

FYS1210

Robin A. T. Pedersen Dawid P. Kuleczko

February 3, 2016

Contents

1	Forord	3
2	Uke 3	3
2.1	Elektrisitet	3
2.1.1	Ladning	3
2.1.2	Strøm	4
2.1.3	Spenning	4
2.2	Leder og isolator	5
2.2.1	Komponenter	5
2.2.2	Ledere	6
2.3	Ohms lov	6
2.4	Serie- og parallellkobling	7
2.4.1	Seriekobling	7
2.4.2	Parallellkobling	7
2.5	Kirchhoff	7
2.5.1	Kirchhoffs lov om strømmer	7
2.5.2	Kirchhoffs lov om spenninger	8
2.5.3	Spenningsdeler	8
2.6	Superposisjon	8
2.6.1	Eksempel	8
3	Uke 4	11
3.1	Thevenins Teorem	11
3.1.1	Last-analyse	11
3.1.2	Eksempel	12
3.1.3	Nortons Teorem	13
3.2	Spenningskilder - Batterier	13
3.2.1	Virkemåte	13
3.2.2	Maksimal effektoverføring	14
3.2.3	Motstand og temperatur	15
3.3	Fysikalsk elektronikk	15
3.3.1	Valensbånd	15
3.3.2	Ledningsevne	16

3.3.3	Eksitasjon	16
3.4	Doping	17
3.4.1	n-type	17
3.4.2	p-type	18
3.5	Vekselstrøm	18
3.5.1	Begreper	18
3.5.2	Root mean square	19
3.6	DC-Offset	19
3.7	Pulser	19
3.7.1	Begreper	19
3.7.2	Firkantbølge fra sinusbølger	20
4	Uke 5	22
5	Uke 6	23
6	Uke 7	23
7	Uke 8	23
8	Uke 9	23
9	Uke 10	23
10	Uke 11	23
11	Uke 12	23
12	Uke 13	23
13	Uke 14	23
14	Uke 15	23
15	Uke 16	23
16	Uke 17	23
17	Uke 18	23
18	Uke 19	23
19	Uke 20	23
20	Uke 21	23
21	Uke 22	23
22	Uke 23	23

1 Forord

Dette dokumentet er hovedsaklig skrevet for meg selv i et forsøk på å tvinge hjernen min til å behandle informasjonen inneholdt i pensum. Kanskje vil det bli noe andre kan bruke hvis de ikke gidder å lese hele læreboka, eller det kan brukes som oppsummering før eksamen?

Jeg har kanskje vært litt lat og utålmodig på visse deler, så bjørn med meg.

Se etter feil og rapporter dem hvis du gidder.

2 Uke 3

Kap. 1, s.27-40

Kap. 3, s.76-77

Kap. 4, s.97-118

Kap. 5, s.131-141

Kap. 7, s.194-203

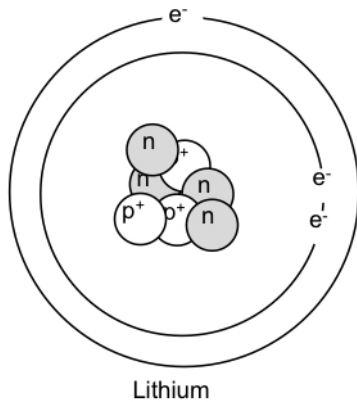
2.1 Elektrisitet

2.1.1 Ladning

Atomet

Vi vet fra ungdomsskolen at atomer består av protoner, nøytroner og elektroner. Elektronene e^- er negativt ladet og protonene p^+ positivt. Protoner og nøytroner er i atomets kjerne, mens elektronene ligger i "yttre skall".

Et ion er et atom med enten flere elektroner enn protoner, eller motsatt. Hvis det er flertall av elektroner kalles ionet negativt ladet.



Bohr model of Lithium (Li)

Enhet

SI enheten for ladning er Coulomb (C).

$$1 \text{ C} = 6.24 \times 10^{18} e$$

Hvor e står for elementærladning, den elektriske ladningen til et proton.

Ladning er rett og slett en egenskap en partikkel kan ha som spiller en rolle i elektromagnetisk kraft.

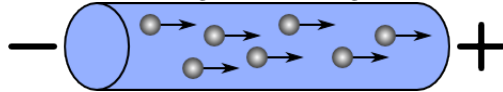
2.1.2 Strøm

Frie elektroner i bevegelse

Hvis et elektron slipper løs fra et atom kan det bevege seg fra et atom til et annet. Når slike "frie elektroner" beveger seg gjennom en ledning har vi det som kalles elektrisk strøm.

Strømretningen er definert som den retningen elektronene beveger seg. Altså fra negativ til positiv.

NB! Det har lenge vært vanlig å definere strømretningen motsatt fra dette.



Enhet

Strøm måles etter hvor mange ladninger som passerer et punkt i løpet av et sekund. SI enheten for strøm er Ampere (A)

$$1 \text{ A} = C/s$$

AC/DC

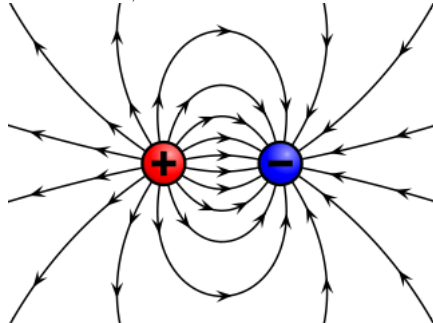
AC, alternating current, vekselstrøm "skifter retning" med en gitt frekvens.

DC, direct current, likestrøm har kun én retning.

