

Elektroniske systemer

Øvingsoppgaver for analoge komponenter og måleteknikk i emnet elektroniske systemer

Carl Magnus Bøe

17. april 2025



Fagskolen Viken
01TE00F EITKELFH24
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	Oppgaver	4
3.1.2	Løsningsforslag	12
3.2	Tyristor, triac og diac	21
3.3	BJT transistor	21
3.4	FET transistor	21
3.5	Forsterker i praksis	21
3.6	Måleteknikk	21

Kapittel 1

Introduksjon

Dette kapittelet 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.

Kapittel 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

Kapittel 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 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 $15[V]$.

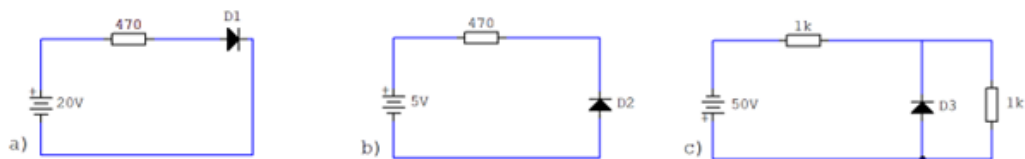
Beregn størrelsen på seriemotstanden til dioden.

Oppgave 5.

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 6.

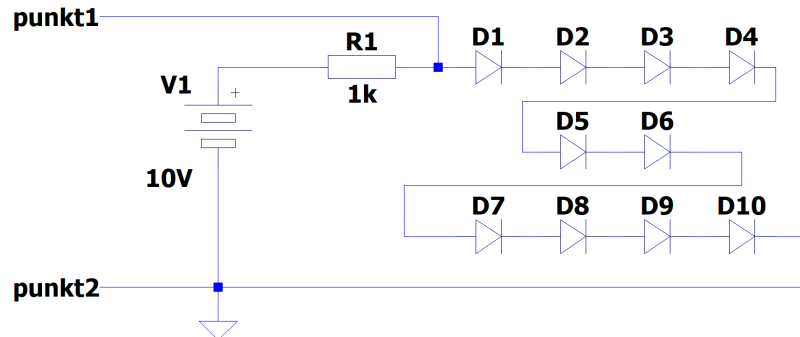
Hvilken av kretsene vist i Figur 3.1 er koblet slik at dioden står i lederetning?



Figur 3.1: Tre forskjellige diodekretser

Oppgave 7.

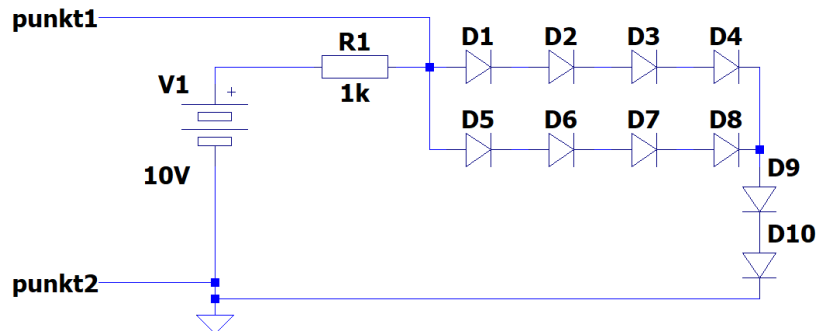
Hvilken spenning vil man måle mellom punkt1 og punkt2 i Figur 3.2.



Figur 3.2: Krets med 10 dioder i serie

Oppgave 8.

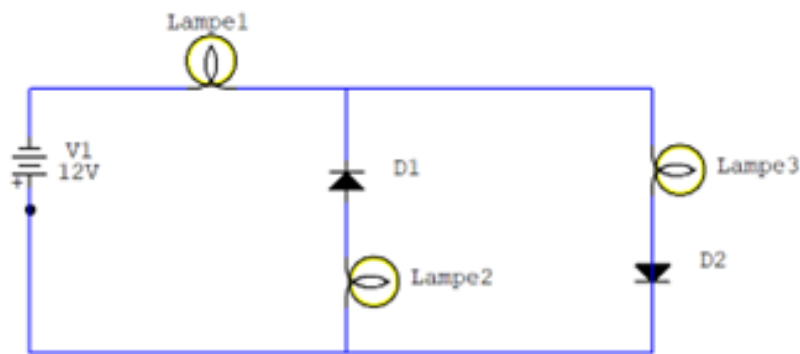
Hvilken spenning vil man måle mellom punkt1 og punkt2 i Figur 3.3



Figur 3.3: Krets med dioder i serie og parallell

Oppgave 9.

