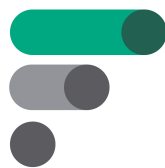


Elektroniske systemer

Øvingsoppgaver for analoge komponenter og måleteknikk i
emnet elektroniske systemer

Carl Magnus Bøe

17. april 2025



Fagskolen
Viken

Fagskolen Viken
01TE00X EITKELFH24 - Emne 5
Fredrikstad

Innhold

1	Introduksjon	2
1.0.1	Bakgrunnsinformasjon	2
1.0.2	Oppbygning av kompendiet	2
2	Programvare	3
2.1	Simulering	3
2.1.1	CircuitMaker2000	3
2.1.2	LTspice	3
2.1.3	OpenModelica	3
2.2	Tegne kretser	3
2.2.1	Draw.io	3
3	Analoge komponenter	4
3.1	Dioder	4
3.1.1	Lysdioder - LED	4
3.1.2	Oppgaver	4
3.1.3	Løsningsforslag	13
3.2	Tyristor, triac og diac	22
3.2.1	Oppgaver	22
3.2.2	Løsningsforslag	24
3.3	BJT transistor	26
3.4	FET transistor	26
3.5	Forsterker i praksis	26
3.6	Måleteknikk	26
A	LED Datasheet	28

1. Introduksjon

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

1.0.1 Bakgrunnsinformasjon

Dette dokumentet er et kompendiet som inneholder øvingsoppgaver relevante til første delen av emnet elektroniske systemer. Siden dokumentet blir kontinuerlig revidert er det datoen på forsiden som angir versjonen av dokumentet. Alle oppgavene er med dette dokumentet samlet på ett sted, sammen med løsningsforslag til alle oppgaver. Når man jobber seg gjennom oppgavene så anbefales det at man også gjør simuleringer. Noen anbefalte simuleringsverktøy er omtalt i Kapittel 2.

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

1.0.2 Oppbygning av kompendiet

Kompendiet er delt opp i hovedgrupper hvor undergrupper som forskjellige komponenter er beskrevet som seksjoner. For hver seksjon presenteres først alle oppgavene, før løsningsforslaget blir presentert i slutten av den samme seksjon som oppgavene.

2. Programvare

Dette kapittelet omtaler forskjellig programvare relevant i emnet.

2.1 Simulering

2.1.1 CircuitMaker2000

CircuitMaker2000

2.1.2 LTspice

LTspice

2.1.3 OpenModelica

OpenModelica

2.2 Tegne kretser

2.2.1 Draw.io

3. Analoge komponenter

3.1 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 $0,7[V]$.

3.1.1 Lysdioder - LED

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

Tabell 3.1 viser et generelt spenn av verdier.

Tabell 3.1: 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:	$1,2 - 1,9$	$[V]$

3.1.2 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.

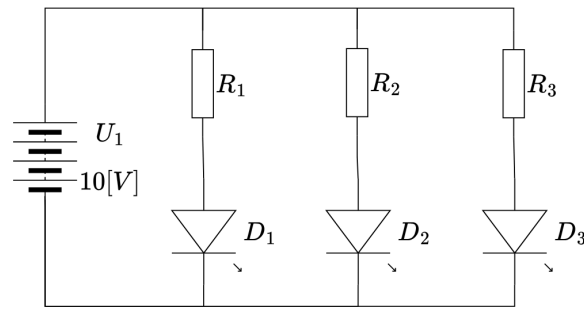
En LED har et spenningsfall i lederetning på $2,5[V]$ og det kreves en strøm på $15[mA]$ for at den skal lyse. Den tilkoblede spenningskilden har en spenning ut på $15[V]$.

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 3.1. 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 3.1 og finn ut hvilken farge diodene mest sannsynlig har.



Figur 3.1: LED i parallell

Oppgave 6.

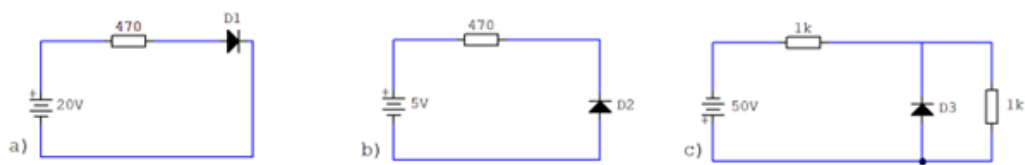
Beregn seriemotstandverdien for en LED basert på databladet presentert i Vedlegg A. Dioden skal drives av en kilde som har følgende spenning $U_{kilde} = 9[V]$.

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.