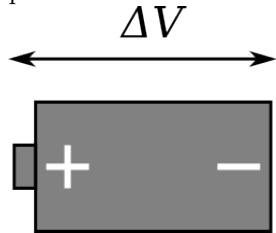
2.1.3 Spenning

Potensiale

Negativt ladde partikler har en tiltrekkende kraft og positive partikler har en frastøtende kraft. Hvis du plasserer en negativ og en positiv partikkel ved siden av hverandre vil de bli tiltrukket av hverandre. På samme måte vil to like partikler frastøte hverandre.



Et batteri har en negativ og en positiv pol. Det vil være potensiale for en elektromagnetisk kraft som trekker de ladde partiklene mot hverandre. Dette potensialet er hva som kalles spenning.



Enhet

SI enheten for spenning er volt (V)

$$1 \text{ V} = J/C$$

Hvor J står energienheten Joule og C er Coulomb.

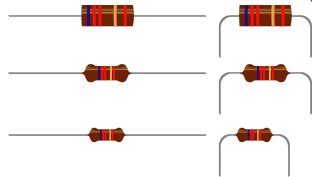
2.2 Leder og isolator

2.2.1 Komponenter

Motstand

En motstand, også kalt resistor, er en komponent som begrenser strømmen. Tenk på det som en kran du skrur igjen for å begrense antall elektroner som flyter forbi. Det refererer også til et stoffs begrensede ledningsevne.

Motstand noteres som R (for resistance) og måles i ohm Ω .



Kondensator

En kondensator (engelsk: capacitor) er litt som et batteri, fordi den lagrer elektrisk energi.



Spole

En spole (engelsk: inductor) motstår forandring i strøm. Det er likheter mellom funksjonen til en spole og en kondensator, men måten de fungerer på er forskjellig. Mer om både kondensator og spole i senere kapitler.

2.2.2 Ledere

Leder

Ledere er materialer med liten motstand. Gode eksempler på ledere er metaller med et enslig elektron i sitt ytterste skall. Da er det lettere for elektroner å eksitere fra valensbåndet opp til ledningsbåndet. I disse materialene er det et mindre energigap mellom disse energibåndene.

Isolator

Isolatorer leder ikke strøm (ved mindre du *virkelig* påfører strøm). Kjennetegnet for isolatorer er at de har ekstremt høy motstand.

Halvleder

En halvleder har egenskaper midt i mellom ledere og isolatorer. De leder strøm dårligere enn ledere, men ikke så dårlig som isolatorer. Halvledere brukes bla. i transistorer og dioder og gjorde integrerte kretser mulig.

2.3 Ohms lov

Kort fortalt: Mer spenning gir mer strøm! Mer motstand gir mindre strøm.

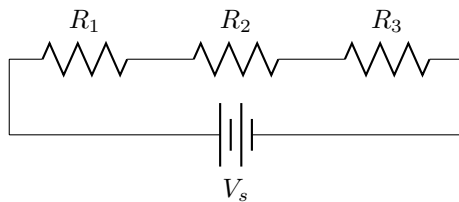
Finere fortalt: Elektrisk strøm er direkte proporsjonal med spenning og omvendt proporsjonal med motstand.

$$U = R \cdot I$$

U = spenning R = motstand I = strøm

2.4 Serie- og parallellkobling

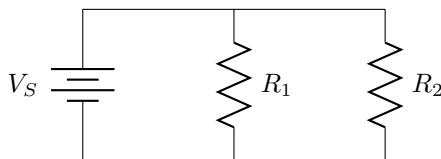
2.4.1 Seriekobling



I denne kretsen er 3 motstander koblet sammen i serie. Den totale motstanden i en seriekobling er gitt ved:

$$R_{total} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

2.4.2 Parallellkobling



Den totale motstanden i en parallellkobling gis via den *inverse* av totalen.

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

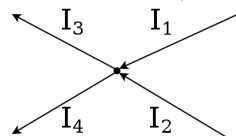
Tilfellet med kunn to motstander kan forenkles.

$$R_{total} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

2.5 Kirchhoff

2.5.1 Kirchhoffs lov om strømmer

Summen av strømmene rundt et knutepunkt er null. Eller sagt annerledes, summen av strømmene inn er lik summen av strømmene ut.

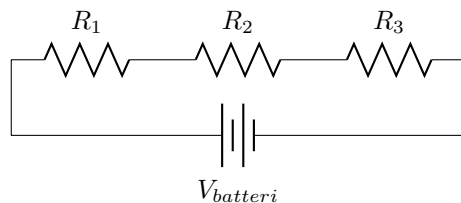


$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$$

2.5.2 Kirchhoffs lov om spenninger

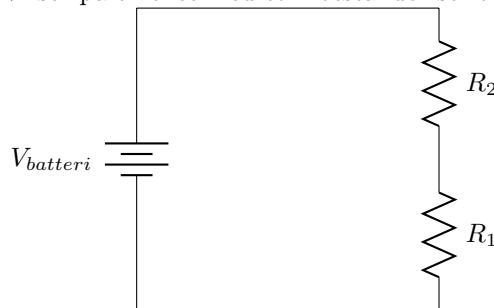
Summen av alle spenninger i en krets er null.

$$V_{batteri} = V_1 + V_2 + V_3$$



2.5.3 Spenningsdeler

Vi ser på tilfellet med to motstander seriekoblet til et batteri.



Hva er spenningen V_1 over motstanden R_1 ?

