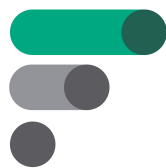


Elektroniske systemer

Øvingsoppgaver for analoge komponenter og måleteknikk i
emnet elektroniske systemer

Carl Magnus Bøe

20. april 2025



Fagskolen
Viken

Fagskolen Viken
01TE00X EITKELFH24 - Emne 5
Fredrikstad

Innhold

1	Introduksjon	2
1.1	Bakgrunnsinformasjon	2
1.2	Oppbygning av kompendiet	2
2	Analoge komponenter	3
2.1	Dioder	3
2.1.1	Lysdioder - LED	3
2.1.2	Oppgaver	3
2.1.3	Løsningsforslag	12
2.2	Tyristor, triac og diac	21
2.2.1	Oppgaver	21
2.2.2	Løsningsforslag	24
2.3	Transistor - BJT	28
2.3.1	Oppgaver	28
2.3.2	Løsningsforslag	33
2.4	Forsterkning	37
2.4.1	Oppgaver	37
2.4.2	Løsningsforslag	39
2.5	Måleteknikk	43
A	LED Datasheet	45

1. Introduksjon

Dette kapitlet inneholder generell informasjon om kompendiet, bakgrunn for arbeidet, oppbygging av dokumentet og lisensinformasjon.

1.1 Bakgrunnsinformasjon

Dette dokumentet er et kompendium som inneholder øvingsoppgaver relevante for delen analoge komponenter i emnet elektroniske systemer. Siden dokumentet blir kontinuerlig revidert, er det datomerkingen på forsiden som angir versjonen av dokumentet. Målet med dette dokumentet er å samle alle øvingsoppgaver sammen med løsningsforslagene i ett dokument.

Når man jobber med oppgavene, anbefales det at man også gjør simuleringer i CircuitMaker eller lignende program.

Dersom du har kommentarer, forslag til oppgaver eller har funnet noe som er feil, vennligst send en epost til carlbo@afk.no.

1.2 Oppbygning av kompendiet

Kompendiet er delt opp i hovedgrupper, hvor undergrupper som for eksempel forskjellige elektroniske komponenter er beskrevet som seksjoner. For hver seksjon presenteres først alle oppgavene, før løsningsforslaget blir presentert i neste seksjon.

2. Analoge komponenter

2.1 Dioder

Dette kapitlet inneholder oppgaver relatert til halvleder dioder. Om ingenting annet er gitt i oppgaven så antar vi et ideelt spenningsfall over dioden på $0,7[V]$.

2.1.1 Lysdioder - LED

Lysdioder har forskjellige spenningsfall for samme farge avhengig av modellserie og produsent. For optimal verdi må man lese databladet til dioden.

Tabell 2.1 viser et generelt spenn av verdier.

Tabell 2.1: Spenningsfall for forskjellige lysdioder

Farge	Spenningsfall	Enhet
Hvit	$3,0 - 5,0$	$[V]$
Fiolett:	$2,8 - 4,0$	$[V]$
Blå:	$2,5 - 3,7$	$[V]$
Grønn:	$1,6 - 4,0$	$[V]$
Gul:	$2,0 - 2,4$	$[V]$
Oransje:	$2,0 - 2,1$	$[V]$
Rød:	$1,5 - 2,0$	$[V]$
Infrarød:	$1,2 - 1,9$	$[V]$

2.1.2 Oppgaver

Dioder

Oppgave 1.

Tegn symbolene for følgende komponenter.

- i) Halvlederdiode
- ii) LED
- iii) Zenerdiode

Oppgave 2.

Hva betyr de følgende begrepene i sammenheng med dioder? Svar på spørsmålet og tegn eksempel.

- i) Lederetning
- ii) Sperreretning
- iii) Anode
- iv) Katode
- v) Zenerspenning

Oppgave 3.

Beskriv tre bruksområder for en halvlederdiode.

Oppgave 4.

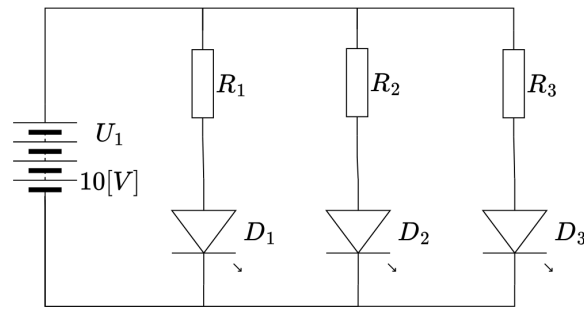
En LED har et spenningsfall i lederetning på $2,5[V]$ og det kreves en strøm på $15[mA]$ for at den skal lyse. Den tilkoblede spenningskilden har en spenning ut på $15[V]$.

Beregn størrelsen på seriemotstanden til dioden.

Oppgave 5.

Diodene D_1 , D_2 og D_3 er helt identiske og koblet i parallell som vist i Figur 2.1. Spenningsfallet over diodene i lederetning skal være $2,5[V]$ og strømmen skal være $14[mA]$.

- i) Finn verdien for R_1 , R_2 og R_3 .
- ii) Benytt Tabell 2.1 og finn ut hvilken farge diodene mest sannsynlig har.



Figur 2.1: LED i parallell

Oppgave 6.

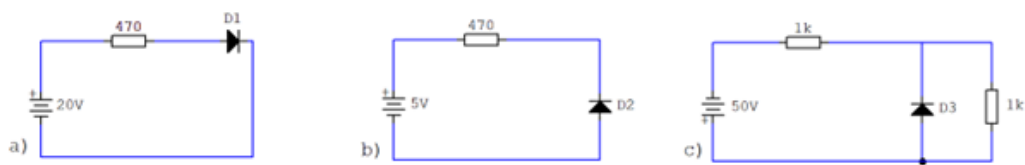
Beregn seriemotstandverdien for en LED basert på databladet presentert i Vedlegg A. Dioden skal drives av en kilde som har følgende spenning $U_{kilde} = 9[V]$.

Oppgave 7.

En likeretterdiode har et spenningsfall på $0,7[V]$ over seg i lederetning. Hvor stor effekt omsettes det i dioden når strømmen er $2[A]$?

Oppgave 8.

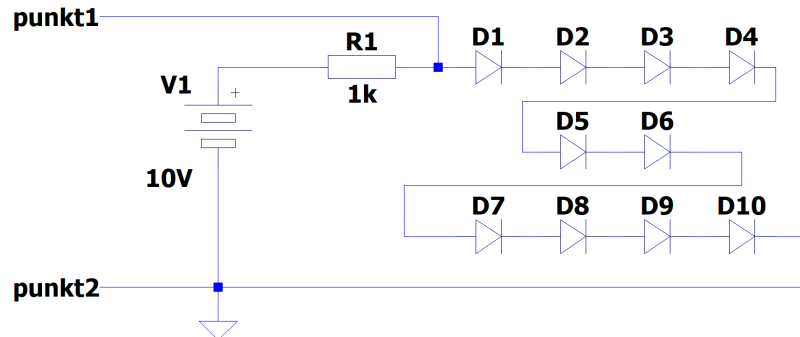
Hvilken av kretsene vist i Figur 2.2 er koblet slik at dioden står i lederetning?



Figur 2.2: Tre forskjellige diodekretser

Oppgave 9.

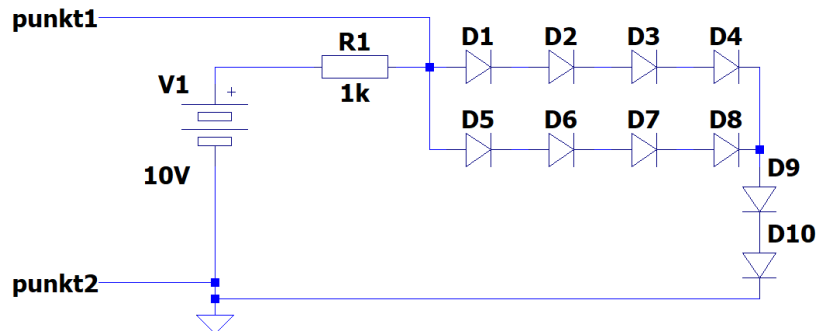
Hvilken spenning vil man måle mellom punkt1 og punkt2 i Figur 2.3.



Figur 2.3: Krets med 10 dioder i serie

Oppgave 10.

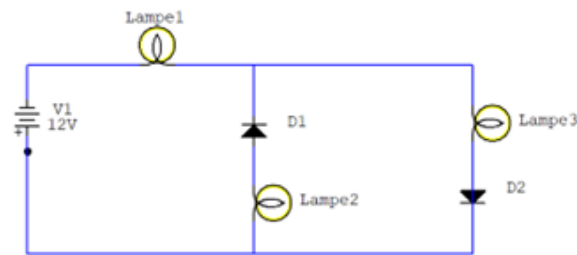
Hvilken spenning vil man måle mellom punkt1 og punkt2 i Figur 2.4



Figur 2.4: Krets med dioder i serie og parallell

Oppgave 11.

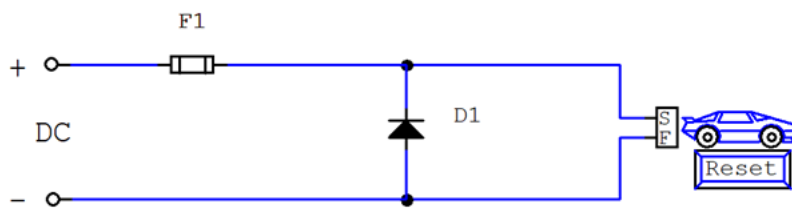
Hvilke lamper lyser i Figur 2.5?



Figur 2.5: Lampekrete

Oppgave 12.

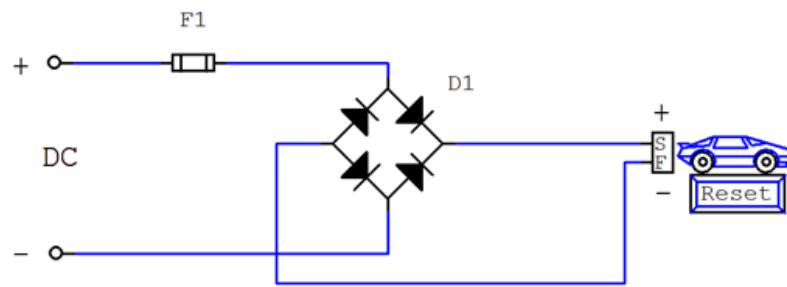
Din elektriske sportsbil får tilført en likespenning fra en hurtiglader som vist i Figur 2.6. Hva skjer dersom likespenningen fra spenningskilden blir koblet til med feil polaritet?



Figur 2.6: Enkel ladekrete med sikring

Oppgave 13.