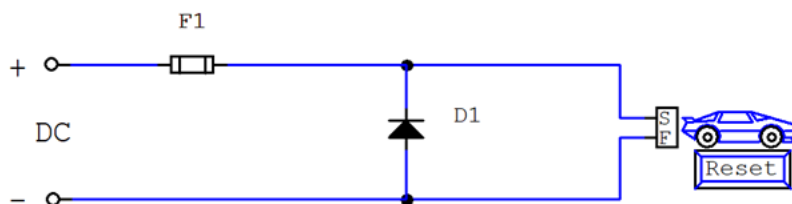
Hvilke lamper lyser i Figur 3.4?



Figur 3.4: Lampekrete

Oppgave 10.

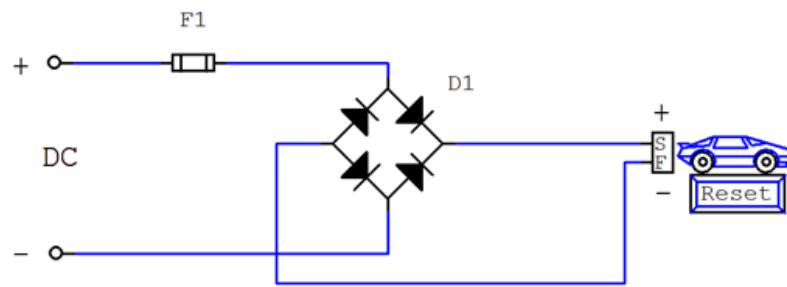
Din elektriske sportsbil får tilført en likespenning fra en hurtiglader som vist i 3.5. Hva skjer dersom likespenningen fra spenningskilden blir koblet til med feil polaritet?



Figur 3.5: Enkel ladekrets med sikring

Oppgave 11.

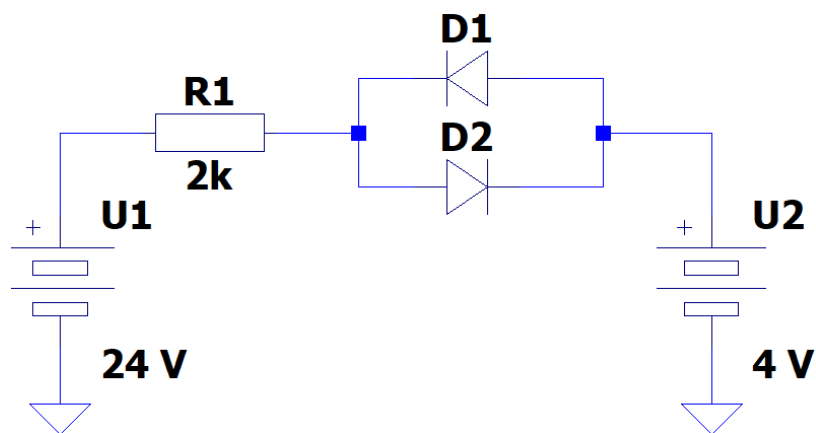
Din elektriske sportsbil får tilført en likespenning fra en nå oppgradert hurtiglader sammenlignet med løsningen vist i Figur 3.6. Hva skjer nå dersom spenningskilden blir koblet med feil polaritet?



Figur 3.6: Ladekrets med brolikeretter

Oppgave 12.

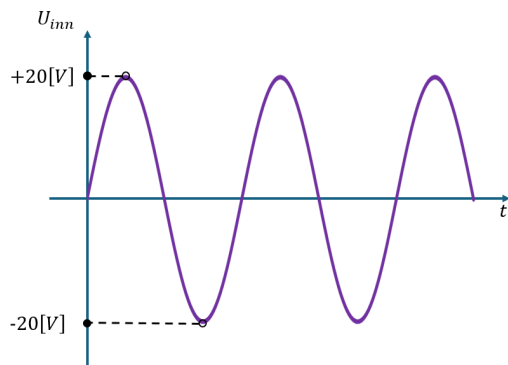
Beregn strømmen i kretsen som er vist i Figur 3.7.