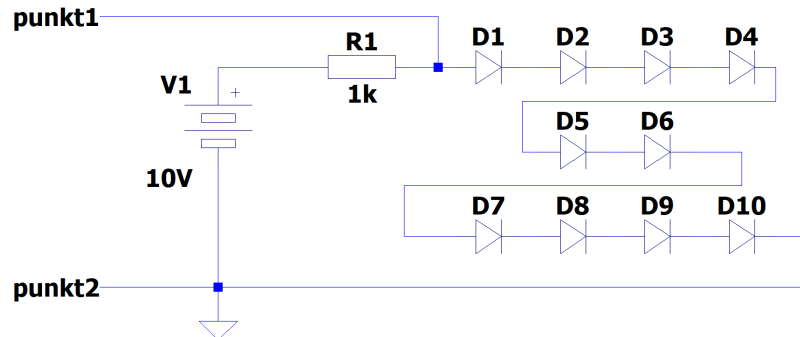
Hvilken av kretsene vist i Figur 3.2 er koblet slik at dioden står i lederetning?



Figur 3.2: Tre forskjellige diodekretser

Oppgave 9.

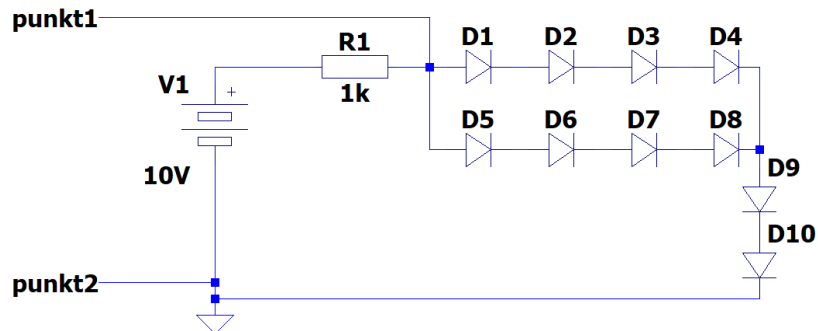
Hvilken spenning vil man måle mellom punkt1 og punkt2 i Figur 3.3.



Figur 3.3: Krets med 10 dioder i serie

Oppgave 10.

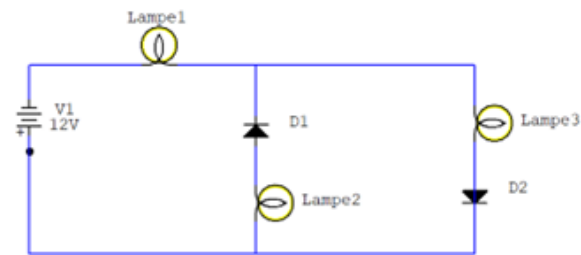
Hvilken spenning vil man måle mellom punkt1 og punkt2 i Figur 3.4



Figur 3.4: Krets med dioder i serie og parallell

Oppgave 11.

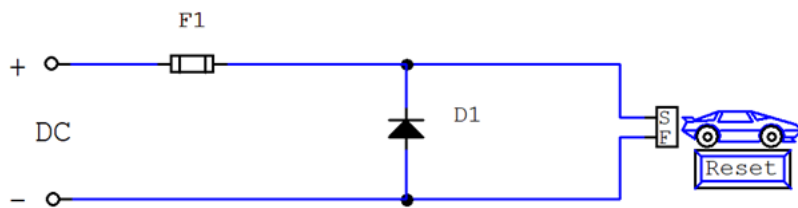
Hvilke lamper lyser i Figur 3.5?



Figur 3.5: Lampekrete

Oppgave 12.

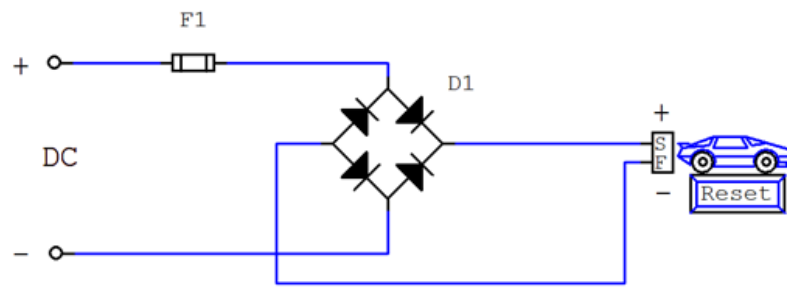
Din elektriske sportsbil får tilført en likespenning fra en hurtiglader som vist i 3.6. Hva skjer dersom likespenningen fra spenningskilden blir koblet til med feil polaritet?



Figur 3.6: Enkel ladekrete med sikring

Oppgave 13.