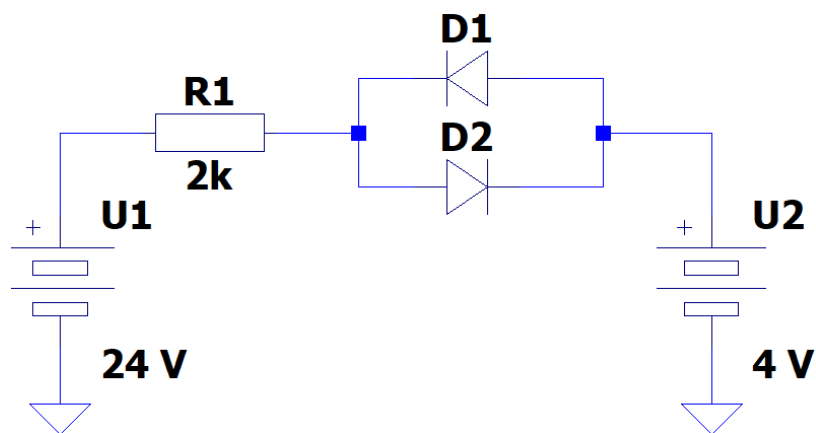
Din elektriske sportsbil får tilført en likespenning fra en nå oppgradert hurtiglader sammenlignet med løsningen vist i Figur 2.6. Hva skjer nå dersom spenningskilden blir koblet med feil polaritet på den nye laderen som vist i Figur 2.7?



Figur 2.7: Ladekrets med brolikeretter

Oppgave 14.

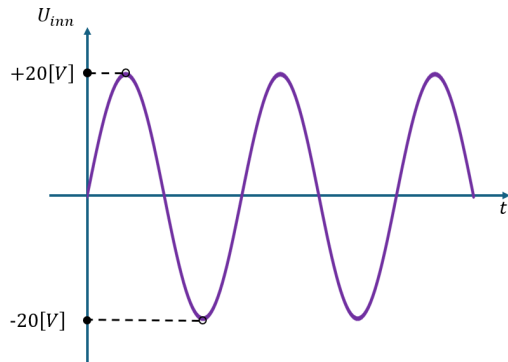
Beregn strømmen i kretsen som er vist i Figur 2.8.



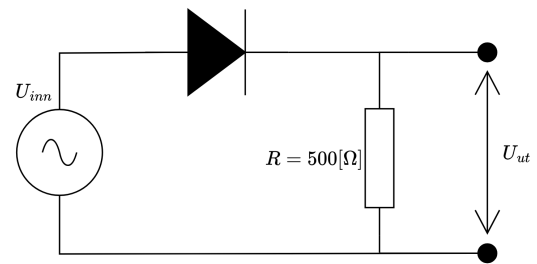
Figur 2.8: Diodekrets med to kilder

Oppgave 15.

Gitt det påtrykte signalet vist i Figur 2.9, beregn den maksimale strømmen og spenning for kretsen vist i Figur 2.10.



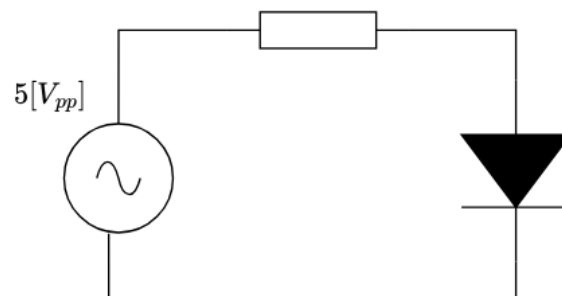
Figur 2.9: Signal på inngangen



Figur 2.10: Enkel diodekrets

Oppgave 16.

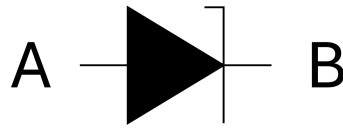
Tegn hvordan spenningen over dioded i Figur 2.11 endrer seg med tiden for to hele perioder.



Figur 2.11: Enkel diodekrets

Zenerdioder**Oppgave 17.**

Hvilken side er katode, og hva heter den andre siden vist i Figur 2.12.



Figur 2.12: Symbol for Zenerdiode

Oppgave 18.

- i) Hva er den viktigste begrensingen i bruk av zenerdiode i en krets?
- ii) Hvordan kan man beskytte en zenerdiode mot overbelastning?

Oppgave 19.

En zenerdiode er merket $6V2/3W$. Hva er den maksimale strømmen zenerdioden kan tåle?

Oppgave 20.

En likespenning som varierer mellom $18[V]$ og $24[V]$ skal benyttes for å generere en stabil likespenning på $7,5[V]$. Kretsen skal benytte en zenerdiode som tåler en effekt på maksimalt $4[W]$.

- i) Tegn opp kretsen
- ii) Beregn den minste verdien seriemotstanden kan ha
- iii) Beregn størrelsen på strømmen det maksimalt kan trekkes fra den stabiliserte spenningen på utgangen, før utgangsspenningen avviker fra $7,5[A]$

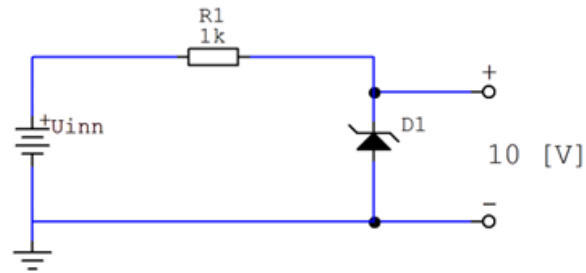
Oppgave 21.

Kretsen vist i Figur 2.13 viser en zenerdiodekrets konstruert for å holde spenningen ut stabil på $10[V]$. I følge databladet til zenerdioden har den følgende data:

$$I_{Zen_{min}} = 4[mA]$$

$$I_{Zen_{maks}} = 40[mA]$$

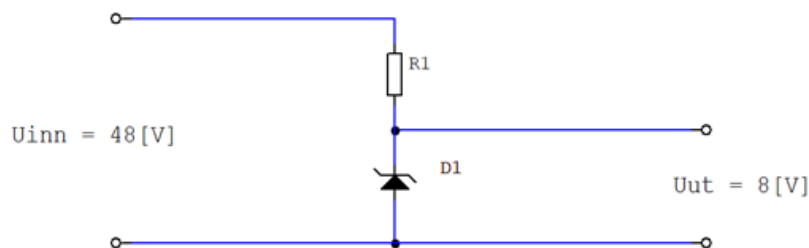
- i) Beregn den maksimale spenningen for U_{inn}
- ii) Beregn den minste spenningen for U_{inn}



Figur 2.13: Krets for spenningsstabilisering

Oppgave 22.

Zenerdioden vist i Figur 2.14 tåler en effekt på $5[W]$. Beregn den minste verdien serieresistansen R_1 kan ha for at ikke zenerdioden skal bli utsatt for høyere effekt enn merkeverdien.

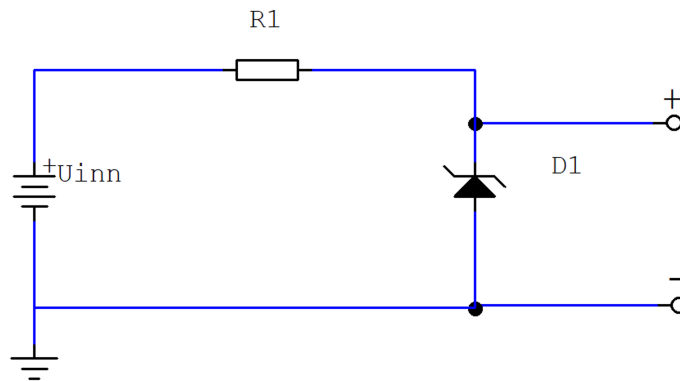


Figur 2.14: Krets for spenningsstabilisering

Oppgave 23.

Zenerdioden i kretsen som vist i Figur 2.15 har en zenerspenning på $5,1[V]$. Zenerdioden er koblet i serie med en motstand på $33[\Omega]$. Spenningen ut fra kilden U_{inn} varierer mellom $9[V]$ og $10[V]$.

Finn den minste effekten zenerdioden må tåle.

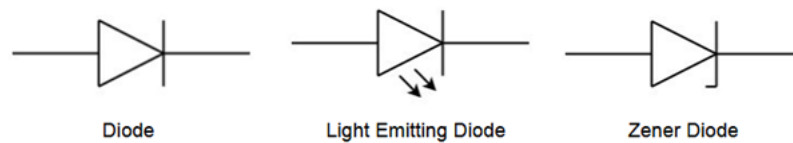


Figur 2.15: Krets for spenningsstabilisering

2.1.3 Løsningsforslag

Løsningsforslag oppgave 1.

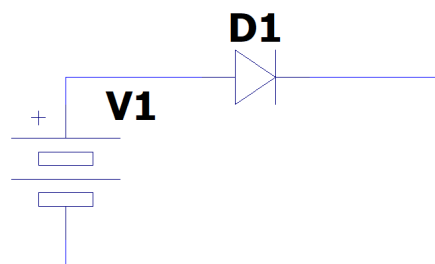
Symboler vist i Figur 2.16.



Figur 2.16: Eksempel på forskjellige symboler for dioder.

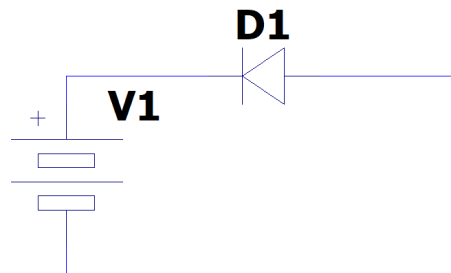
Løsningsforslag oppgave 2.

- i) Diode koblet slik at den leder strøm



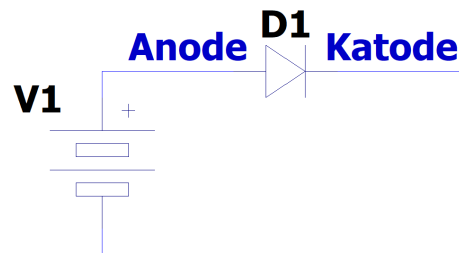
Figur 2.17: Diode koblet i lederetning

- ii) Diode koblet slik at den ikke leder strøm



Figur 2.18: Diode koblet i sperreretning

- iii) Anode er siden så hvis man kobler den til den positive siden av en kilde, så vil dioden lede. Strømmen går fra anode til katode



Figur 2.19: Anode og katode på diode

- iv) Dersom dioden leder er katoden koblet til den negative siden av kilden som vist i Figur 2.19
- v) Zenerspenning er spenningen hvor en zenerdiode begynner å lede strøm i sperreretning, og kan stabiliserer spenningen i kretsen.

Løsningsforslag oppgave 3.

- i) Sperre for strøm i én retning
- ii) For å beskytte transistorer og andre følsomme komponenter, kobles dioden som en friløpsdiode når den brukes sammen med en induktiv last.
- iii) Likerette AC til DC

Løsningsforslag oppgave 4.

Først finner vi spenningsfallet vi må ha over motstanden for at dioden skal ha et spenningsfall på 2,5[V].

$$U_{R-serie} = U_{Kilde} - U_{LED} = 15 - 2,5 = 12,5[V]$$

Finner størrelsen på resistansen som sørger for maksimal strøm på 15[mA].

$$R_{Serie} = \frac{U_{R-serie}}{I_{LED}} = \frac{12,5}{15 \cdot 10^{-3}} = 830[\Omega]$$

Løsningsforslag oppgave 5.