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot V_{batteri}$$

Du kan tenke på det som dette:

Hvor stor del av kake tar R_1 ? sin rettfærdige andel: $\frac{R_1}{R_1 + R_2}$

Hvor mye kake er det egentlig? $V_{batteri}$

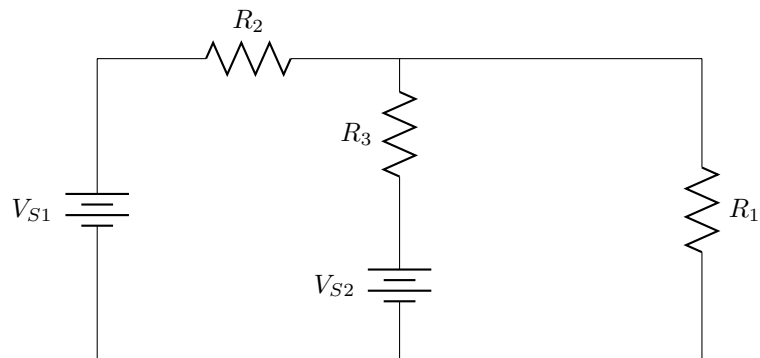
2.6 Superposisjon

Superposisjonsprinsippet brukes til å finne verdier i kretser med mer enn én spenningskilde. For å finne spenningen rundt en komponent ser man på bidraget fra én spenningskilde om gangen. Når bidraget fra alle kildene er funnet, legger man det sammen for å få totalverdien.

2.6.1 Eksempel

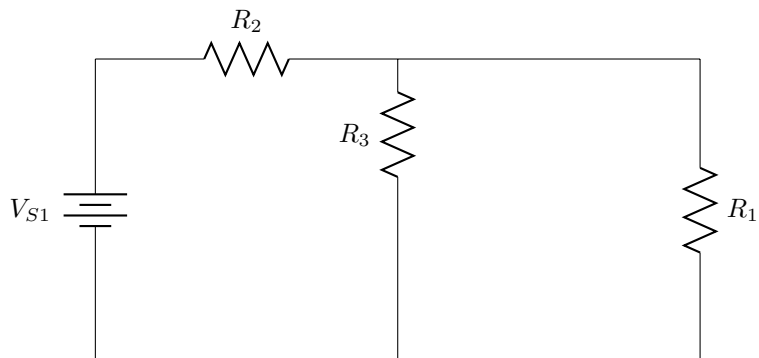
Krets med to spenningskilder

$$V_{S1} = 15 \text{ V}, \quad V_{S2} = 3 \text{ V}, \quad R_1 = R_2 = R_3 = 1 \text{ k}\Omega$$

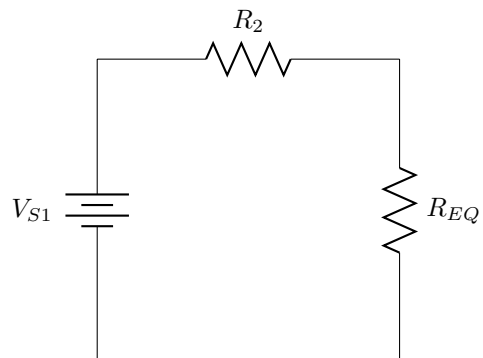


I denne kretsen er det to spenningskilder som begge bidrar til å skape spenning V_1 rundt motstanden R_1 .

Bidrag fra første spenningskilde



Vi later som den ene spenningskilden V_{S2} ikke eksisterer og regner ut bidraget fra V_{S1} .



Motstandene R_1 og R_3 danner en parallellkobling som vi kan betrakte som én motstand R_{EQ} .

Siden R_1 og R_3 er parallellkoblet får man R_{EQ} via den *inverse*.

$$\frac{1}{R_{EQ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3}$$

Eller, siden det bare er to motstander, via forenklingen.

$$R_{EQ} = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3} = \frac{1 \cdot 1}{1 + 1} = \frac{1}{2}$$

Spenningen over R_1 vil være den samme som over R_3 , fordi de er parallellkoblet.

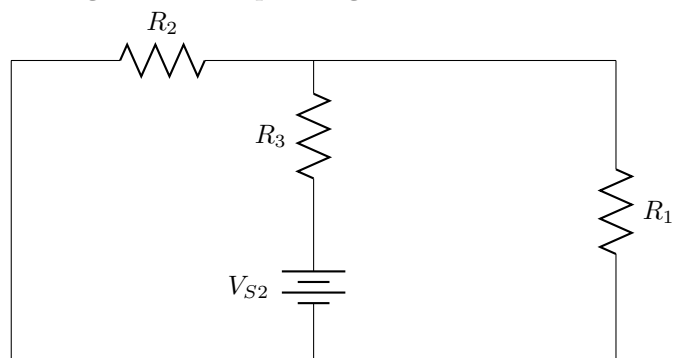
Det er den samme spenningen som over hele R_{EQ} .

Siden vi vil finne spenningen over R_1 holder det da å regne ut spenningen over R_{EQ} .

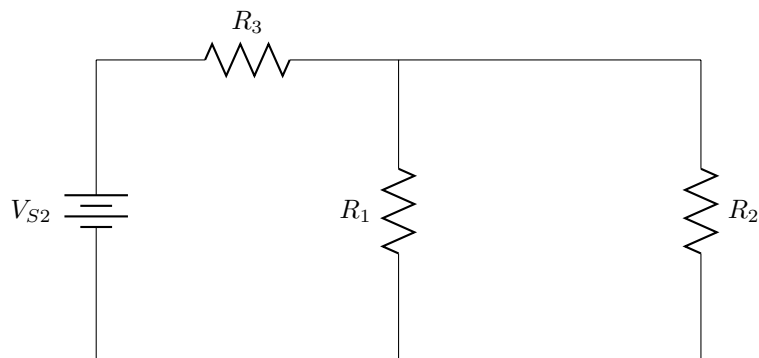
$$V_{EQ} = V_{1(S1)} = \frac{R_{EQ}}{R_{EQ} + R_2} \cdot V_{S1} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{2} + 1} \cdot 15 = 5 \text{ V}$$

$V_{1(S1)}$ er da den delen av spenningen V_1 forårsaket av V_{S1} .

Bidrag fra andre spenningskilde



Denne gangen later vi som V_{S1} ikke eksisterer.



Tegnet på en annen måte ser vi at R_1 og R_2 også danner en parallellkobling.