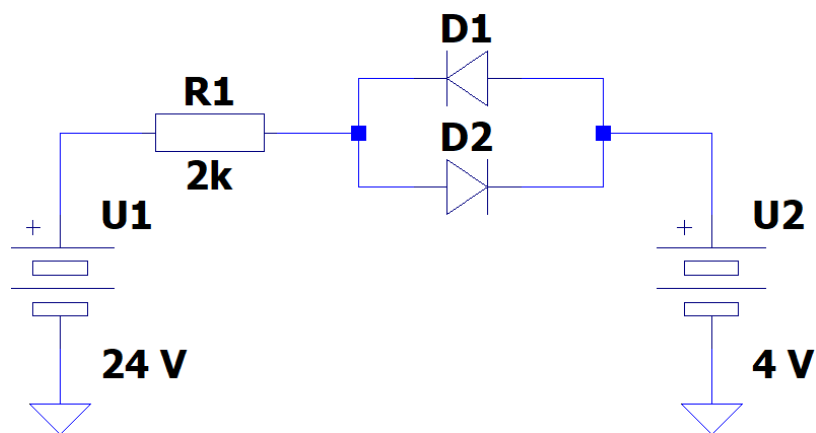
Din elektriske sportsbil får tilført en likespenning fra en nå oppgradert hurtiglader sammenlignet med løsningen vist i Figur 3.7. Hva skjer nå dersom spenningskilden blir koblet med feil polaritet?



Figur 3.7: Ladekrets med brolikeretter

Oppgave 14.

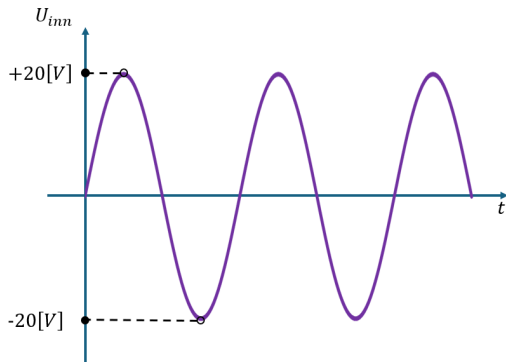
Beregn strømmen i kretsen som er vist i Figur 3.8.



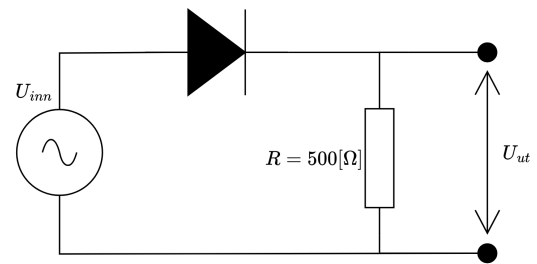
Figur 3.8: Diodekrets med to kilder

Oppgave 15.

Gitt det påtrykte signalet vist i Figur 3.9, beregn den maksimale strømmen og spenning for kretsen vist i Figur 3.10.



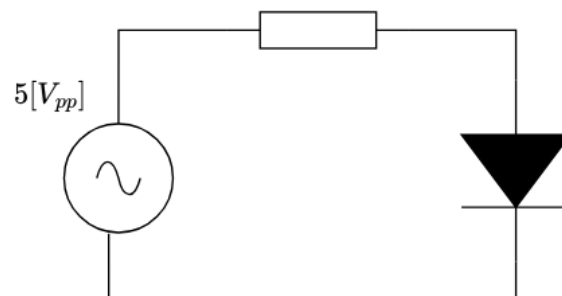
Figur 3.9: Signal på inngangen



Figur 3.10: Enkel diodekrets

Oppgave 16.

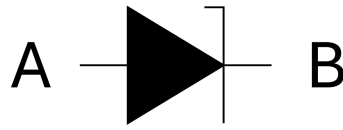
Tegn hvordan spenningen over dioded i Figur 3.11 endrer seg med tiden for to hele perioder.



Figur 3.11: Enkel diodekrets

Zenerdioder**Oppgave 17.**

Hvilken side er katode, og hva heter den andre siden vist i Figur 3.12.



Figur 3.12: 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 $7,5[V]$

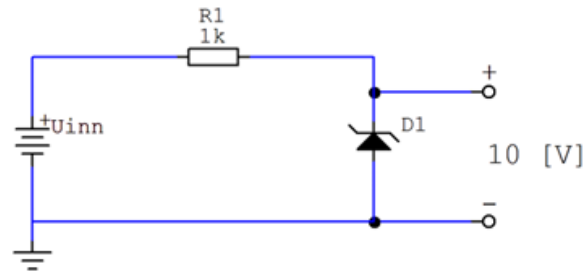
Oppgave 21.

Kretsen vist i Figur 3.13 viser en zenerdiodekrets konstruert for å holde spenningen ut stabil på $10[V]$. I følge databladet til zenerdioden har den følgende data:

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

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

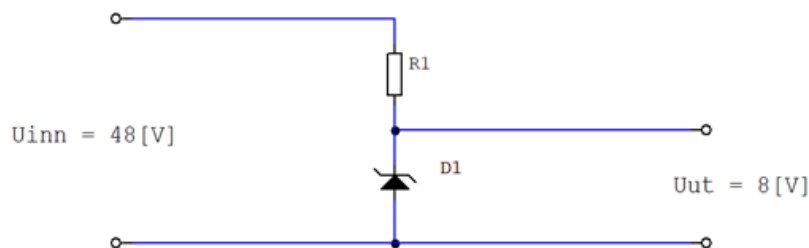
- i) Beregn den maksimale spenningen for U_{inn}
- ii) Beregn den minste spenningen for U_{inn}



Figur 3.13: Krets for spenningsstabilisering

Oppgave 22.