- i) Siden alle de tre parallelle grenene er identiske kan vi gjøre beregninger på én av de siden spenningen og den nominelle strømmen er lik for alle grenene.

Velger grenen nærmest kilden og finner ønsket spenningsfallet over motstanden.

$$U_{R_1} = U_1 - U_{D_1} = 10 - 2,5 = 7,5[V]$$

Finner motstandsverdien som sørger for at spenningsfallet blir 7,5[V]

$$R_1 = \frac{U_{R_1}}{I_{D_1}} = \frac{7,5}{14 \cdot 10^{-3}} \approx 536[\Omega]$$

- ii) Dioden har mest sannsynlig fargen blå.

Løsningsforslag oppgave 6.

Leser av forward voltage $V_f = 2[V]$ @ $I_f = 20[mA]$.

Beregner spenningsfall over seriemotsanden.

$$U_R = U_{kilde} - U_{LED} = 9 - 2 = 7[V]$$

Beregner motstandsverdien

$$R = \frac{U_R}{I_f} = \frac{7}{20 \cdot 10^{-3}}$$

Løsningsforslag oppgave 7.

$$P = U \cdot I = 0,7 \cdot 2 = 1,4[W]$$

Løsningsforslag oppgave 8.

Krets a) og c)

Løsningsforslag oppgave 9.

Summerer opp alle spenningsfallene i kretsen.

$$\begin{aligned} U_{D_{tot}} &= \sum_{i=1}^{10} U_{D_i} = \sum_{i=1}^{10} 0,7 \Rightarrow \\ U_{D1} + U_{D2} + U_{D3} + U_{D4} + U_{D5} + U_{D6} + U_{D7} + U_{D8} + U_{D9} + U_{D10} &\Rightarrow \\ U_{D_{tot}} &= 10 \cdot 0,7 = 7[V] \end{aligned}$$

Løsningsforslag oppgave 10.

Siden spenningsfallet over grenen $D1 \rightarrow D4$ er lik grenen $D5 \rightarrow D8$ kan man summere spenningsfallet over en av de for å finne spenningsfallet frem til anoden av $D9$.

$$U_{D1-D4} = U_{D1} + U_{D2} + U_{D3} + U_{D4} = 4 \cdot 0,7 = 2,8[V]$$

Benytter det beregnede spenningsfallet og legger til spenningsfallet over U_{D9} og U_{D10} .

$$U_{D_{tot}} = U_{D1-D4} + U_{D9} + U_{D10} = 2,8 + 0,7 + 0,7 = 4,2[V]$$

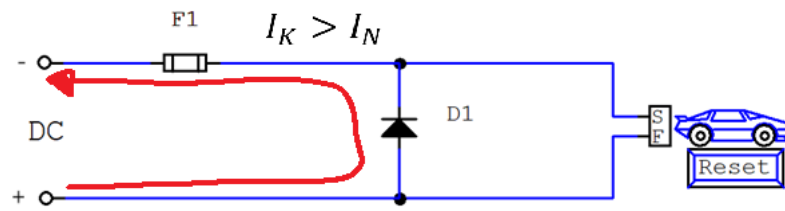
Løsningsforslag oppgave 11.

Med utgangspunkt i spenningskildens polaritet så vil lampe 1 og lampe 2 lyse.

Løsningsforslag oppgave 12.

Under vanlige driftsforhold og korrekt polaritet så vil dioden stå i sperreretning og det vil ikke bevege seg strøm gjennom den. Dersom man kobler feil polaritet som beskrevet i oppgaven så vil dioden befinne seg i lederetning. Siden dioden har en relativt lav motstand i lederetning, og strømmen naturlig velger veien tilbake til den negativ polaritet med minst motstand, som vil strømmen bevege seg gjennom dioden. Strømmen vil være opp mot maksimal kortslutningsstrøm for kilden og \gg^1 enn nominell strøm. Det igjen vil føre til at sikringen løser. Et eksempel er vist i 2.20.

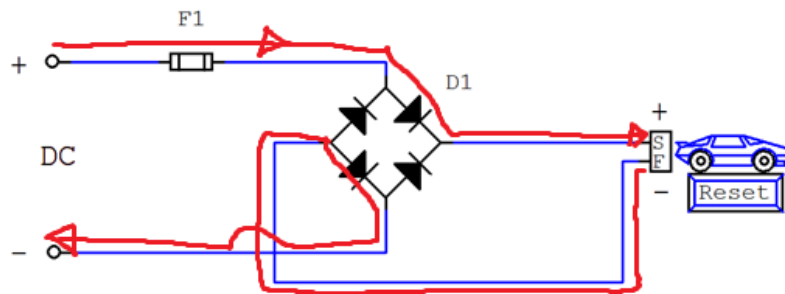
¹Tegnet betyr mye større enn. Eksempel: $9 \cdot 10^9 \gg 1 \cdot 10^{-10}$



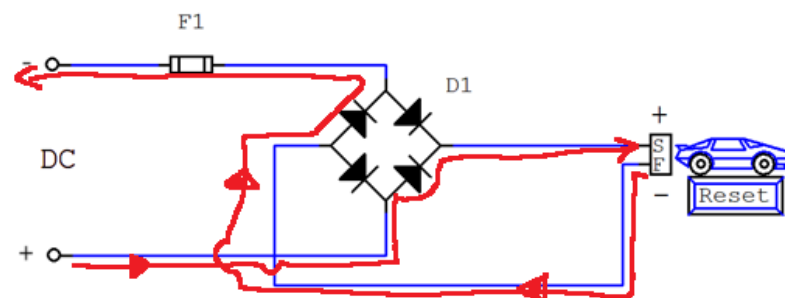
Figur 2.20: Løsning på enkel ladekrets med sikring

Løsningsforslag oppgave 13.

Det skjer ingenting siden bro-likeretteren snur polariteten og sørger for riktig polaritet til bilen. I Figur 2.21 kan man observere retningen på strømmen under nominelle forhold, og i Figur 2.22 kan man observere hva som skjer dersom man bytter polaritet.



Figur 2.21: Løsning på ladekrets under nominelle forhold



Figur 2.22: Løsning på ladekrets med feil polaritet

Løsningsforslag oppgave 14.

Diode $D1$ er koblet i sperreretning og kan betraktes som brudd. Strømmen gjennom R_1 beregnes ut fra kretsens spenningsfall.

$$I_{tot} = \frac{U_1 - U_2 - U_{diode}}{R_1} = \frac{24 - 4 - 0,7}{2 \cdot 10^3} = 9,65[mA]$$

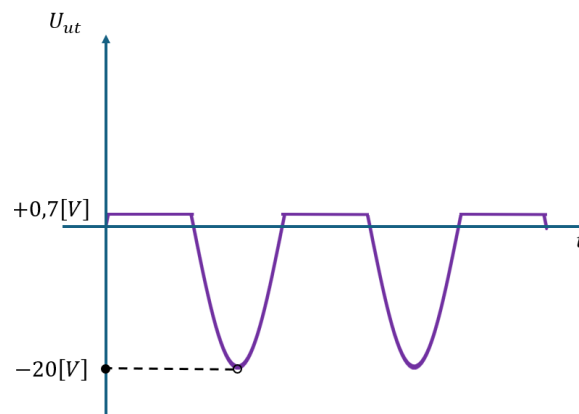
Løsningsforslag oppgave 15.

Beregner maksimale spenningen $U_{ut_{peak}}$

$$U_{ut_{peak}} = U_{inn_{peak}} - U_{diode_{peak}} = 20 - 0,7 = 19,3[V]$$

Finner så den høyeste strømmen i kretsen I_{peak}

$$I_{peak} = \frac{U_{ut_{peak}}}{R} = \frac{19,3}{500} = 38,6[mA]$$

Løsningsforslag oppgave 16.

Figur 2.23: Løsning på enkel diodekrets

Løsningsforslag oppgave 17.

A er anode mens B er katode.

Løsningsforslag oppgave 18.

- i) Zenerdiodens merke-effekt og merkestrøm. Om man går over disse grenseverdiene vil zenerdioden kunne bli skadet.

- ii) Benytte en seriemotstand med korrekt resistans slik at strømmen blir begrenset for å beskytte zenerdioden.

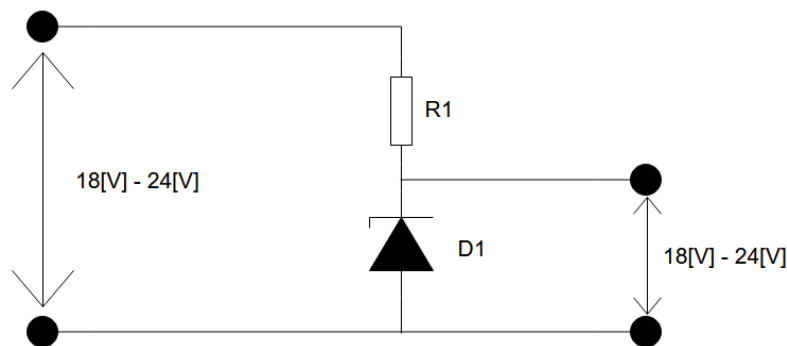
Zenerdiodens merke-effekt og merkestrøm. Om man går over disse grenseverdiene vil zenerdioden kunne bli skadet.

Løsningsforslag oppgave 19.

$$P = U \cdot I \rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{3}{6,2} = 484[mA]$$

Løsningsforslag oppgave 20.

- i) Figur 2.24 viser ett eksempel på hvordan kretsen kan tegnes.



Figur 2.24: Krets for spenningsstabilisering

- ii) Beregner den minste verdien motstanden kan ha slik at strømmen i kretsen ikke blir større enn hva zenerdioden tåler. Starter med å finne den maksimale strømmen dioden tåler.

$$I_{D_{maks}} = \frac{P}{U_{maks}} = \frac{4}{7,5} = \frac{8}{15} \approx 0,53[A]$$

Finner minste verdi for serieresistansen som vil resultere i å begrense strømmen i kretsen akkurat slik at zenerdioden ikke arbeider utenfor arbeidsområdet sitt ved maksimal spenning og strøm.

$$R_{min} = \frac{U_{maks}}{I_{maks}} = \frac{24 - 7,5}{0,53} \approx 31[\Omega]$$

- iii) Når strømmen overgår verdien som resulterer i at man overgår effektbegrensingen til zenerdioden, så vil man ikke lenger garantere at zenerdioden klarer å holde spenningen konstant. Den maksimale strømmen har vi alt beregnet.

$$I_{D_{maks}} \approx 533[mA]$$

Løsningsforslag oppgave 21.

- i) Beregn først det største spenningsfallet vi kan ha over resistansen R_1 .

$$U_{R_1} = I_{Zen_{maks}} \cdot R_1 = 40 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^3 = 40[V]$$

Beregn så den maksimale spenningen kretsen kan ha på inngangen.

$$U_{inn_{maks}} = U_{R_1} + U_{D_1} = 40 + 10 = 50[V]$$

- ii) Beregn den minste spenningen for U_{inn}

$$U_{R_1} = I_{Zen_{min}} \cdot R_1 = 4 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^3 = 4[V]$$

Beregn så den maksimale spenningen kretsen kan ha på inngangen.

$$U_{inn_{min}} = U_{R_1} + U_{D_1} = 4 + 10 = 14[V]$$

Løsningsforslag oppgave 22.