Den kan vi betrakte som R_{FQ} og regne ut på samme måte.

Totalmotstanden til R_{FQ} gis på samme måte som ista.

$$R_{FQ} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1}{2}$$

Spenningen over R_{FQ} er lik spenningen over R_1 som er lik spenningen over R_2 .

$$V_{FQ} = V_{1(S2) = \frac{R_{FQ}}{R_{FQ} + R_3} \cdot V_{S2} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{2} + 1} \cdot 3 = 1 \text{ V}$$

Total spenning!

Nå som vi har regnet ut begge bidragene $V_{1(S1)}$ og $V_{1(S2)}$ kan vi legge dem sammen og få den totale spenningen V_1 .

$$V_1 = V_{1(S1)} + V_{1(S2)} = 5 + 1 = 6 \text{ V}$$

3 Uke 4

Kap. 7, s.203-217

Kap. 9, s.247-279

Kap. 12, s.364-382

Kap. 13, s.389-413

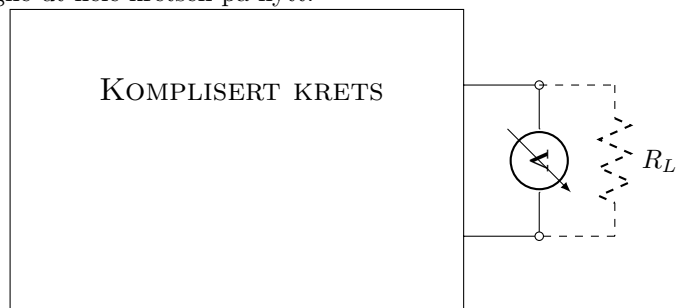
Kap. 15, s.462-500

Kap. 16, s.510-528

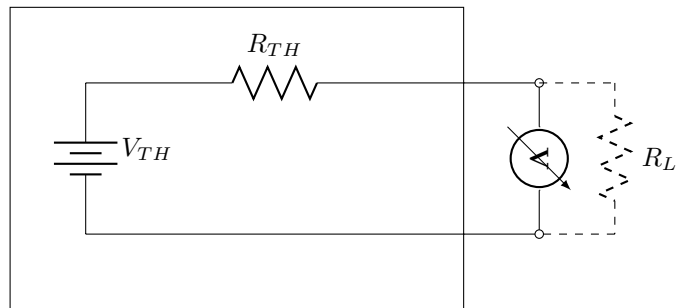
3.1 Thevenins Teorem

3.1.1 Last-analyse

Thevenins teorem er en regneteknikk hvor du kan betrakte noe komplisert som noe enkelt. Det brukes som regel for å regne på forskjellig last uten å måtte regne ut hele kretsen på nytt.



Alle topolede, lineære nettverk (krets)...

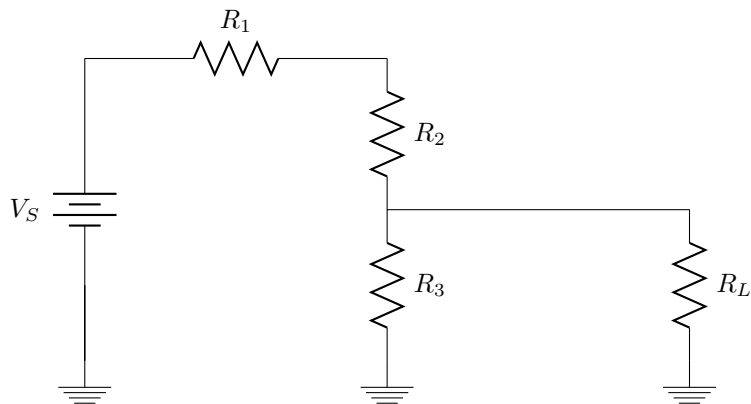


...kan erstattes med en spenningskilde V_{TH} og en motstand R_{TH} .

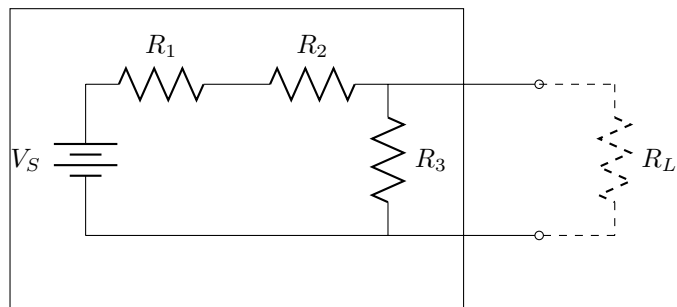
V_{TH} =Spenningen over polene uten last.

R_{TH} =Motstand over polene når alle spenningskilder er kortsluttet og alle strømmer brutt.

3.1.2 Eksempel



Denne kretsen kan skrives om til å ligne på beskrivelsen av Thevenin ovenfor.



Vi regner ut V_{TH} :

Spennning målt over polene uten last, tilsvarer å måle spenning rundt R_3 .

(Husk at R_1 og R_2 står i serie)

$$V_{TH} = V_3 = \frac{R_3}{(R_1 + R_2) + R_3} \cdot V_S$$

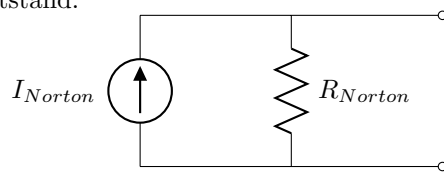
Vi regner ut R_{TH} :

Motstand over polene når spenningskilder er kortsluttet, blir som å betrakte kretsen som en parallellkobling.

$$R_{TH} = \frac{(R_1 + R_2)R_3}{(R_1 + R_2) + R_3}$$

3.1.3 Nortons Teorem

Nortons teorem bygger videre på thevenins teorem. Det sier at enhver krets, uansett hvor kompleks, kan representeres med en strømkilde i parallell med en motstand.