Zenerdioden vist i Figur 3.14 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.

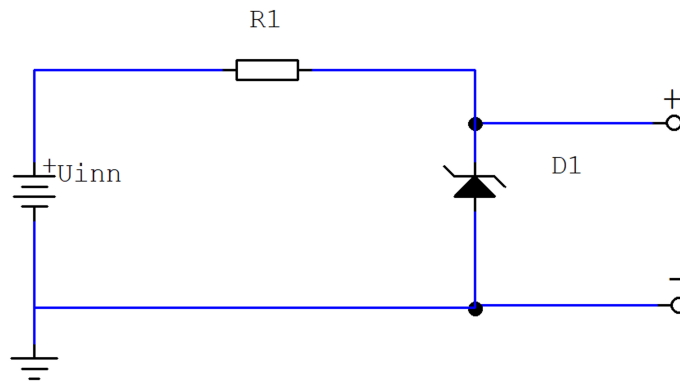


Figur 3.14: Krets for spenningsstabilisering

Oppgave 23.

Zenerdioden i kretsen som vist i Figur 3.15 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.

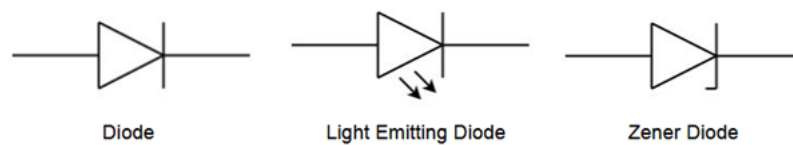


Figur 3.15: Krets for spenningsstabilisering

3.1.3 Løsningsforslag

Løsningsforslag oppgave 1.

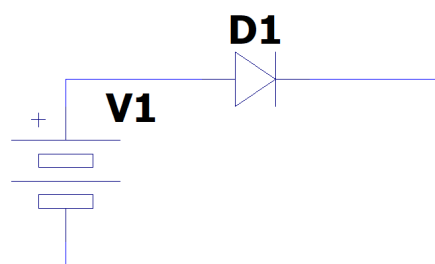
Symboler vist i Figur 3.16.



Figur 3.16: Eksempel på forskjellige symboler for dioder.

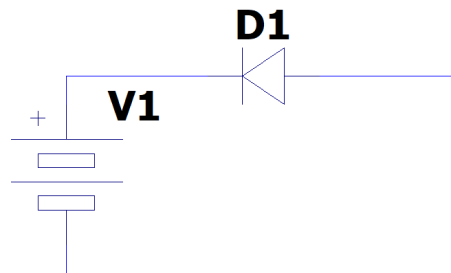
Løsningsforslag oppgave 2.

- i) Diode koblet slik at den leder strøm



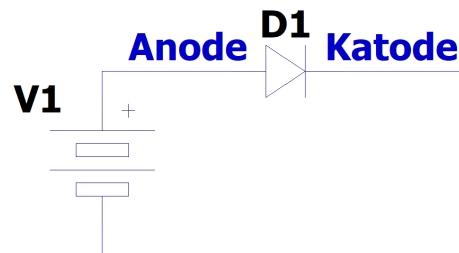
Figur 3.17: Diode koblet i lederetning

- ii) Diode koblet slik at den ikke leder strøm



Figur 3.18: 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 3.19: Anode og katode på diode

- iv) Dersom dioden leder er katoden koblet til den negative siden av kilden som vist i Figur 3.19
- 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].

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

Strømmen resistansen skal sørge for å begrense strømmen i kretsen til 15[mA]. Finner størrelsen på resistansen

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

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.

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]

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

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} .

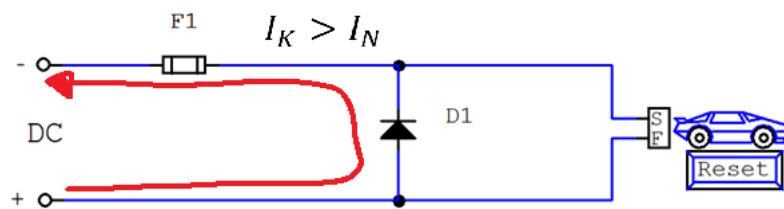
$$U_{D_{tot}} = U_{D1-D4} + U_{D9} + U_{D10} = 2,8 + 0,7 + 0,7 = 4,2[V]$$

Løsningsforslag oppgave 11.

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

Løsningsforslag oppgave 12.