Finner den totale strømmen som går gjennom kretsen ved merkeeffekt på dioden.

$$I_{D_{maks}} = \frac{P_D}{U_D} = \frac{5}{8} = 0.625 = 625[mA]$$

Finner så verdien motstanden må ha for å begrense strømmen slik at zenerdioden ikke blir utsatt for en effekt over merkeeffekt.

$$R_1 = \frac{U_{R_1}}{I_{R_1}} = \frac{48 - 8}{0,625} = 64[\Omega]$$

Løsningsforslag oppgave 23.

Verstetilfele og dimmensjonerende verdi blir med maksimal spenning ut fra spenningskilden ved 10[V].

Beregner spenningsfallet over motstanden.

$$U_R = U_{inn} - U_{zen} = 10 - 5,1 = 4,9[V]$$

Beregner strømmen som går i kretsen ved maksimal spenning ut fra spenningskilden.

$$I_{maks} = \frac{U_R}{R} = \frac{4,9}{33} \approx 0,148 = 148[mA]$$

Beregner effekten som blir omsatt under disse forholdene.

$$P_{zen} = U_{zen} \cdot I_{zen} = 4,9 \cdot 150 \cdot 10^{-3} = 735[mW]$$

2.2 Tyristor, triac og diac

2.2.1 Oppgaver

Spørsmål 24.

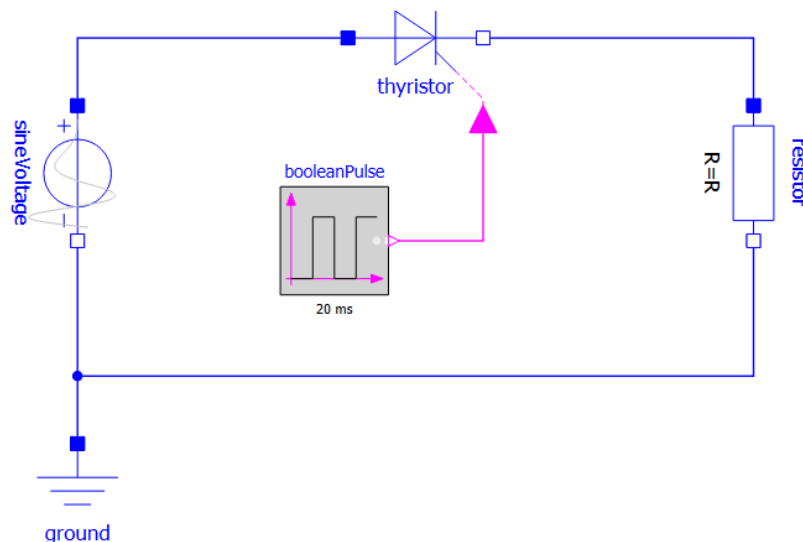
En tyristor kan brukes som bryter for å koble inn og ut en likestrøm gjennom en magnetpole. Styrestrømmen til tyristoren kommer fra en impulsbryter. Hvordan skal strømmen gjennom tyristoren slås av?

Spørsmål 25.

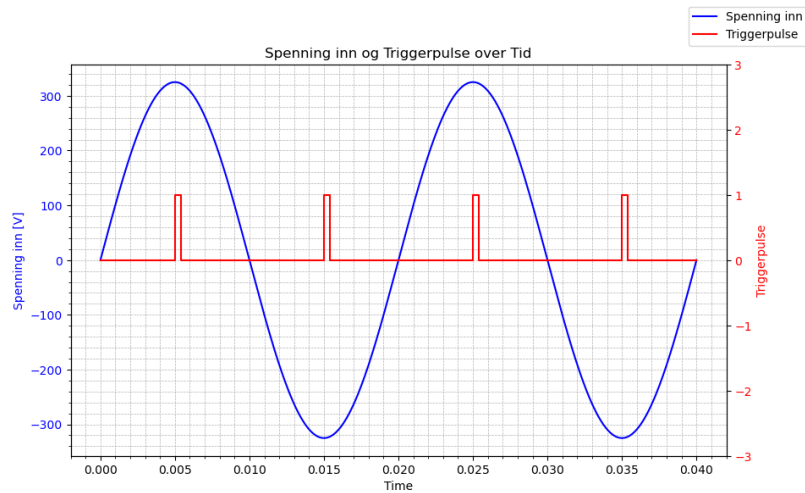
Hva er forskjellen mellom en tyristor og en transistor?

Spørsmål 26.

Kretsen som vist i Figur 2.25 viser en spenningskilde koblet til en tyristor, som igjen er koblet til en last angitt som R . Tyristorens gate blir trigget av en puls som vist i 2.26. Tegn hvordan spenningen over lasten R vil endre seg som et produkt av tiden.



Figur 2.25: Tyristor med triggersignal



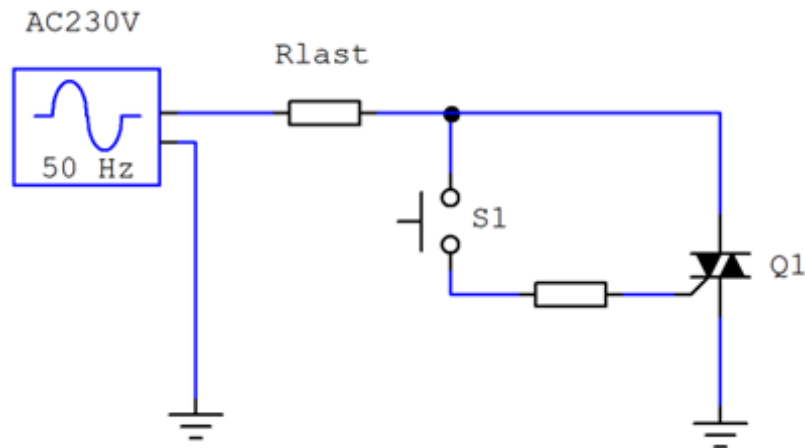
Figur 2.26: Forløp for spenningskilde og triggersignal

Spørsmål 27.

- i) Hva står TRIAC for?
- ii) Beskriv hva en TRIAC er
- iii) Hva er det viktigste bruksområdene for traic?

Spørsmål 28.

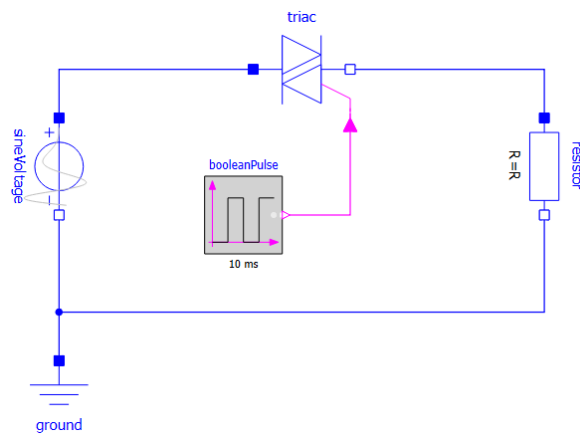
Beskriv funksjon til TRIAC koblingen i kretsen som vist i Figur 2.27.



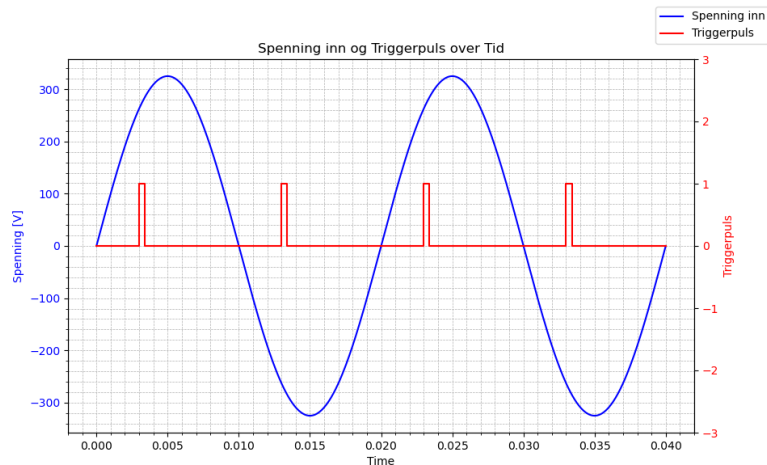
Figur 2.27: TRIAC krets med impulsbryter

Spørsmål 29.

Kretsen som vist i Figur 2.28 viser en spenningskilde koblet til en TRIAC, som igjen er koblet til en last angitt som R . TRIAC-ens gate blir trigget av en puls som vist i 2.29. Tegn hvordan spenningen over lasten R vil endre seg som et produkt av tiden.



Figur 2.28: TRIAC med triggersignal



Figur 2.29: Forløp for spenningskilde og triggersignal

Spørsmål 30.

- i) Hva står DIAC for?
- ii) Hva er en DIAC?
- iii) Hva er den typiske terskelspenningen for når en DIAC starter å lede?
- iv) Hvor benytter man oftest DIACer?
- v) Hva er forskjellen mellom DIAC og TRIAC

2.2.2 Løsningsforslag**Løsningsforslag 24.**

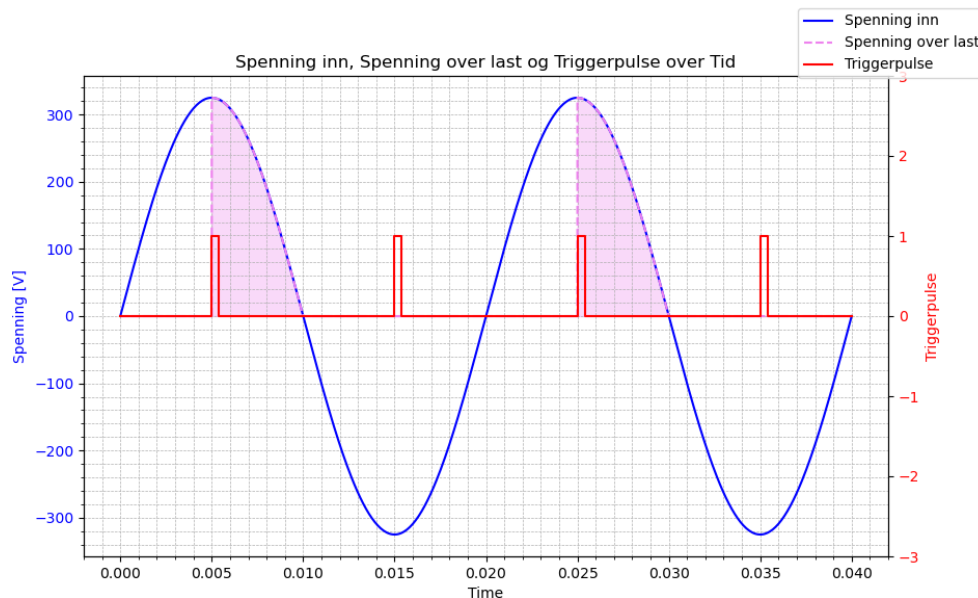
Ved å bryte hovedstrømmen

Løsningsforslag 25.