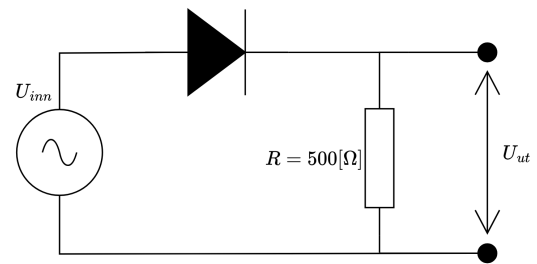
Figur 3.7: Diodekrets med to kilder

Oppgave 13.

Gitt det påtrykte signalet vist i Figur 3.8, beregn den maksimale strømmen og spenning for kretsen vist i Figur 3.9.



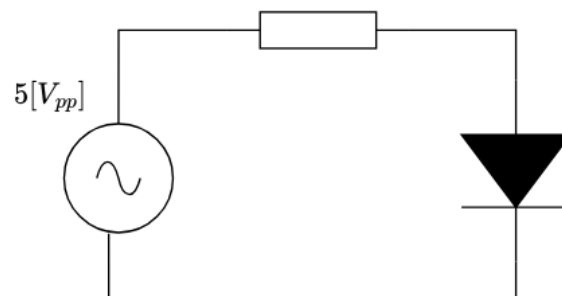
Figur 3.8: Signal på inngangen



Figur 3.9: Enkel diodekrets

Oppgave 14.

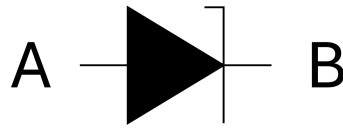
Tegn hvordan spenningen over dioded i Figur 3.10 endrer seg med tiden for to hele perioder.



Figur 3.10: Enkel diodekrets

Zenerdioder**Oppgave 15.**

Hvilken side er katode, og hva heter den andre siden vist i Figur 3.11.



Figur 3.11: Symbol for Zenerdiode

Oppgave 16.

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

Oppgave 17.

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

Oppgave 18.

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 $7,5[V]$

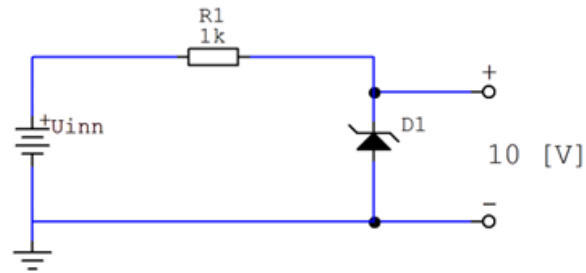
Oppgave 19.

Kretsen vist i Figur 3.12 viser en zenerdiodekrets konstruert for å holde spenningen ut stabil på $10[V]$. I følge databladet til zenerdioden har den følgende data:

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

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

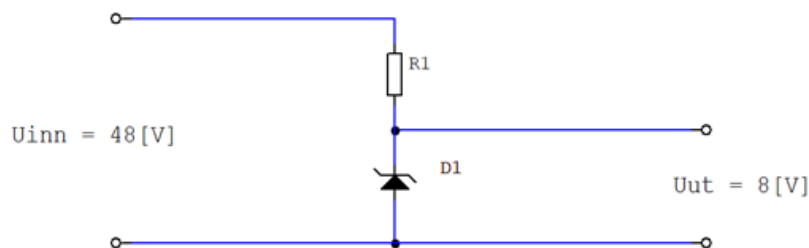
- i) Beregn den maksimale spenningen for U_{inn}
- ii) Beregn den minste spenningen for U_{inn}



Figur 3.12: Krets for spenningsstabilisering

Oppgave 20.

Zenerdioden vist i Figur 3.13 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.

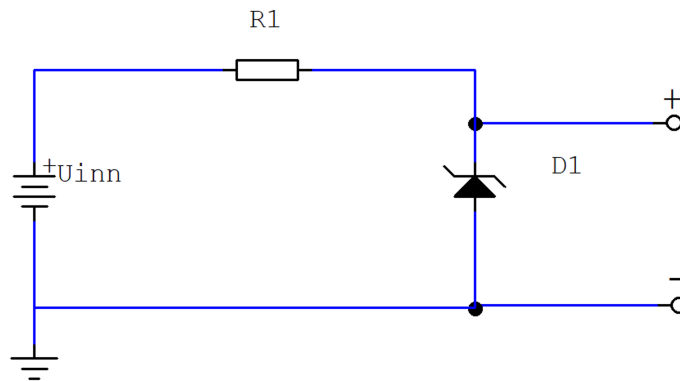


Figur 3.13: Krets for spenningsstabilisering

Oppgave 21.

Zenerdioden i kretsen som vist i Figur 3.14 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 3.14: Krets for spenningsstabilisering

Oppgave 22.