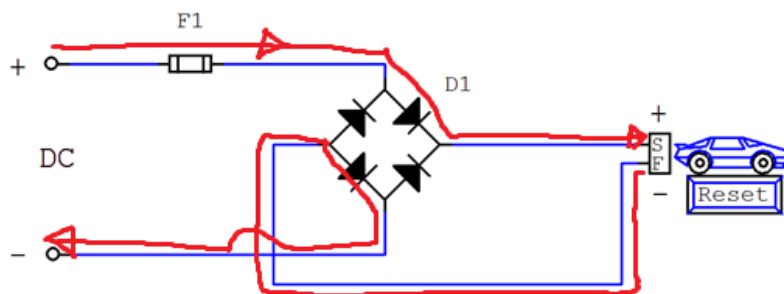
Under vanlige driftsforhold og korrekt polaritet så vil dioden stå i sperreretning og det vil ikke bevege seg strøm gjennom den. Dersom man kobler feil polaritet som beskrevet i oppgaven så vil dioden befinne seg i lederetning. Siden dioden har en relativt lav motstand i lederetning, og strømmen naturlig 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 3.20.



Figur 3.20: Løsning på enkel ladekrets med sikring

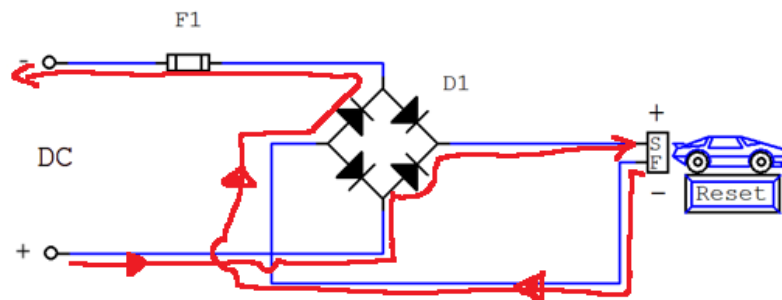
Løsningsforslag oppgave 13.

Det skjer ingenting siden bro-liketretteren snur polariteten og sørger for riktig polaritet til bilen. I Figur 3.21 kan man observere retningen på strømmen under nominelle forhold, og i Figur 3.22 kan man observere hva som skjer dersom man bytter polaritet.



Figur 3.21: Løsning på ladekrets under nominelle forhold

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



Figur 3.22: 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.

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

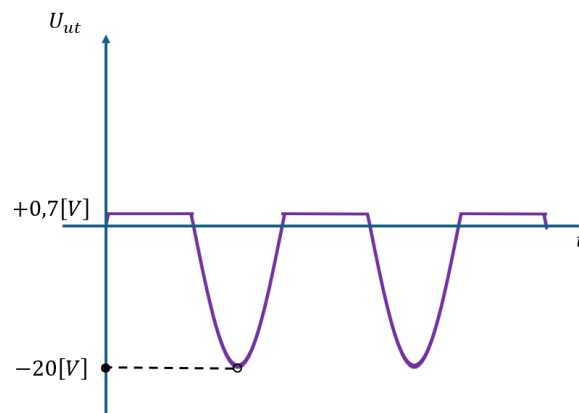
Løsningsforslag oppgave 15.

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 3.23: 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.

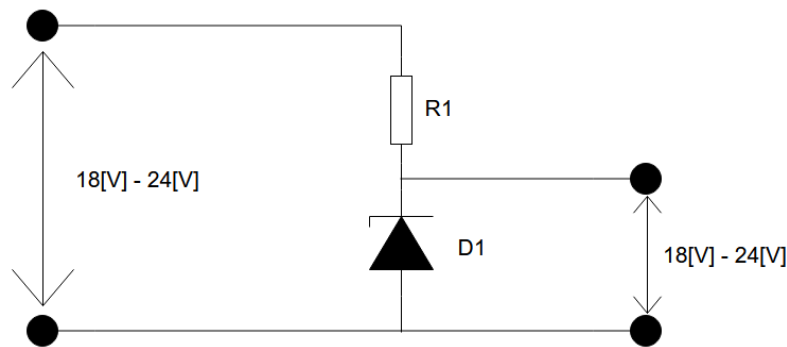
Zenerdiodens merke-effekt og merkestrøm. Om man går over disse grenseverdiene vil zenerdioden kunne bli skadet.

Løsningsforslag oppgave 19.

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

Løsningsforslag oppgave 20.

- i) Figur 3.24 viser ett eksempel på hvordan kretsen kan tegnes.



Figur 3.24: 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) Beregner først det største spenningsfallet vi kan ha over resistansen R_1 .

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

Beregner 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}

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

Beregner 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 totalte strømmen som går gjennom kretsen ved merkeeffekt på dioden.

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

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.

Verstetilfelle og dimensjonerende 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.

