterkt til ledningsevnen. Dette kalles ett n-materiale (negative ladningsbærere). Når ett n- og p dopet materiale settes sammen fås en diode.



En transistor er sammensatt av tre dopede halvlederstykker (nnp, eller pnp transistor).



En idealisert strøm-spenningskarakteristikken for en diode ser slik ut:

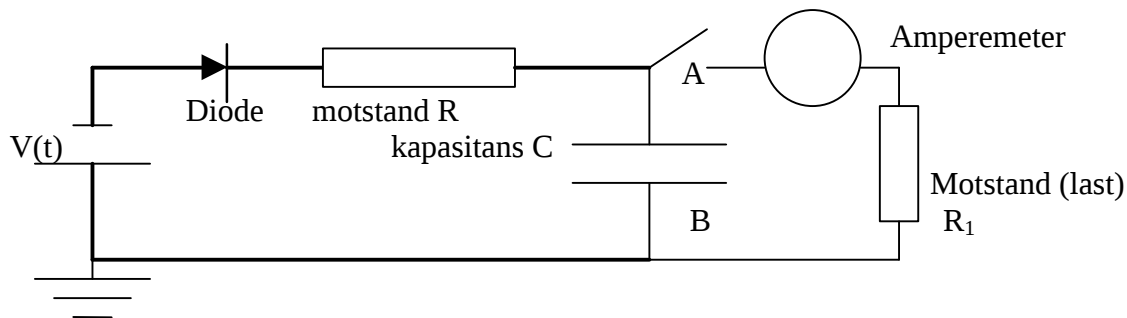

$$I = I_{met} \cdot (\exp(\frac{e \cdot V}{k \cdot T}) - 1),$$

3

ENKEL LIKESPENNINGSKILDE

Et av formålene med denne oppgaven er å studere hvordan et harmonisk signal kan likerettes ved å benytte en halvlederdiode. Et annet viktig formål er å undersøke hvordan denne likerettingen kan utnyttes i praksis, for eksempel til å konstruere en likestrømskilde med utgangspunkt i en generator for vekselstrøm.

I sin enkleste form kan en slik likestrømskilde se ut som vist i Fig.1. En sinusformet vekselspenning $v(t)$ sendes inn på en seriekrets bestående av en halvlederdiode, en resistans R , og en kapasitans C . Vi har altså en RC-seriekrets modifisert med en halvlederdiode, og denne vil som nevnt bare slippe gjennom strøm i en retning. Resultatet blir derfor at det ganske raskt vil bygges opp en bestemt motspenning over kondensatoren (med kapasitans C) i kretsen.

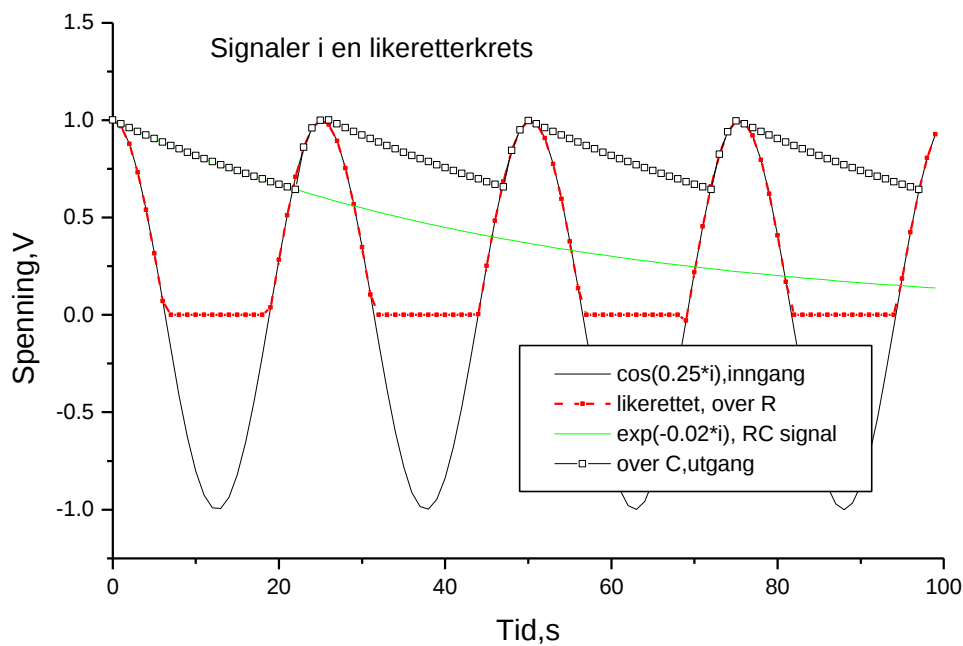


Figur1: Enkel likestrømskilde

Videre vil kondensatoren bare kvitte seg med ladning (dvs. utlades) dersom den koples til en ytre belastningskrets (last). Et uttak over kondensatoren (merket A-B i Figuren) kan altså betraktes som en "strømforsyning" eller strømkilde, og kopler vi her inn en belastning som består av en ren Ohmsk motstand R_1 i serie med et amperemeter (se Fig.1), viser det seg at vi får en likestrøm I_l i belastningskretsen. Altså har vi her en likestrømskilde, og likespenningen V_{AB} fra uttaket må ifølge Ohms lov være slik at;