En tyristor kan kun ha diskrete tilstander, det vil si enten på eller av, mens en transistor kan operere kontinuerlig i mellomliggende tilstander og brukes til å regulere forsterkningen.

Løsningsforslag 26.

I Figur 2.30 kan man se hvordan tyristoren starter å lede kun når den blir trigget i positiv halvperiode. Dette er vist med det lilla arealet. Tyristoren slutter å lede ved nullgjennomgangen og starter ikke å lede før den blir trigget på nytt.



Figur 2.30: Tyristor med triggersignal og spenning over last

Løsningsforslag 27.

- i) Triode for Alternating Current
- ii) En TRIAC er en halvlederkomponent som kan lede strøm i begge retninger. Den består av to tyristorer koblet i parallell, men i motsatt retning også kalt antiparallell
- iii) TRIAC-er brukes ofte i vekselstrømskretser for å kontrollere strømmen til laster som motorer, lysdimmere og varmelementer

Løsningsforslag 28.

TRIAC koblingen sørger for at man kan styre en større strøm ved hjelp av signal som trekker en mindre strøm.

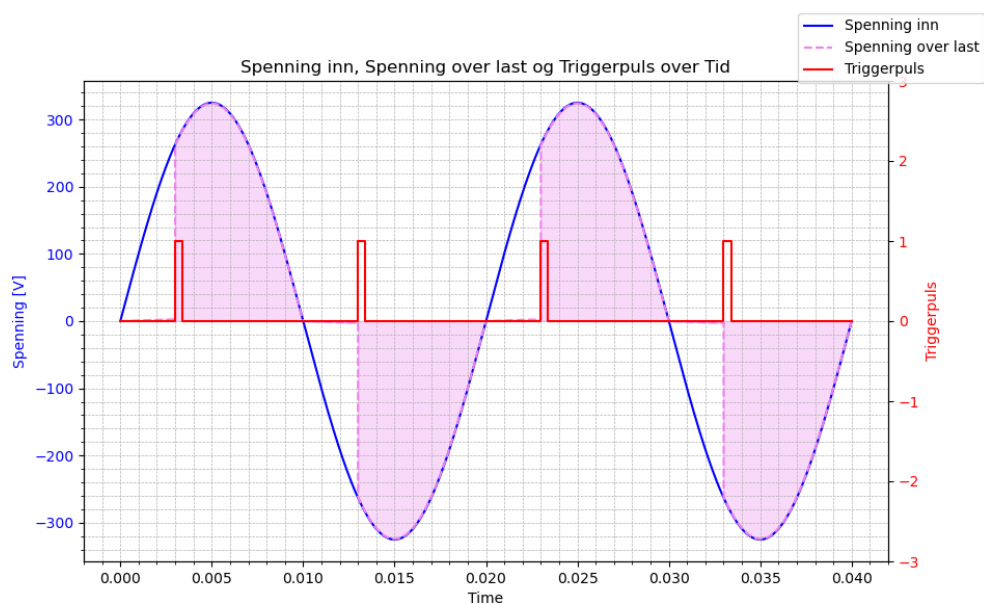
TRIAC koblingen sørger for at kretsen blir brutt ved nullgjennomgangen som er spesielt fordelaktig når man bryter induktive kretser som potensielt vil kunne generere høy spenning og skade utstyret. Dette oppstår siden spenningen over en induktans er

proporsjonal til endringsraten av strømmen gjennom induktansen, som vist i Formel 2.1.

$$U_{ind} = L \cdot \frac{dI_{ind}}{dt} \quad (2.1)$$

Løsningsforslag 29.

I Figur 2.31 kan man se hvordan TRIAC-en starter å lede kun når den blir trigget. Siden en TRIAC er to tyristorer i anitparallel vil TRIAC-en kunne lede for både positiv og negativ halvperiode. Dette er vist med det lilla arealet. TRIAC-en slutter å lede ved nullgjennomgangen og starter ikke å lede før den blir trigget på nytt.



Figur 2.31: TRIAC med triggersignal og spenning over last

Løsningsforslag 30.

- i) Diode for Alternating Current
- ii) DIAC er en halvlederkomponent som kan lede strøm i begge retninger når spenningen over den overstiger en viss terskelverdi
- iii) 40-40 [V]
- iv) I sammenheng med TRIAC-er koblet på gate terminalen for å kompensere for TRIAC-ens naturlige ulikhet når det kommer til å trigge symmetrisk for både

positiv og negativ halvperiode. DIAC-en vil holde igjen triggersignalet til det er på et nivå som fører til at begge delene av TRIAC-en vil starte å lede tilnærmet momentant.

2.3 Transistor - BJT

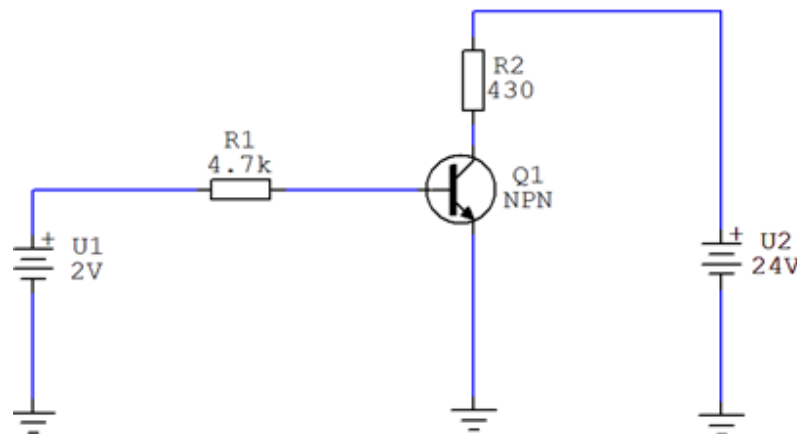
2.3.1 Oppgaver

Oppgave 31.

- Hva heter de tre forskjellige strømmene i en BJT-transistor?
- Hvilken av strømmene i en BJT-transistor er vanligvis den største?
- Hva er forskjellen mellom saturation og cut-off for en transistor?
- Hva beskriver strømforsterkningen B ?

Oppgave 32.

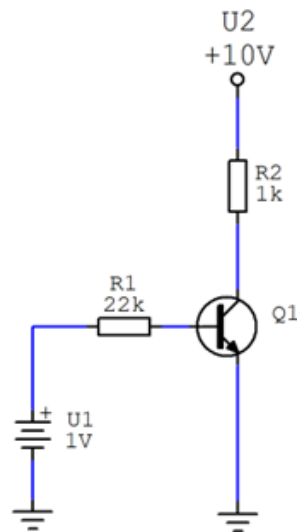
Basert på kretsen presentert i Figur 2.32 Beregn verdiene for I_B , I_C , I_E og U_{CE} . Anta en strømforsterkning $\beta = 75$ og spenningsfall $U_{BE} = 0,7[V]$.



Figur 2.32: Krets med BJT-transistor

Oppgave 33.

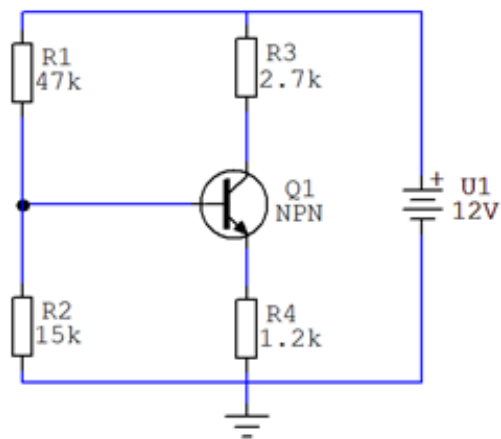
Basert på kretsen presentert i Figur 2.33 Beregn verdiene for I_B , I_C , I_E og U_{CE} . Anta en strømforsterkning $\beta = 250$ og spenningsfall $U_{BE} = 0,7[V]$.



Figur 2.33: Krets med BJT-transistor

Oppgave 34.

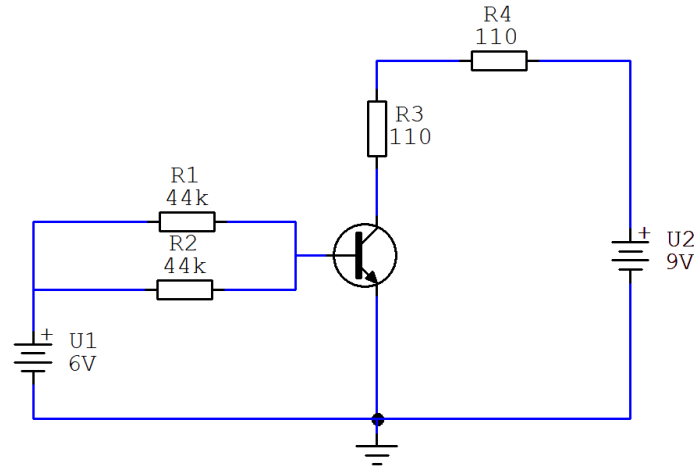
Basert på kretsen presentert i Figur 2.34 Beregn verdiene for I_C , I_E , U_B og U_{BE} . Anta spenningsfall $U_{BE} = 0,7[V]$.



Figur 2.34: Krets med BJT-transistor

Oppgave 35.

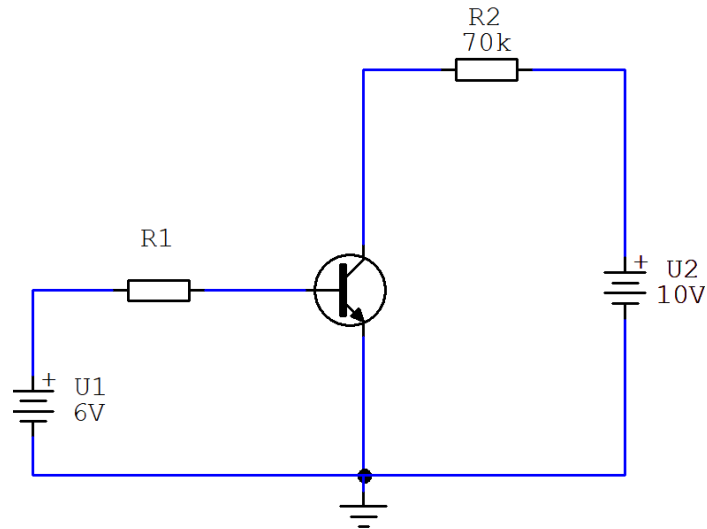
Basert på kretsen presentert i Figur 2.35 Beregn verdiene for I_B , I_C , I_E og U_C . Anta spenningsfall $U_{BE} = 0,7[V]$ og $\beta = 90$.



Figur 2.35: Krets med BJT-transistor

Oppgave 36.

Basert på kretsen presentert i Figur 2.36 Finn motstandsverdien for R_1 slik at strømmen i $I_C = 120[mA]$. Anta spenningsfall $U_{BE} = 0,7[V]$ og $\beta = 96$.