3.2 Spenningskilder - Batterier

3.2.1 Virkemåte

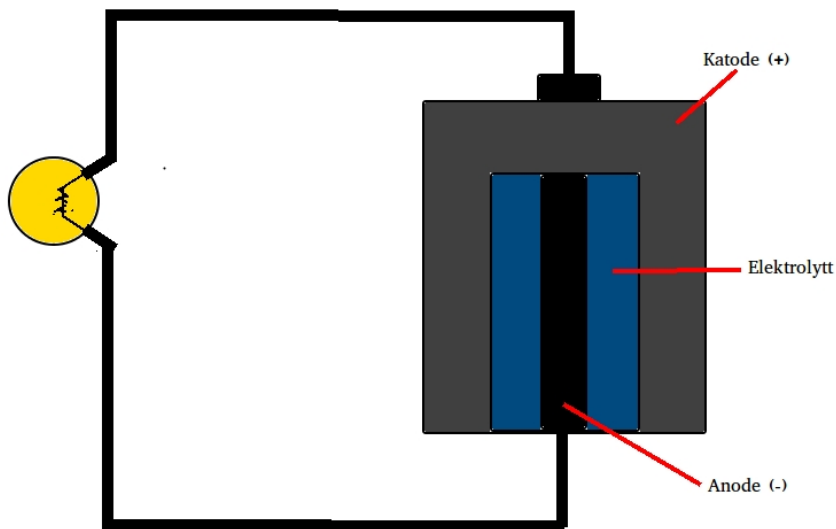
Pensum I fys12010 er å kunne beskrive hvordan et batteri fungerer.

Batterier deles i to grupper: oppladbare batterier og engangsbatterier. I fys1210 skal vi se nærmere på engangsbatterier.

Det finnes mange typer engangsbatterier som blant annet: Sink-karbon batterier, alkaliske batterier og lithium batterier. Men de fleste batteriene er bygget reativt likt:

Et batteri består av to elektroder, en anode som er negativ ladet og en katode som er positiv ladet. I tillegg har batteriet en elektrolytt som skiller disse fra hverandre. Dette er ofte en væske eller gele som kun leder ioner, men ikke elektroner.

Når man da kobler noe til batteriet, f.eks. en diode, slik at det blir en lukket krets så vil det oppstå en kjemisk reaksjon der elektroner fra anoden beveger seg over til katoden. Akkurat som vist på tegningen.



3.2.2 Maksimal effektoverføring

Ideell spenningskilde

En perfekt spenningskilde vil ha like stor spenning hele tiden, uavhengig av hvor mye strøm den leverer. I virkeligheten vil dette ikke være sant for en reell spenningskilde.

Strømmen ut av en spenningskilde vil påvirkes av kildens indre motstand (tenk thevenin). Eksempel på indre motstand:

Lommelyktbatteri: 1 til 10 Ω .

Bilbatteri: 0.01 til 0.004 Ω .

Maximum power!

Effekten P fra en spenningskilde maksimaliseres når man kobler på en lastmotstand som er *lik* kildens indre motstand.

$$R_L = R_I$$

Effekt er gitt ved ligningen

$$P = \frac{U^2}{R}$$

3.2.3 Motstand og temperatur

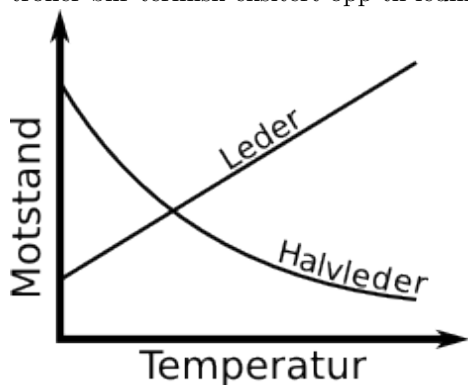
Motstand og ledningsevne påvirkes av temperaturforandring.

Ledere:

Motstanden i en leder har en positiv temperaturkoeffisient og *øker* med temperaturen. Det er fordi elektronene kolliderer med hverandre.

Halvledere:

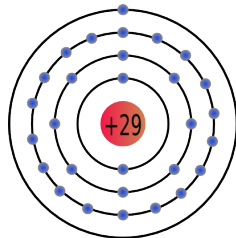
Motstanden har negativ temperaturkoeffisient og motstanden synker fordi elektroner blir termisk eksitert opp til ledningsbåndet.



3.3 Fysikalsk elektronikk

3.3.1 Valensbånd

Etter Niels Bohrs atommodell ligger elektroner i skall rundt atomkjernen.



Kobberatom med 29 protoner og 29 elektroner.

Skall 1: 2 elektroner

Skall 2: 8 elektroner

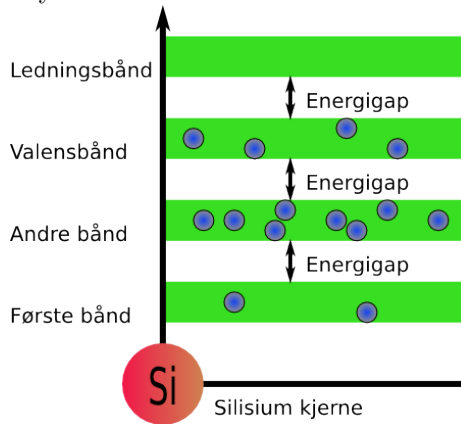
Skall 3: 18 elektroner

Skall 4: 1 elektron

Det ytterste elektronet har en svakere binding til kjernen og gjør at kobber leder strøm så godt.