$$V_{AB} = R_l \cdot I_l \quad \text{likning 1}$$

Spenning V_{AB} kan studeres i detalj ved å kople uttaket til DC-inngangen på et oscilloskop. (Merk at oscilloskopet nå tekker litt strøm og derfor utgjør en egen belastningskrets.) Et typisk oscilloskopbilde av spenningen V_{AB} er skissert i Fig.2.



Figur 2. Skisse av oscilloskopbilde av spenningen V_{AB} .

Det viser altså at V_{AB} ikke er en ren (konstant) likespenning, men en tidsavhengig, periodisk spenning av formen angitt i lign.(2)

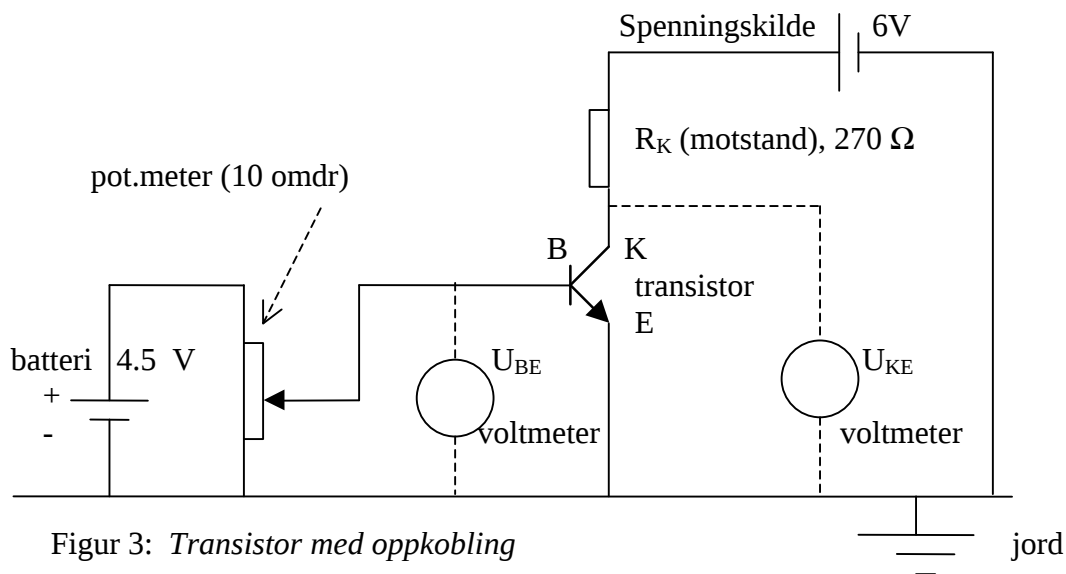
$$V_{AB} = V_0 + v_r(t) \quad \text{likning2}$$

Vi har altså en likespenningsdel (middelverdi) V_0 , men også en overlagret – og i denne sammenheng uønsket – periodisk vekselspenningsdel $v_r(t)$ som vanligvis kalles ripplespenningen [ripple (eng.) brukes i dagligtale om krusning (på vannflate)]. Fra et ”skopbilde” av spenningen (se Fig.2) kan en bestemme likespenningen V_0 og for eksempel peak-verdien av ripplespenningen, V_{rp} . En kan videre bestemme perioden T til ripplespenningen.

Et viktig punkt i forbindelse med bygging av likestrømskilder på den måten vi har antydnet i Fig.2 er som vi forstår å få redusert ripplespenningen mest mulig. Diskuter hvorledes en best kan få til dette, og etterprøv dette ved å endre verdier på komponentene som inngår i kretsen.

TRANSISTORFORSTERKER

For å undersøke egenskapene til transistoren brukes følgende oppkobling:



Figur 3: Transistor med oppkobling

Det som skjer i kretsen er som følger: Transistoren og en fast motstand (R_K) settes i serie, og det legges en fast spenning (ca. 6V) over dem. R_K er der for å begrense strømmen gjennom transistoren, når den leder strøm. Grovt sett vil en transistor enten være ledende eller ikke, og når den leder, er motstanden praktisk talt null. Samtidig tåler den bare en viss effekt, slik at strømmen må begrenses av en annen motstand i serie med transistoren.