Figur 2.36: Krets med BJT-transistor

Oppgave 37.

Finn motstandsverdiene for R_B og R_K for kretsen presentert i Figur 2.37.

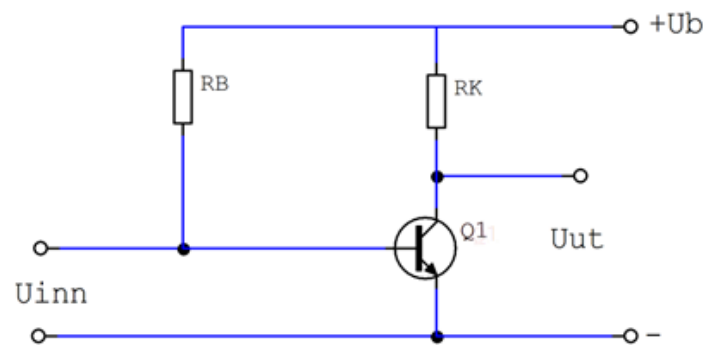
Kretsen skal dimensjoneres til å ha følgende verdier:

$$U_{KE} = 6[V]$$

$$U_{BE} = 0,7[V]$$

$$I_K = 6[mA]$$

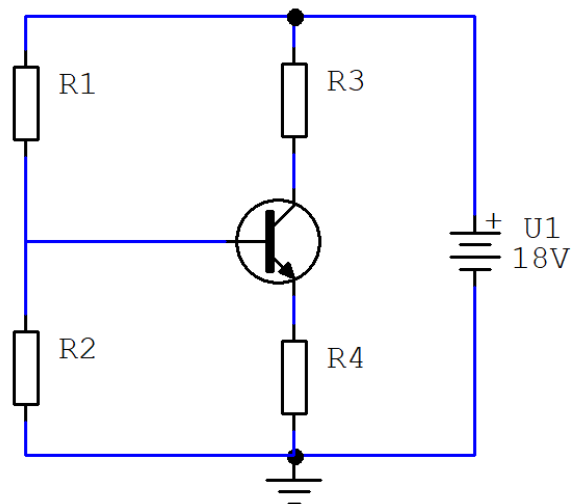
Transistoren Q_1 har oppgitt $\beta = 150$ og spenningen for kilden $U_b = 12[V]$



Figur 2.37: Krets med BJT-transistor

Oppgave 38.

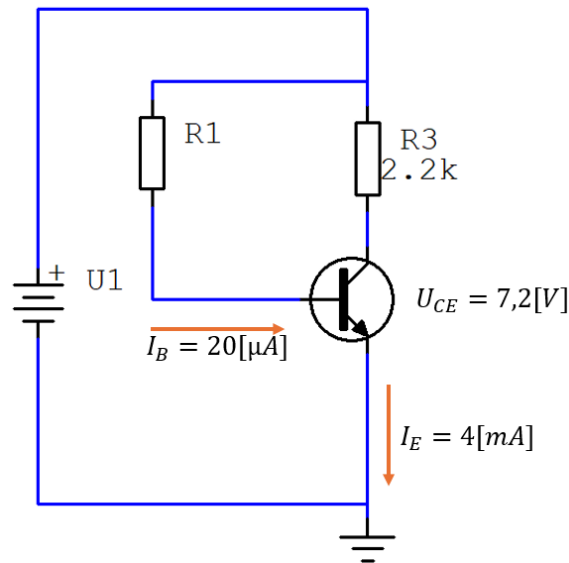
Ta utgangspunkt å Figur 2.38. Det er brudd i R_1 . Hva blir verdien for U_B , U_E og U_C ?



Figur 2.38: Krets med BJT-transistor

Oppgave 39.

Ta utgangspunkt i kretsen som vist i Figur 2.39 og beregn I_C , U_1 , β og R_1



Figur 2.39: Krets med BJT-transistor

2.3.2 Løsningsforslag

Løsningsforslag oppgave 31.

- i) Kollektor-strøm, emitter-strøm og basis-strøm
- ii) Emitter er vanligvis den største siden den er summen av kollektor og basestrømmen
- iii) Saturation oppstår når transistoren leder maksimalt og spenningsfallet mellom kollektor og emitter er $\approx 0[V]$.
Cut-off oppstår når det ikke går noen kollektor-strøm og nesten hele det maksimale spenningsfallet ligger over transistorens kollektor og emitter pinner.
- iv) Forholdet mellom kollektor-strømmen og base-strømmen.

Løsningsforslag oppgave 32.

Finner først basis-strømmen.

$$I_B = \frac{U_1 - U_{BE}}{R_1} = \frac{2 - 0,7}{4,7 \cdot 10^3} \approx 0,277[mA]$$

Bruker strømforsterkningen β for å finne strømmen I_K .

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \rightarrow I_C = \beta \cdot I_B = 75 \cdot 0,277 \cdot 10^{-3} \approx 20,7[mA]$$

Finner så strømmen I_C .

$$I_B + I_C + I_E = 0 \rightarrow I_C = I_E - I_B = 20,7 \cdot 10^{-3} - 0,277 \cdot 10^{-3} \approx 20,42[mA]$$

Beregner spenningsfallet U_{BE} .

$$U_{CE} = U_2 - U_{R2} = U_2 - (R_2 \cdot I_C) = 24 - (430 \cdot 20,42 \cdot 10^{-3}) \approx 15,2[V]$$

Løsningsforslag oppgave 33.

Finner basis-strømmen.

$$I_B = \frac{U_{R1}}{R_1} = \frac{1 - 0,7}{22 \cdot 10^3} \approx 13,64[\mu A]$$

Bruker transistorens formel for strømforsterkning til å finne emitter-strømmen.

$$I_E = \beta \cdot I_B = 250 \cdot 13,64 \cdot 10^{-6} \approx 3,41[mA]$$

Den relativt store forsterkningen gjør at antall desimaler brukt i I_B vil påvirke nøyaktigheten på I_E i stor grad.

I dette tilfellet er $I_K \gg I_B$ og vi kan derfor forenkle beregningen ved å anta $I_E = I_K$

$$U_{CE} = U_2 - U_{R2} = 10 - (1 \cdot 10^3 \cdot 3,41 \cdot 10^{-3}) = 6,59[V]$$

Løsningsforslag oppgave 34.

Finner spenning U_B

$$U_B = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \cdot U_1 = \left(\frac{15 \cdot 10^3}{47 \cdot 10^3 + 15 \cdot 10^3} \right) \cdot 12 = 2,9[V]$$

Beregner emitterspenningen basert på spenningsfallene U_B og U_{BE} .

$$U_E = U_B - U_{BE} = 2,90 - 0,7 = 2,2[V]$$

²Tegnet betyr mye større enn. Eksempel: $9 \cdot 10^9 \gg 1 \cdot 10^{-10}$

$$I_E = \frac{U_4}{R_4} = \frac{2,2}{1,2 \cdot 10^3} \approx 1,833[mA]$$

Antar $I_C = I_E$.

Finner totale spenningsfallet fra kollektor-pinnen til jord. Dette er summen av to spenningsfall U_{CE} og U_{R_4} .

$$U_C = U_1 - U_{R_3} = U_1 - (I_C \cdot R_3) = 12 - (1,833 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 \cdot 10^3) = 7,1[V]$$

Trekker fra spenningsfallet over U_{R_4} fra U_C for å finne spenningsfallet over transistoren U_{CE} .

$$U_{KE} = U_K - U_E = 7,1 - 2,2 = 4,9[V]$$

Løsningsforslag oppgave 35.

Beregner resistansen for basis-strømmen.

$$R_B = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{44 \cdot 10^3} + \frac{1}{44 \cdot 10^3} \right)^{-1} = 22[k\Omega]$$

Finner I_B .

$$I_B = \frac{U_1 - U_{BE}}{R_B} = \frac{9 - 0,7}{22 \cdot 10^3} \approx 0,377[mA]$$

Bruker forsterkningen β til å finne I_E .

$$I_E = \beta \cdot I_B = 90 \cdot 0,377 \cdot 10^{-3} \approx 34[mA]$$

$$I_C = I_C - I_B = 34 \cdot 10^{-3} - 0,377 \cdot 10^{-3} = 33,623[mA]$$

Finner spenningen U_C som er spenningsfallet mellom kollektor-pinnen og jord.

Summerer kollektor-motstandene

$$R_K = R_3 + R_4 = 110 + 110 = 220[\Omega]$$

$$U_C = U_2 - U_{R_K} = U_2 - (R_K \cdot I_K) = 9 - (220 \cdot 33,623 \cdot 10^{-3}) \approx 7,4[V]$$

Løsningsforslag oppgave 36.

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \rightarrow I_B = \frac{I_C}{\beta} \rightarrow I_B = \frac{120 \cdot 10^{-3}}{96} = 1,25[mA]$$

$$R_1 = \frac{U_{R_1}}{I_B} = \frac{6 - 0,7}{1,25 \cdot 10^{-3}} = 4,24[k\Omega]$$

Løsningsforslag oppgave 37.

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \rightarrow I_B = \frac{I_K}{\beta} = \frac{6 \cdot 10^{-3}}{150} = 40[\mu A]$$

$$R_B = \frac{U_B - U_{BE}}{I_B} = \frac{12 - 0,7}{40 \cdot 10^{-6}} = 282,5[k\Omega]$$

$$R_K = \frac{U_B - U_{KE}}{I_K} = \frac{12 - 6}{6 \cdot 10^{-3}} = 1[k\Omega]$$

Løsningsforslag oppgave 38.

$U_B = 0[V]$, $U_E = 0[V]$ og $U_C = 18[V]$ Her vil transistoren være i cut-off. Det vil ikke gå noen strøm I_B og transistoren vil derfor ikke lede. Hele spenningen til kilden vil ligge over U_C .

Løsningsforslag oppgave 39.

$$I_C = I_E - I_B = 4 \cdot 10^{-3} - 20 \cdot 10^{-6} = 3,98[mA]$$

$$U_1 = U_{R_C} + U_{CE} = (I_C \cdot R_C) + U_{CE} = (3,98 \cdot 10^{-3} \cdot 2,2 \cdot 10^3) + 7,2 = 15,96[V]$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{3,98 \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 10^{-6}} = 199$$

$$R_B = \frac{U_B}{I_B} = \frac{15,96 - 0,7}{20 \cdot 10^{-6}} = 763[k\Omega]$$

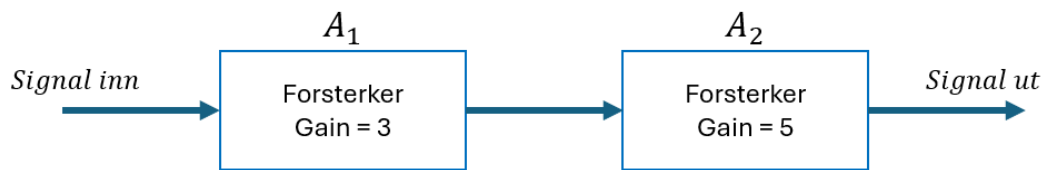
2.4 Forsterkning

2.4.1 Oppgaver

Oppgave 40.