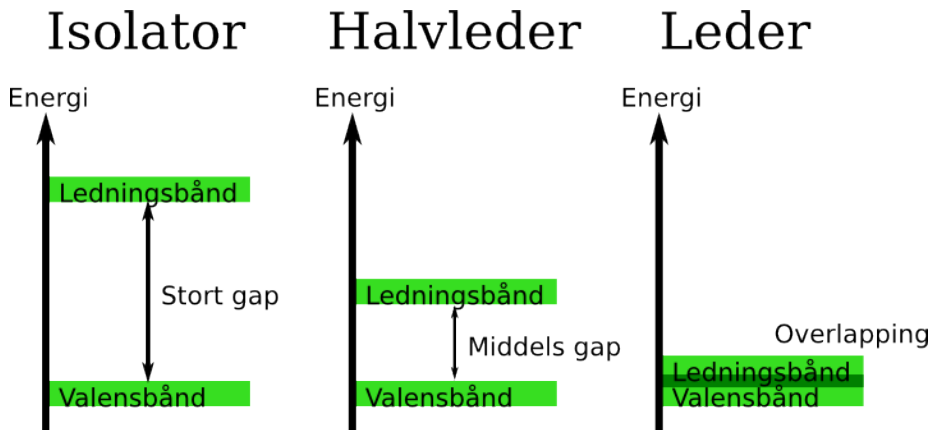
Energigap

Når man ser på de forskjellige energinivåene til disse skallene, kalles de for bånd. Det ytterste av disse båndene heter valensbåndet, og hvis et elektron her blir eksitert vil det komme opp i ledningsbåndet. I ledningsbåndet kan elektronet "flyte vekk" fra atomet.



3.3.2 Ledningsevne

Energi-gapet mellom valensbåndet og ledningsbåndet kan variere for forskjellige stoffer. Store gap, som gjør det vanskelig for et elektron å nå ledningsbåndet, er karakteristisk for isolatorer. Tilsvarende er gapet mindre i halvledere. Og i ledere er det er overlapp mellom valensbåndet og ledningsbåndet, som gjør at det leder strøm ved romtemperatur.



3.3.3 Eksitasjon

For at elektroner skal hoppe fra valensbåndet, over energigapet, til ledningsbåndet, må det få tilført energi. Energien kan komme fra andre partikler (varme) eller

elektromagnetisk stråling (fotoner).

Bølgelengden λ som kreves for å eksiteres av et foton er

$$\lambda = \frac{hc}{E}$$

c = lyshastigheten = $3E8$ = målt i meter per sekund m/s

h = plancks konstant = $6.626E-34$ = målt i Joule ganger sekund = Js

E = energiforskjell til neste nivå = målt i elektronvolt = eV

Frekvensen f finner man ved

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

Og energien E ved

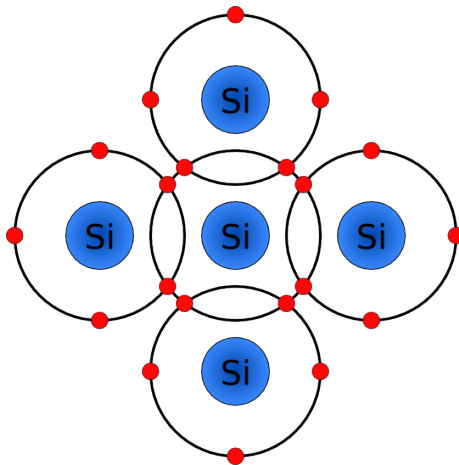
$$E = hf$$

3.4 Doping

Når man f.eks. lager transistorer bruker man dopa halvledere.

Halvledere som karbon, silisium og germanium har 4 valenselektroner som etter oktettregelen danner kovalente bindinger.

oktettregelen:
atomer
"ønsker" å
binde seg til
hverandre
s.a. de får
8 valenselek-
troner

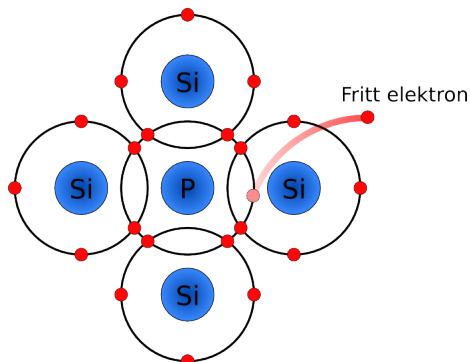


Silisium atomer i diamantstruktur

3.4.1 n-type

For å dope et stoff som ovenfor, tilsetter man atomer med 3 eller 5 valenselektroner.

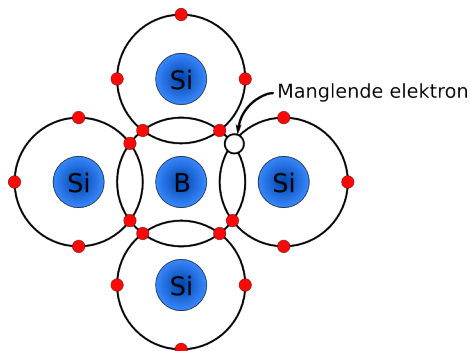
I n-type doping tilsettes atomer med 5 valenselektroner. Slike atomer kalles donor-atomer, da man får et ekstra elektron som kan flyte rundt.



Fosfor blandt silisium.

3.4.2 p-type

Akseptor-atomer med 3 valenselektroner gjør at det er "hull" der det skulle være et elektron. Disse hullene kan "ta imot" elektroner.



Bor blandt silisium.