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

3.2 Tyristor, triac og diac

Dette er tyristorarket

3.2.1 Oppgaver

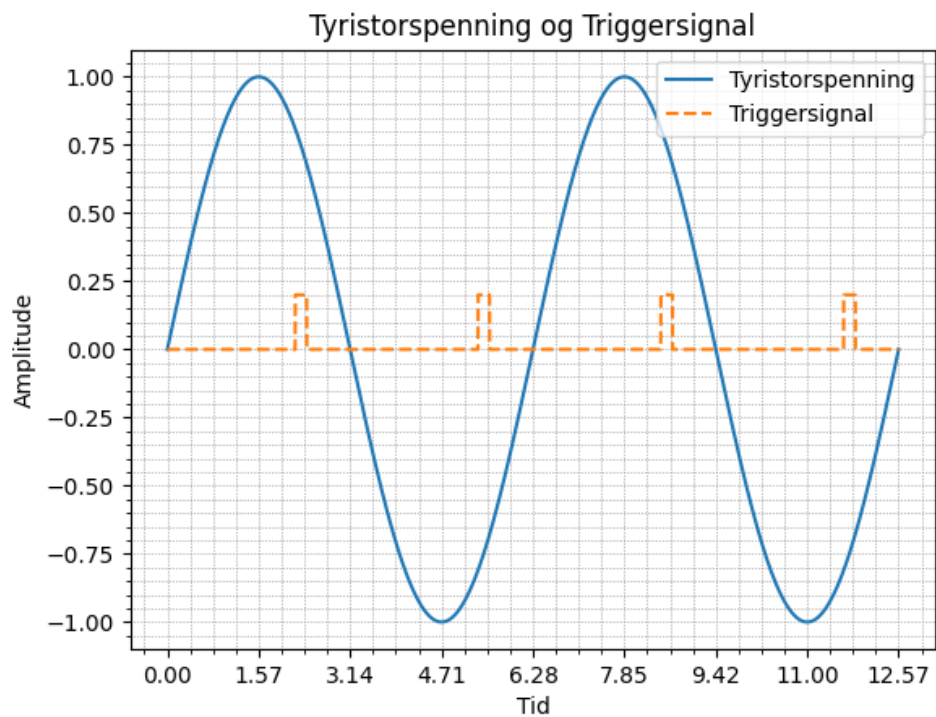
Spørsmål 24.

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?

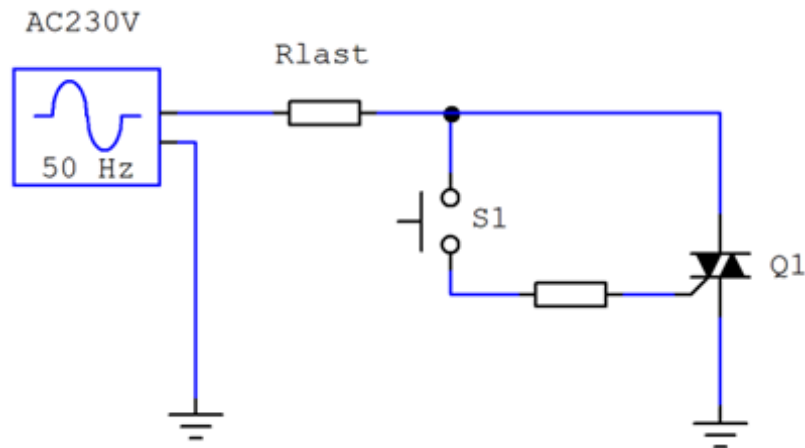
Spørsmål 26.



Figur 3.25: Tyristor med triggersignal

Spørsmål 27.

Beskriv funksjon til TRIAC koblingen i kretsen som vist i Figur 3.26.



Figur 3.26: Triac krets med impulsbryter

3.2.2 Løsningsforslag

Løsningsforslag 24.