Beregn den totale forsterkningen av kretsen vist i Figur 2.40.

- i) Beregn den totale forsterkningen ved å benytte $gain$
- ii) Beregn den totale forsterkningen ved å benytte $gain_{dB}$ og diskuter resultatet.



Figur 2.40: Forsterkning av signal

Oppgave 41.

Effekten inn i en forsterker er oppgitt til $1[W]$ når effekten ut er $10[W]$. Beregn forsterkningen i $[dB]$.

Oppgave 42.

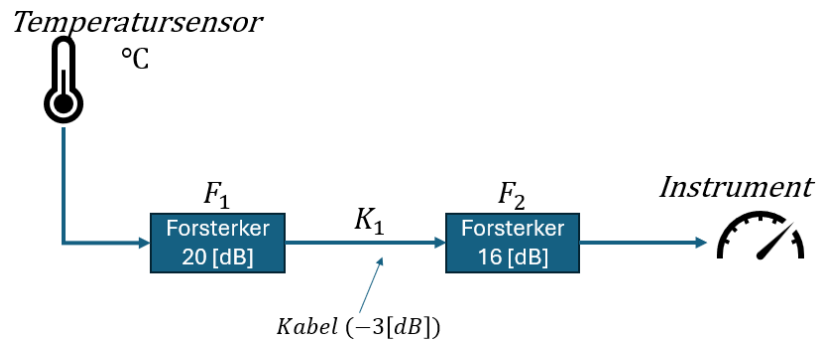
Beregn effektforsterkningen F ved en forsterkning på $L_{FP} = 20[dB]$

Oppgave 43.

Spenningen inn i en forsterker er $10[mV]$ og spenningen over en $600[\Omega]$ last er $1[V]$. Beregn forsterkningen i $[dB]$.

Oppgave 44.

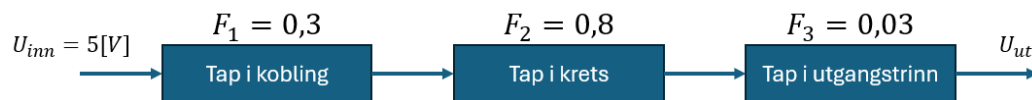
Hva er spenningen ut til instrumentet som vist i 2.41 dersom signalet fra sensoren er $2[mV]$?



Figur 2.41: Forsterkning i et system

Oppgave 45.

Hva er spenningen ut fra kretsen vist i 2.42?



Figur 2.42: Forsterkning i et system

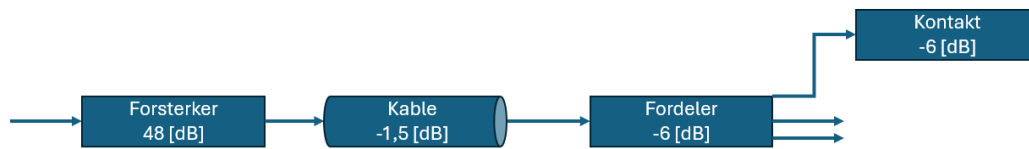
Oppgave 46.

En effektforsterker har oppgitt en forsterkning på $40[dB]$ med en uteffekt på $100[W]$. Hva er effekten inn i forsterkeren ved disse forholdene?

Oppgave 47.

Et signalanlegg er koblet opp som vist i 2.43. Forsterkeren forsterker signalet ut på systemet mens de andre komponentene demper signalet.

- i) Beregn signalstyrken i kontakten
- ii) Systemet krever at utgangssignalet minimum må ha en størrelse på $2[mV]$. Beregn hva det minste signalet inn på forsterkeren kan være.



Figur 2.43: Forsterkning i et system

Oppgave 48.

En forsterker for et antennesignal har oppgitt en spenningsforsterkning på $34[dB]$. Finn forsterkningen.

Oppgave 49.

En koblingsboks har oppgitt en demping av signalet på $3[dB]$. I tillegg er det en demping av signalet i kabelen frem til koblingsboksen på $1[dB]$. Signalet inn i kabelen er $100[\mu V]$ Hva er signalstyrken i koblingsboksen?

2.4.2 Løsningsforslag**Løsningsforslag oppgave 40.**

- i) Den totale forsterkningen kan man finne ved å multiplisere verdiene for *Gain*.

$$F_{tot} = F_{A1} \cdot F_{A2} = 3 \cdot 5 = 15$$

Konverterer til dB .

$$L_F = 10 \cdot F_{tot} = 10 \cdot \log 15 = 11,76[dB]$$

- ii) Finner nå totale forsterkningen i $[dB]$ ved å konvertere delverdiene og til slutt summere de samme for å få kretsens totale forsterkning.

$$L_{FA1} = 10 \cdot \log F_{A1} \rightarrow L_{FA1} = 10 \cdot \log 3 \approx 4,77[dB]$$

$$L_{FA2} = 10 \cdot \log F_{A2} \rightarrow L_{FA2} = 10 \cdot \log 5 \approx 6,99[dB]$$

$$L_F = L_{FA1} + L_{FA2} = 4,77 + 6,99 = 11,76[dB]$$

Basert på bererigningen kan man observere at resultatet blir det samme for begge metoder.

Løsningsforslag oppgave 41.

$$L_{FP} = 10 \cdot \log \frac{P_{ut}}{P_{inn}} \rightarrow L_{FP} = 10 \cdot \log \frac{10}{1} = 10[dB]$$

Løsningsforslag oppgave 42.

$$L_{FP} = 10 \cdot \log F \rightarrow$$

Setter inn tall

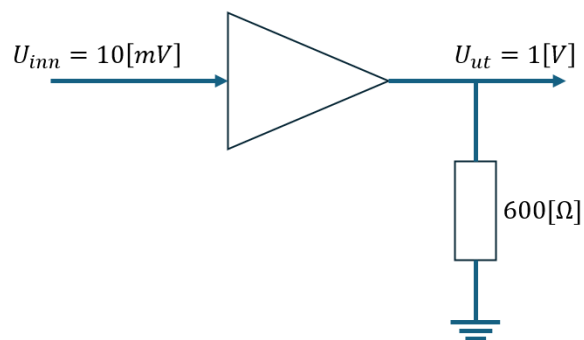
$$20 = 10 \cdot \log F \rightarrow \frac{20}{10} = \log F$$

Tar så inverse funksjon av log som er å oppheve begge sider med 10.

$$10^2 = 10^{\log F} \rightarrow F = 100$$

Løsningsforslag oppgave 43.

Tegner opp en skisse av beskrivelsen som vist i 2.44.



Figur 2.44: Skisse for forsterkning av signal

Beregner spenningforsterkningen.

$$L_{FU} = 20 \cdot \log \frac{U_{ut}}{U_{inn}} \rightarrow L_{FU} = 20 \cdot \log \frac{1}{10 \cdot 10^{-3}} = 40[dB]$$

Løsningsforslag oppgave 44.

Summerer kretsens tre elementer. To elementer forsterker signalet, også en kabel som demper signalet. Dette kan man identifisere ved å se på fortegn.

Finner systemets totale forsterkning.

$$L_{FU_{tot}} = L_{F1} + L_{F2} + L_{F3} = 20 + (-3) + 16 = 33[dB]$$

Konverterer tallet til enhetsløs forsterkning F .

$$L_{FU_{tot}} = 20 \cdot \log \frac{U_{ut}}{U_{inn}} \rightarrow 33 = 20 \cdot \log \frac{u_{ut}}{2 \cdot 10^{-3}} \rightarrow \frac{33}{20} = \frac{20}{20} \cdot \log \frac{U_{ut}}{2 \cdot 10^{-3}} \rightarrow 1,65 = \log \frac{u_{ut}}{2 \cdot 10^{-3}}$$

Tar invers av \log .

$$10^{1,65} = 10^{\log \frac{U_{ut}}{2 \cdot 10^{-3}}} \rightarrow 44,67 = \frac{U_{ut}}{2 \cdot 10^{-3}} \rightarrow U_{ut} = 89,3[mV]$$

Løsningsforslag oppgave 45.

Finner den totale dempingen.

$$F_{tot} = F_1 \cdot F_2 \cdot F_3 = 0,3 \cdot 0,8 \cdot 0,03 = 7,2 \cdot 10^{-3}$$

$$F_{tot} = \frac{U_{ut}}{U_{inn}} \rightarrow U_{ut} = f_{tot} \cdot U_{inn} = 7,2 \cdot 10^{-3} \cdot 5 = 36[mV]$$

Løsningsforslag oppgave 46.

$$L_{FP} = 10 \cdot \log \frac{P_{ut}}{P_{inn}} \rightarrow \frac{L_{FP}}{10} = \log \frac{P_{ut}}{P_{inn}}$$

Tar invers av \log .

$$10^{\frac{L_{FP}}{10}} = 10^{\log \frac{P_{ut}}{P_{inn}}} \rightarrow 10^{\frac{40}{10}} = 10^{\log \frac{100}{P_{inn}}} \rightarrow 10000 = \frac{100}{P_{inn}} \rightarrow P_{inn} = \frac{100}{10000} = 10[mW]$$

Løsningsforslag oppgave 47.

i)

$$L_{F_{tot}} = L_{F_{forsterker}} + L_{F_{kabel}} + L_{F_{kontakt}} = 48 + (-1,5) + (-6) + (-3) = 37,5[dB]$$

ii)

$$L_{FU} = 20 \cdot \log \frac{U_{ut}}{U_{inn}} \rightarrow \frac{L_{FU}}{20} = \log \frac{U_{ut}}{U_{inn}}$$

Tar invers av log.

$$10^{\frac{37,5}{20}} = 10^{\log \frac{U_{ut}}{U_{inn}}} \rightarrow 75 = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{U_{inn}} \rightarrow U_{inn-min} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{75} = 26,7[\mu V]$$

Løsningsforslag oppgave 48.

$$L_{FU} = 20 \cdot \log F \rightarrow 10^{\frac{34}{20}} = 10 \log F \rightarrow F = 50,1$$

Løsningsforslag oppgave 49.

$$L_{FU-tot} = (-3) + (-1) = -4[dB]$$

$$L_{FU} = 20 \cdot \log \frac{U_{inn}}{U_{ut}} \rightarrow \frac{L_{FU}}{20} = \log \frac{U_{ut}}{U_{inn}}$$

Tar invers av log.

$$10^{\frac{-4}{20}} = 10^{\log \frac{U_{ut}}{U_{inn}}} \rightarrow 0,63 = \frac{U_{ut}}{110 \cdot 10^{-6}} \rightarrow U_{ut} = 0,63 \cdot 110 \cdot 10^{-6} = 69,4[\mu V]$$

2.5 Måleteknikk

Bibliografi

- [1] “Standard LED. ”adresse: <https://www.farnell.com/datasheets/1498852.pdf>.

A. LED Datasheet

Datablad fra en standard LED [1].