3.5 Vekselstrøm

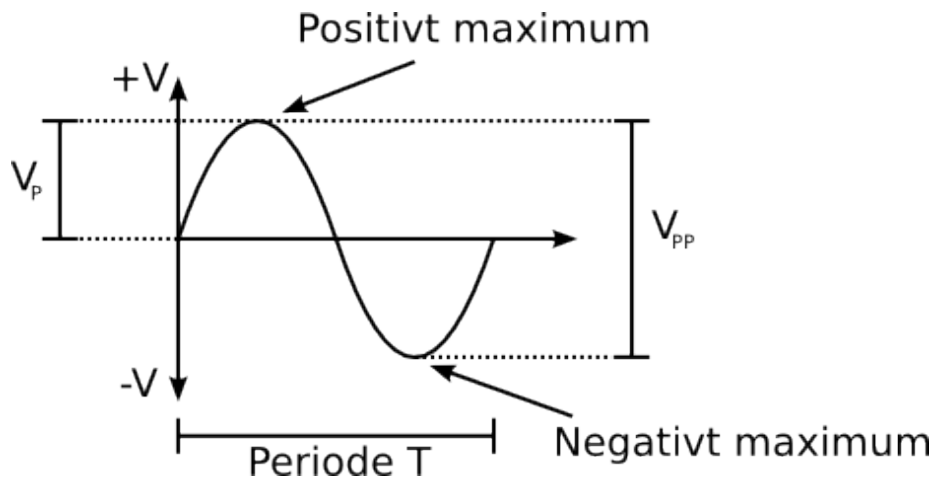
3.5.1 Begreper

Positivt/negativt maksimum: Høyeste verdi i hver retning.

Periode: Tid fra starten av en bølge til starten av neste.

Peak voltage V_P : Den største spenningen målt fra null.

Peak to peak voltage V_{PP} : Spenningen mellom topp og bunn.



3.5.2 Root mean square

RMS brukes for å beregne gjennomsnitt til en AC-krets, eller hva den samme spenningen ville tilsvare i en DC-krets.

For eksempel har vi i norske stikkontakter vekselstrøm på 240 volt rms, med peak voltage på 339 volt. Det vil si at for å få samme effekt med DC må vi ha 240 volt.

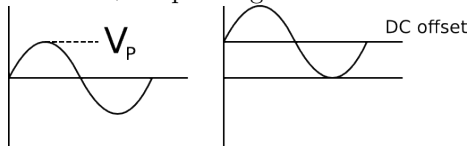
Effektverdi, rms, er gitt ved

$$V_{RMS} = \frac{V_P}{\sqrt{2}}$$

Der V_P er peak verdien i AC-kretsen.

3.6 DC-Offset

I noen systemer er det viktig at ikke strømmen eller spenningen skifter retning. Hvis man har utgangspunkt i vekselstrøm kan man forskyve den ved å legge til en likestrømsspenning minst like sterk som V_P .



3.7 Pulser

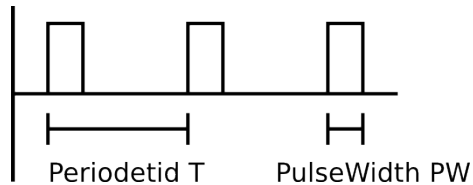
3.7.1 Begreper

Her er noen begreper som brukes om pulstog:

Periodetid T : avstand fra bynelsen av en puls til bynelsen av neste.

PulseWidth PW : avstand fra bynelse til slutt av en puls.

DutyCycle (i prosent): $\frac{PW}{T} \cdot 100$



Uperfekt virkelighet

Firkantbølgen stiger ikke momentant.

Amplitude: høyeste variasjon i spenning.

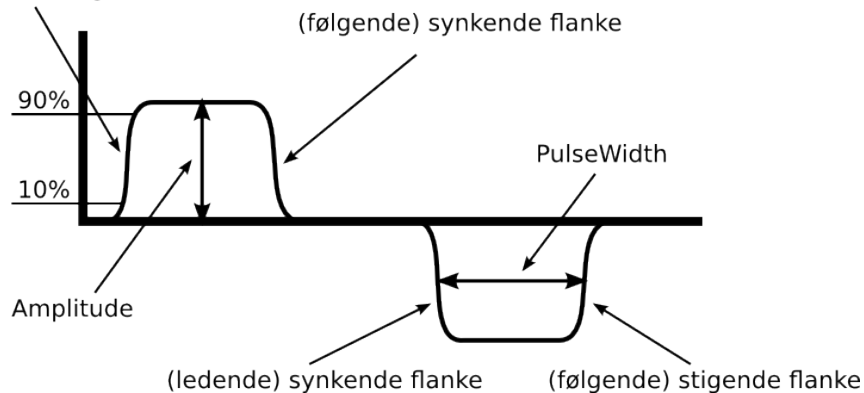
PulseWidth: Avstand fra første 50% til neste.

Flanker: Stigning og nedgang.

Rise time: Tid fra 10% opp til 90%.

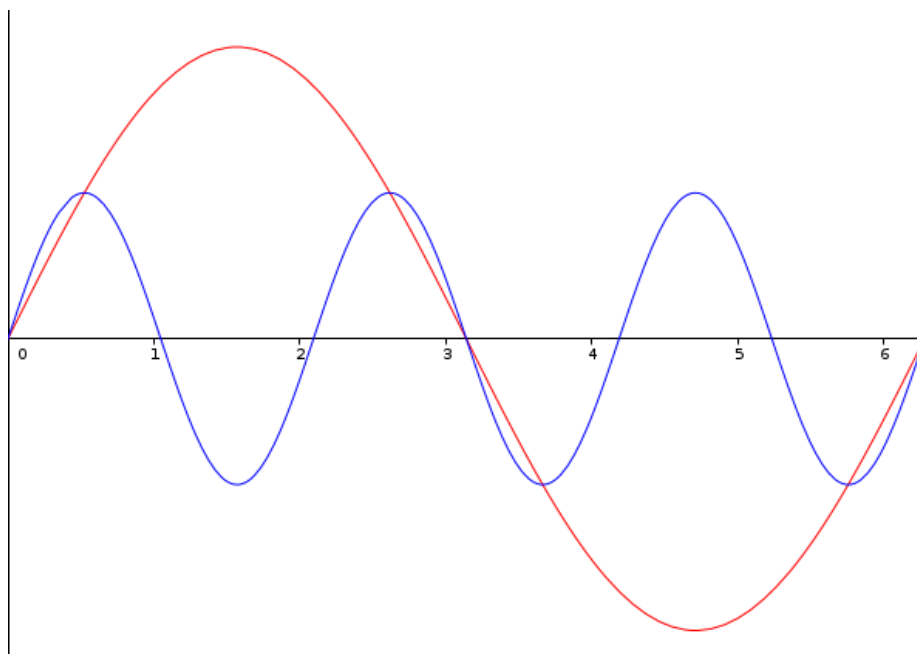
Fall time: motsatt av rise time.