Transistorkarakteristikken

Om transistoren leder eller ikke, er bestemt av potensialet på basen, som er midtpunktet til transistoren. Dette kontrolleres av kretsen til høyre i Figuren, hvor en legger en fast spenning over en fast motstand, med et flyttbart midtpunkt med kontaktuttak. Spenningen der vil endres med posisjonen til kontaktpunktet, som føres til basen.

Mål sammenhengen mellom U_{KE} og U_{BE} . Det er ikke slik at transistoren er enten ledende eller ikke. I et lite område rundt 0.7 Volt vil strømmen gjennom transistoren varierer kontinuerlig med U_{BE} . Før målingene inn i tabell:

U_{BE} , Volt	0.60	0.62	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74	0.76
U_{KE} , Volt									

Framstill også resultatene i diagram (EXCEL).

Den faste spenningen over vil fordele seg over R_K og transistoren;

$$U = R_K \cdot I + U_{KE}$$

Med kjennskap til U , U_{KE} , og R_K kan strømmen gjennom transistoren bestemmes. Finn transistorkarakteristikken, som er strøm gjennom transistoren som funksjon av basespenning, in EXCEL (Bruk likninger over).

Transistorforsterker

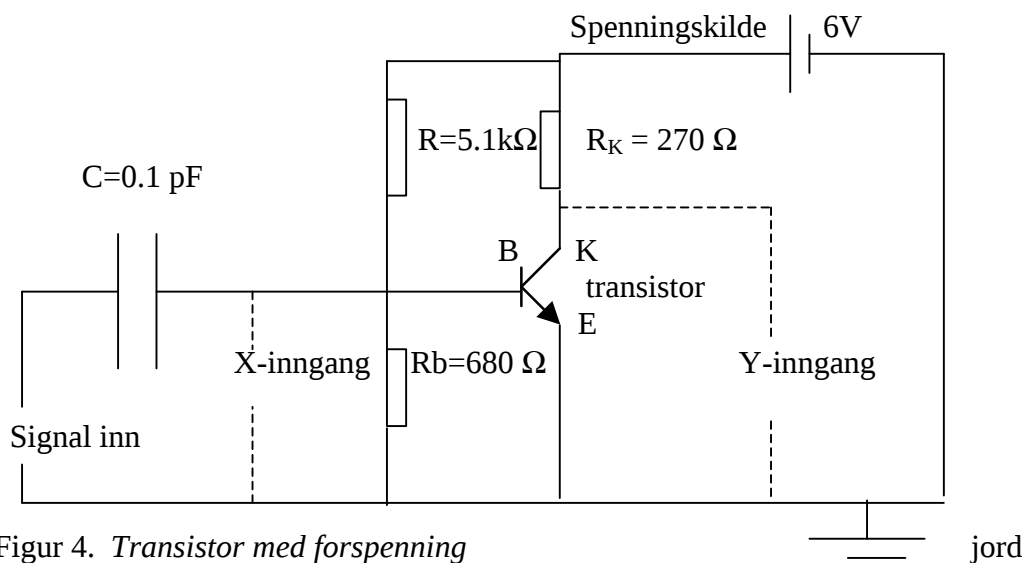
Vi vil nå sende et tidsvarierende signal inn på basen (U_{inn}), og observere U_{KE} signalet som utsignal. Vi vil se at disse varierer i takt med hverandre og at utsignalet er forsterket innsignal av innsignalet, som vi lar være:

$$U_{BE(t)} = U_{BE}^0 + A_{inn} \cdot \sin(2\pi f t),$$

som er et harmonisk signal med frekvens f og amplitude A_{inn} som svinger om verdien U_{BE}^0 , som er omtrent 0.7 Volt, slik at transistoren nettopp har begynt å lede. Vi venter at utsignalet også vil variere harmonisk;

$$U_{KE}(t) = U_{KE}^0 + A_{ut} \cdot \sin(2\pi f t - j)$$

der A_{ut} er amplituden til utsignalet som svinger om verdien U_{KE}^0 . φ er faseforskjellen mellom ut-og innsignal.



Figur 4. Transistor med forspenning

For at basen skal bli ledende, heves potentialet med spenningsdelingen som vist i figuren;

$$U_{BE} = \frac{680}{680 + 5100} \cdot 6\text{Volt} = 0.70\text{Volt}$$

Kondensatoren C på inngangen vil heve signalet til å oscillere omkring U_{BE}^0 . Mål forsterkningen som forholdet mellom utgang-og inngangsspenning:

$$f = \frac{A_{ut}}{A_{inn}}, \quad \text{forsterkningsfaktor}$$

Denne faktoren kan også forutsies fra transistorkarakteristikken. Gjør dette ved å legge inn en tangent i punktet U_{BE}^0 , og sammenlikn stigningstallet for tangenten med målt forsterkning. Bruk EXCEL diagrammet til å gjøre dette.