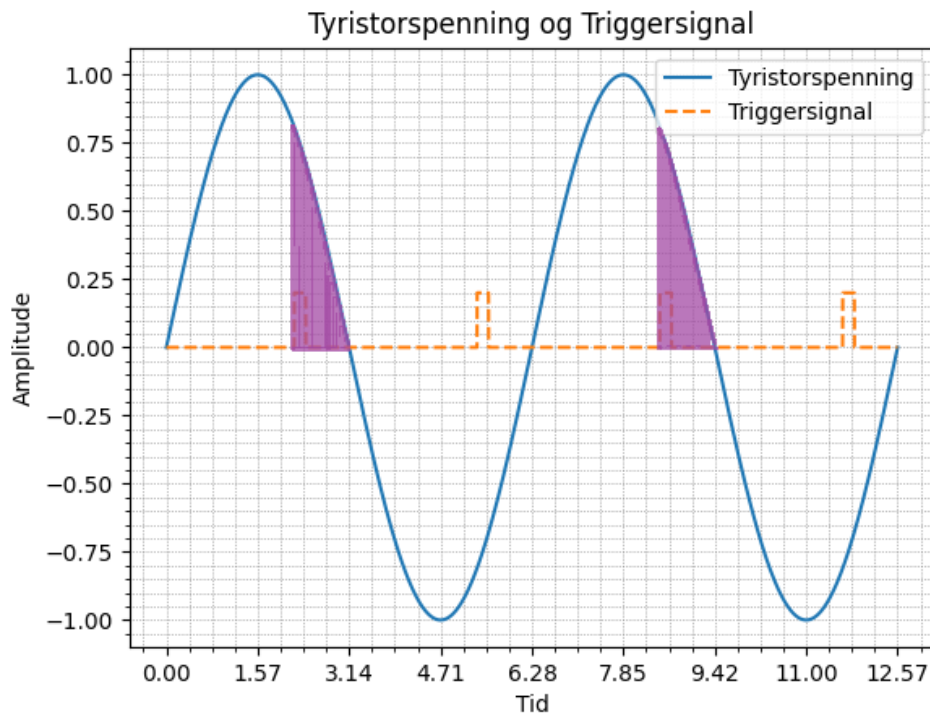
Ved å bryte hovedstrømmen

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 3.27 kan man se hvordan tyristoren starter å lede ved positiv halvperiode og når den får triggersignal. Tyristoren slutter å lede ved nullgjennomgangen.



Figur 3.27: Tyristor med triggersignal

Løsningsforslag 27.

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 3.1.

$$U_{ind} = L \cdot \frac{dI_{ind}}{dt} \quad (3.1)$$

3.3 BJT transistor

3.4 FET transistor

3.5 Forsterker i praksis

3.6 Måleteknikk

Bibliografi

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

A. LED Datasheet

Datablad fra en standard LED [1].

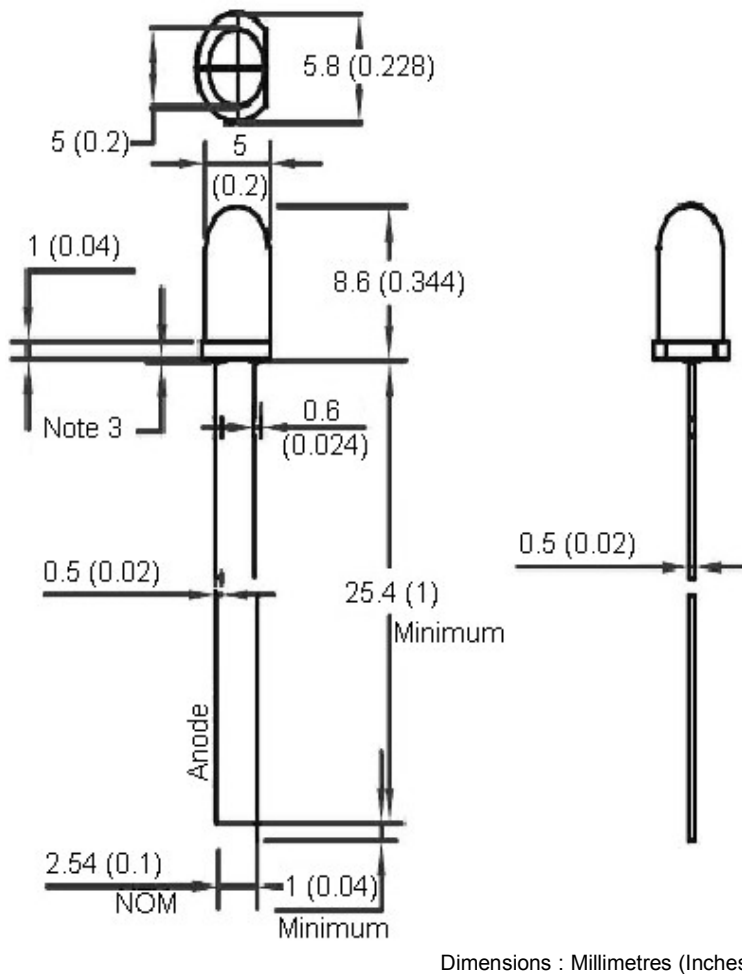
Standard LED

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:

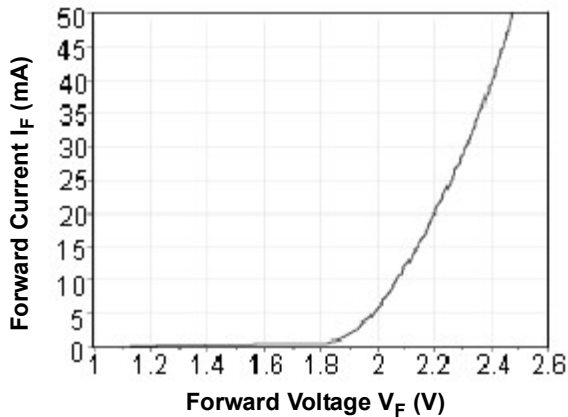
1. Luminous intensity is measured with a light sensor and filter combination that approximates the CIE eye-response curve
2. $\theta_{1/2}$ is the off-axis angle at which the luminous intensity is half the axial luminous intensity
3. The dominant wavelength (λ_d) is derived from the CIE chromaticity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