(ledende) stigende flanke



3.7.2 Firkantbølge fra sinusbølger

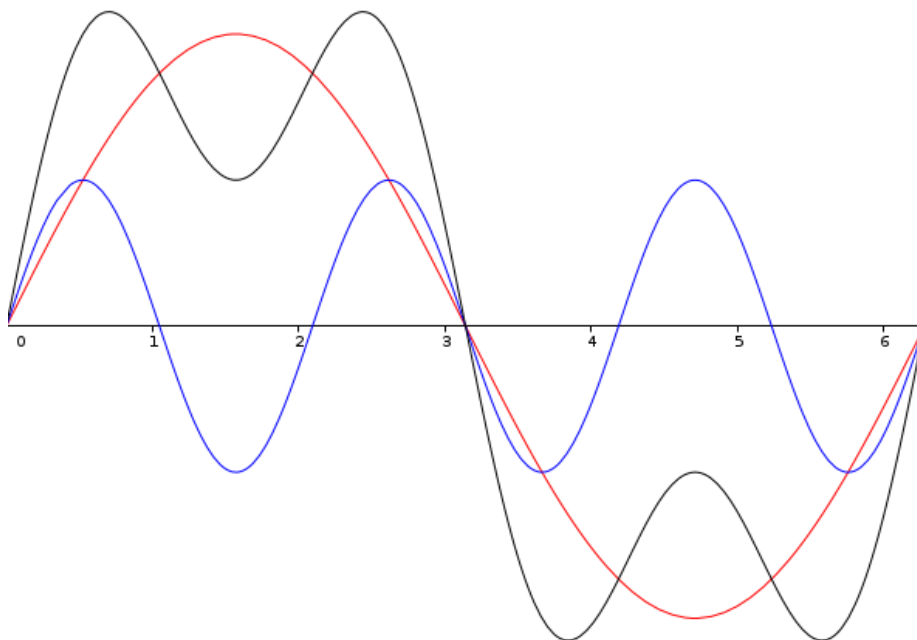
Ved å generere to sinusbølger kan man addere dem sammen for å tilnærme en firkantbølge.



Vi har to funksjoner:

$$a = 2 \sin x$$

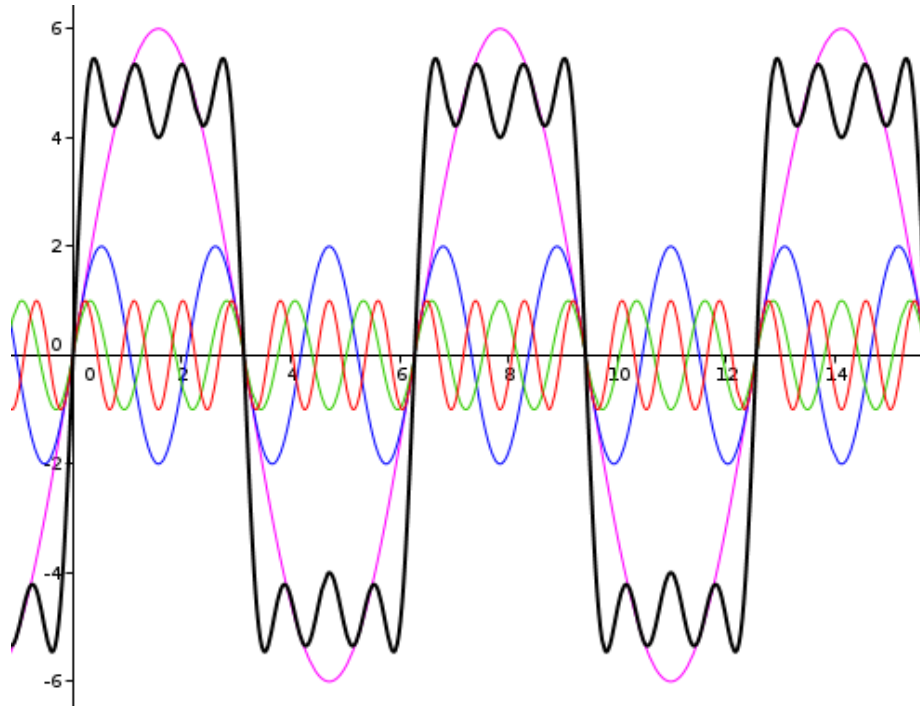
$$b = \sin 3x$$



Lagt sammen blir

$$c = a + b$$

Du kan se at det begynder å ligne på en firkantbølge.



Her er et eksempel med 1, 3, 5 og 7 harmoni.

4 Uke 5

Kap. 12, s.364-382

Kap. 13, s.389-413

Kap. 15, s.462-500

Kap. 16, s.510-528

Kap. 17, s.533-564

Kap. 18, s.574-605

4.1 ?

TODO

- 5 Uke 6
- 6 Uke 7
- 7 Uke 8
- 8 Uke 9
- 9 Uke 10
- 10 Uke 11
- 11 Uke 12
- 12 Uke 13
- 13 Uke 14
- 14 Uke 15
- 15 Uke 16
- 16 Uke 17
- 17 Uke 18
- 18 Uke 19
- 19 Uke 20
- 20 Uke 21
- 21 Uke 22
- 22 Uke 23