Oppgave 23.

Oppgave 24.

Oppgave 25.

Oppgave 26.

Oppgave 27.

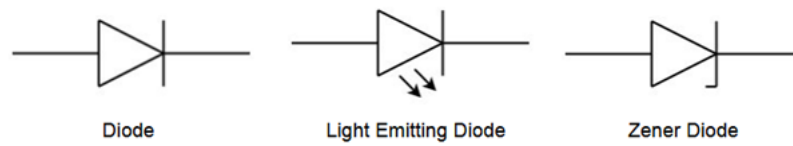
Oppgave 28.

Oppgave 29.

3.1.2 Løsningsforslag

Løsningsforslag oppgave 1.

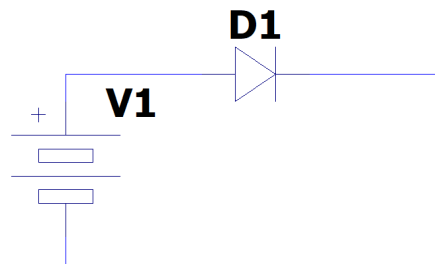
Symboler vist i Figur 3.15.



Figur 3.15: Eksempel på forskjellige symboler for dioder.

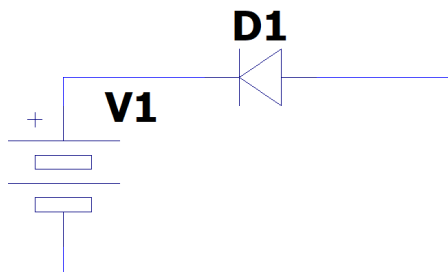
Løsningsforslag oppgave 2.

i) Diode koblet slik at den leder strøm



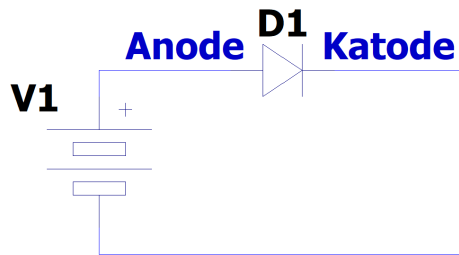
Figur 3.16: Diode koblet i lederetning

ii) Diode koblet slik at den ikke leder strøm



Figur 3.17: 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 3.18: Anode og katode på diode

- iv) Dersom dioden leder er katoden koblet til den negative siden av kilden som vist i Figur 3.18
- v) Zenerspenning er spenningen hvor en zenerdiode begynner å lede strøm i sperre-retning, 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.

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

Løsningsforslag oppgave 6.

Krets a) og c)

Løsningsforslag oppgave 7.

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 8.

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} .

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

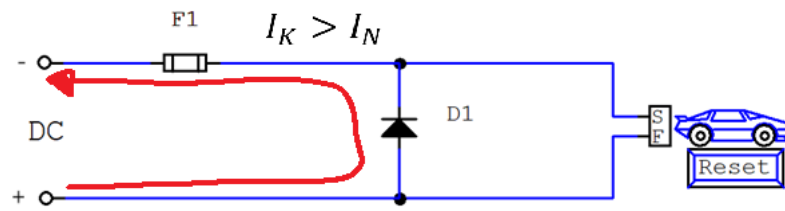
Løsningsforslag oppgave 9.

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

Løsningsforslag oppgave 10.

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 3.19.

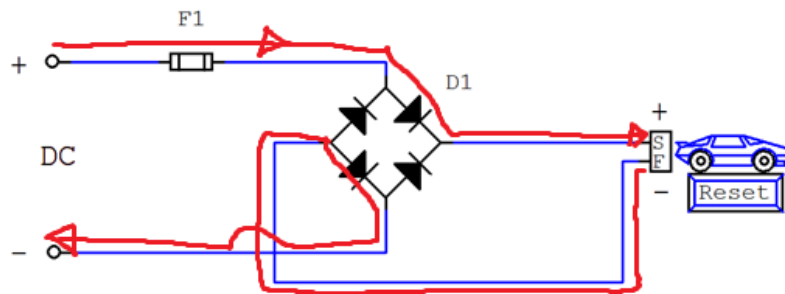
¹Tegnet betyr mye større enn. Eksempel: $9 \cdot 10^9 \gg 1 \cdot 10^{-10}$