Standard LED

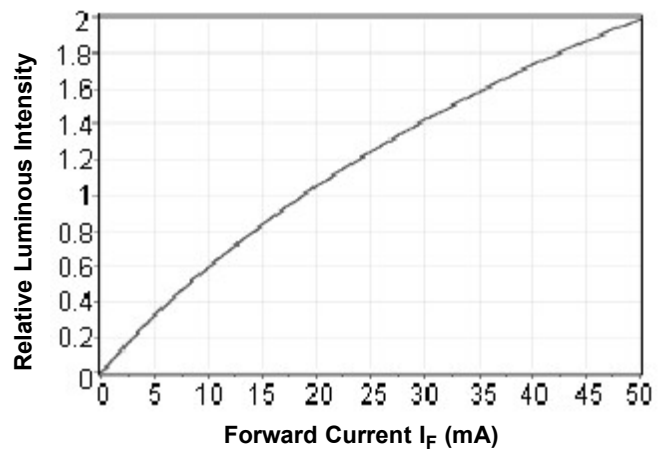
Red Emitting Colour

Typical Characteristics

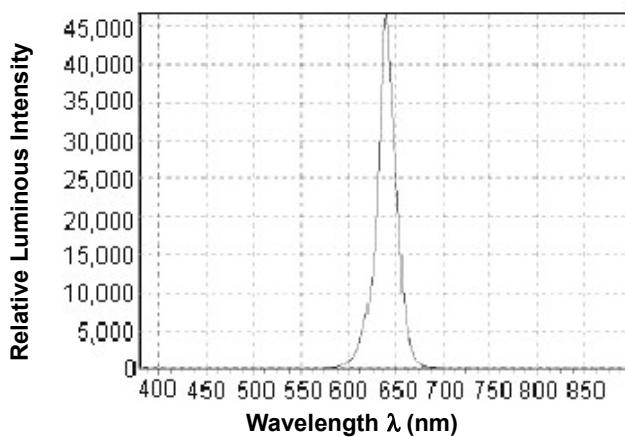
$I_F - V_F$ ($T_a = 25^\circ\text{C}$)



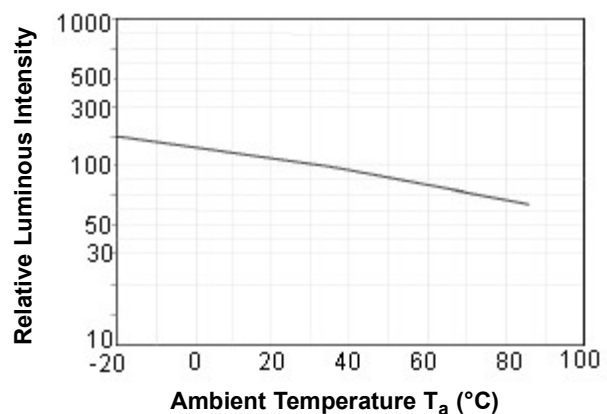
Relative Luminous Intensity - I_F ($T_a = 25^\circ\text{C}$)



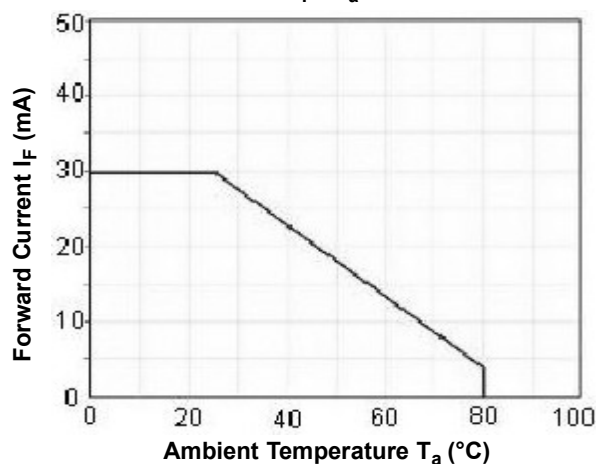
Wavelength Characteristics ($T_a = 25^\circ\text{C}$)



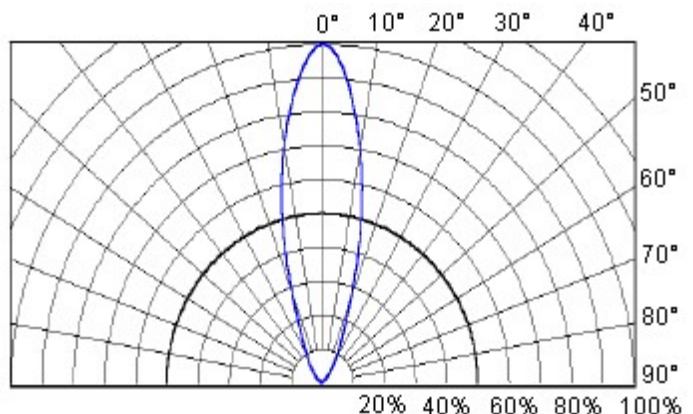
Relative Luminous Intensity - T_a



$I_F - T_a$



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.