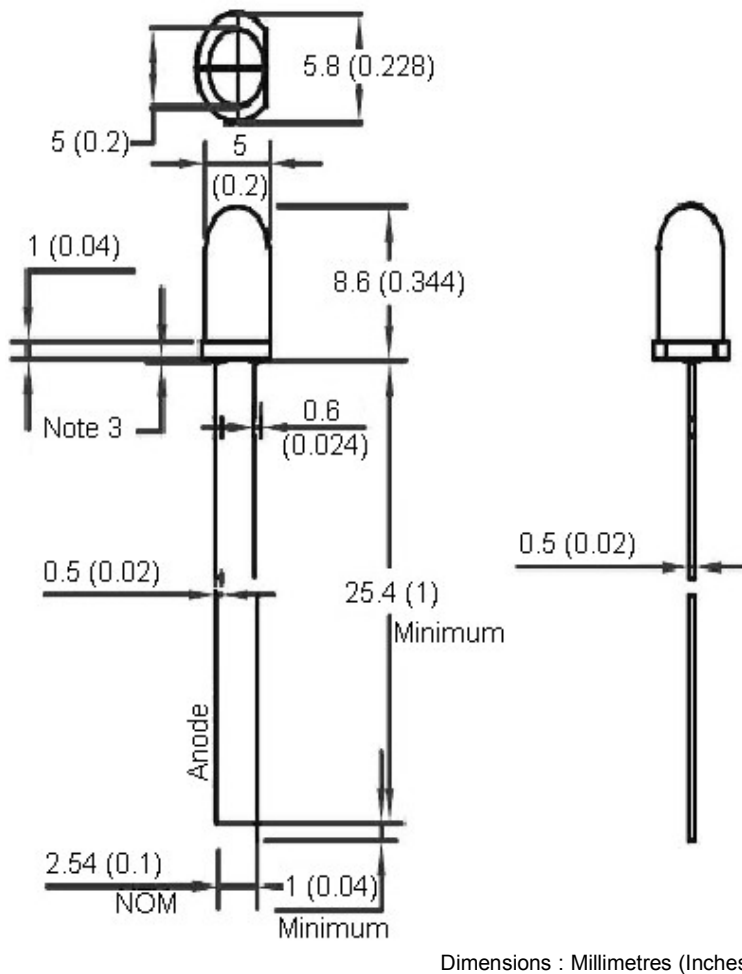
Standard LED

Red Emitting Colour

Features:

- High intensity
- Standard T-1 3/4 diameter package
- General purpose leads
- Reliable and rugged

Package Dimensions:



Specification Table

Chip Material	Lens Colour	Source Colour	Part Number
AlGaAs	Diffused	Red	MV5754A

Notes:

1. Tolerance is ± 0.25 mm (0.01") unless otherwise noted
2. Protruded resin under flange is 1 mm (0.04") maximum
3. Lead spacing is measured where the leads emerge from the package

Standard LED

Red Emitting Colour



Absolute Maximum Ratings at $T_a = 25^\circ\text{C}$

Parameter	Maximum	Unit
Power Dissipation	80	mW
Peak Forward Current (1/10 Duty Cycle, 0.1 ms Pulse Width)	100	mA
Continuous Forward Current	20	
Derating Linear From 50°C	0.4	mA / $^\circ\text{C}$
Reverse Voltage	5	V
Operating Temperature Range	-25°C to $+80^\circ\text{C}$	
Storage Temperature Range	-40°C to $+100^\circ\text{C}$	
Lead Soldering Temperature (4 mm (0.157) Inches from Body)	260 $^\circ\text{C}$ for 5 s	

Electrical Optical Characteristics at $T_a = 25^\circ\text{C}$

Parameter	Symbol	Minimum	Typical	Maximum	Unit	Test Condition
Luminous Intensity	I_v		40		mcd	$I_f = 20\text{ mA}$ (Note 1)
Viewing Angle	$2\theta_{1/2}$		25		Deg	(Note 2)
Peak Emission Wavelength	λ_p		640		nm	$I_f = 20\text{ mA}$
Dominant Wavelength	λ_d		635		nm	$I_f = 20\text{ mA}$ (Note 3)
Spectral Line Half-Width	$\Delta\lambda$		25		nm	$I_f = 20\text{ mA}$
Forward Voltage	V_f		2	2.5	V	$I_f = 20\text{ mA}$
Reverse Current	I_R	-	-	100	μA	$V_R = 5\text{ V}$

Notes:

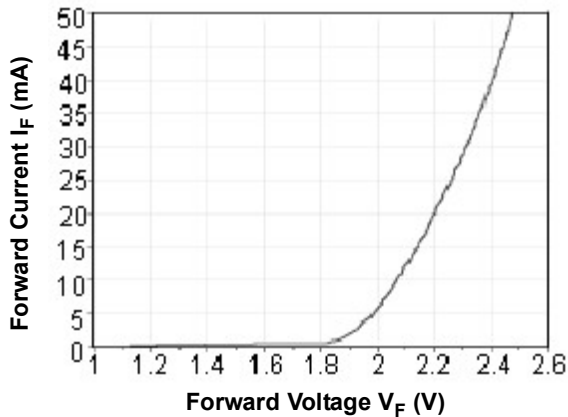
1. Luminous intensity is measured with a light sensor and filter combination that approximates the CIE eye-response curve
2. $\theta_{1/2}$ is the off-axis angle at which the luminous intensity is half the axial luminous intensity
3. The dominant wavelength (λ_d) is derived from the CIE chromaticity diagram and represents the single wavelength which defines the colour of the device

Standard LED

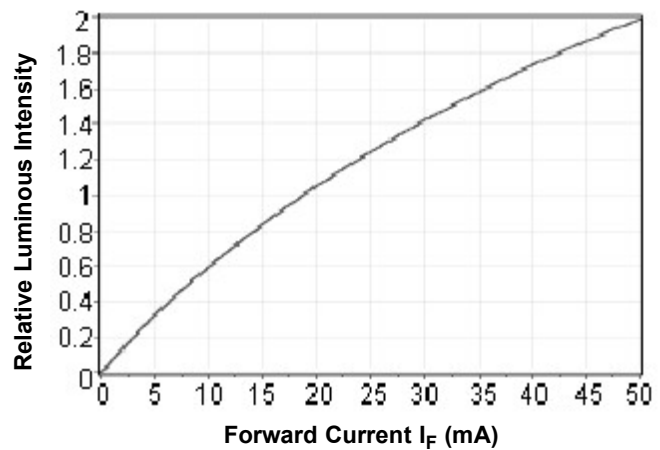
Red Emitting Colour

Typical Characteristics

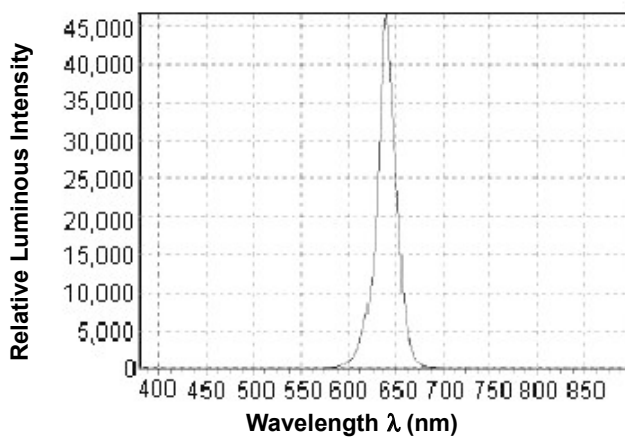
$I_F - V_F$ ($T_a = 25^\circ\text{C}$)



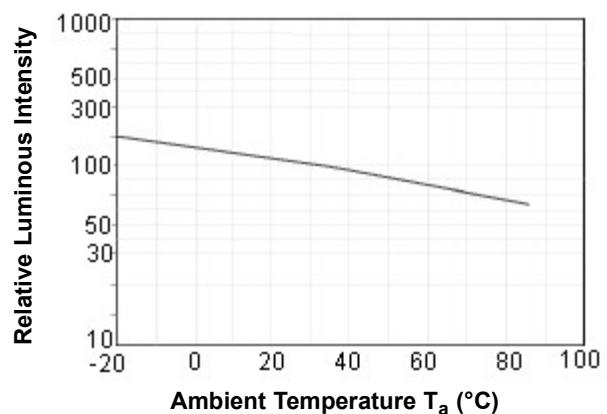
Relative Luminous Intensity - I_F ($T_a = 25^\circ\text{C}$)



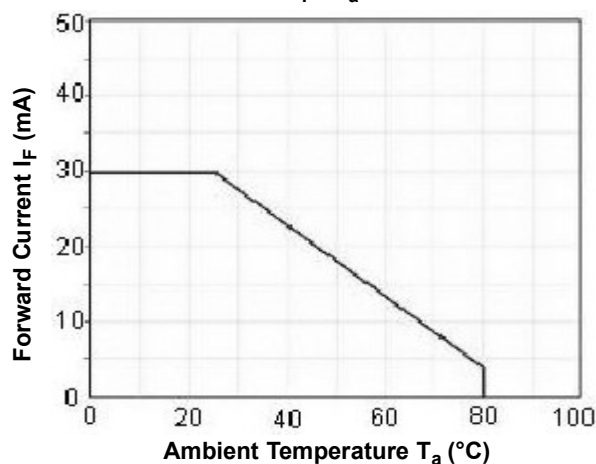
Wavelength Characteristics ($T_a = 25^\circ\text{C}$)



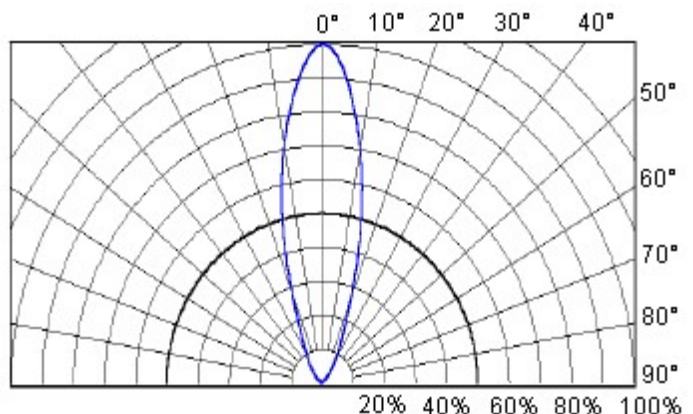
Relative Luminous Intensity - T_a



$I_F - T_a$



Directive Characteristics ($T_a = 25^\circ\text{C}$)



Important Notice : This data sheet and its contents (the "Information") belong to the members of the Premier Farnell group of companies (the "Group") or are licensed to it. No licence is granted for the use of it other than for information purposes in connection with the products to which it relates. No licence of any intellectual property rights is granted. The Information is subject to change without notice and replaces all data sheets previously supplied. The Information supplied is believed to be accurate but the Group assumes no responsibility for its accuracy or completeness, any error in or omission from it or for any use made of it. Users of this data sheet should check for themselves the Information and the suitability of the products for their purpose and not make any assumptions based on information included or omitted. Liability for loss or damage resulting from any reliance on the Information or use of it (including liability resulting from negligence or where the Group was aware of the possibility of such loss or damage arising) is excluded. This will not operate to limit or restrict the Group's liability for death or personal injury resulting from its negligence. Multicomp is the registered trademark of the Group. © Premier Farnell plc 2011.