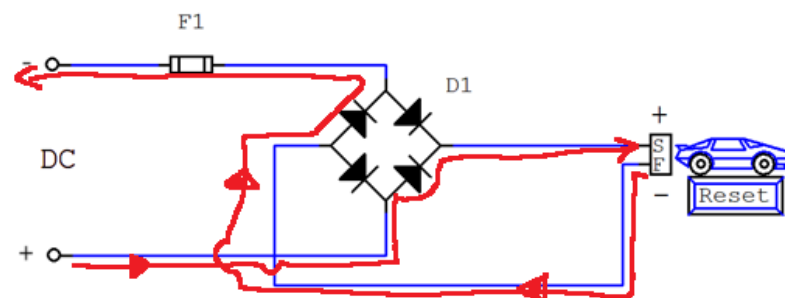
Figur 3.19: Løsning på enkel ladekrets med sikring

Løsningsforslag oppgave 11.

Det skjer ingenting siden bro-likeretteren snur polariteten og sørger for riktig polaritet til bilen. I Figur 3.20 kan man observere retningen på strømmen under nominelle forhold, og i Figur 3.21 kan man observere hva som skjer dersom man bytter polaritet.



Figur 3.20: Løsning på ladekrets under nominelle forhold



Figur 3.21: Løsning på ladekrets med feil polaritet

Løsningsforslag oppgave 12.

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

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

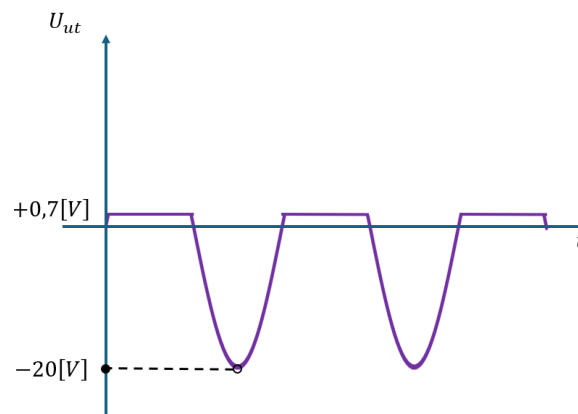
Løsningsforslag oppgave 13.

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 14.

Figur 3.22: Løsning på enkel diodekrets

Løsningsforslag oppgave 15.

A er anode mens B er katode.

Løsningsforslag oppgave 16.

- 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.

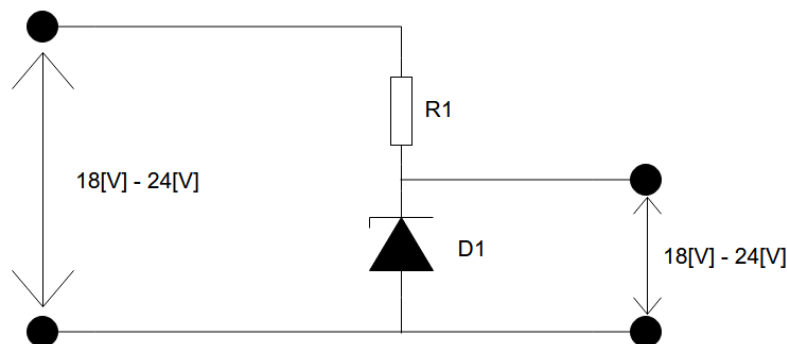
Zenerdiodens merke-effekt og merkestrøm. Om man går over disse grenseverdiene vil zenerdioden kunne bli skadet.

Løsningsforslag oppgave 17.

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

Løsningsforslag oppgave 18.

- i) Figur 3.23 viser ett eksempel på hvordan kretsen kan tegnes.



Figur 3.23: 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 19.

- 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 20.

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

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

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 21.

Verstetilfe 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.

$$P_{zen} = U_{zen} \cdot I_{zen} = 5,1 \cdot 150 \cdot 10^{-3} = 765[mW]$$

Løsningsforslag oppgave 22.**Løsningsforslag oppgave 23.****Løsningsforslag oppgave 24.****Løsningsforslag oppgave 25.****Løsningsforslag oppgave 26.****Løsningsforslag oppgave 27.****Løsningsforslag oppgave 28.****Løsningsforslag oppgave 29.**

3.2 Tyristor, triac og diac

Spørsmål 30.

Tegn symbolene for følgende komponenter.

- i Halvlederdiode
- ii LED
- iii Zenerdiode

Løsningsforslag 30.

tatata

3.3 BJT transistor

3.4 FET transistor

3.5 Forsterker i praksis

3.6 Måleteknikk