

UKE 4

- Spenningskilder, batteri, effektoverføring. Kap. 2
60-65
- AC. Kap 9, s.247-279
- Fysikalsk elektronikk, Kap 1, s.28-31
- Ledere, isolatorer og halvledere, doping

Spenningskilder - batterier

Ideell spenningskilde – eller perfekt spenningskilde.

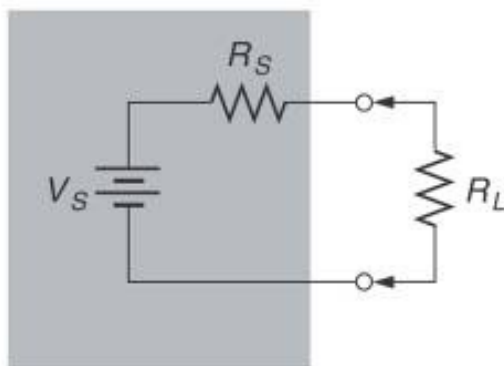
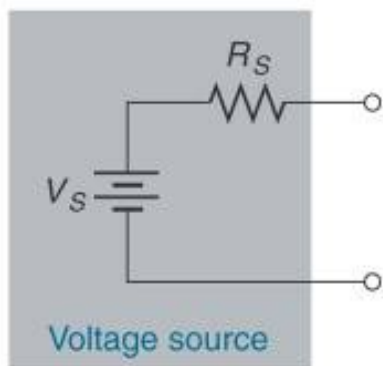
Leverer en utgangspenning som er konstant – uansett hvor mye strøm den leverer..

Reell spenningskilde – utgangspenningen vil variere med strømmen.

Alle spenningskilder har en indre motstand R_S

(Batterier, antenner, signalgeneratorer og nerveceller

– alle har en indre motstand som vil påvirke strømmen ut fra kilden)



Ny batteriteknologi LiFePO4
 $R_i \approx 0,008 \Omega$ (nanoteknologi)
ca. 3000W/Kg -120A 10 sek.
Brukt i CubeSTAR satellitten

Lommelyktbatteri – $R_i \approx 1 - 10 \Omega$

Bilbatteri – $R_i \approx 0,01 - 0,004$

Effektoverføring

Maksimal effektoverføring

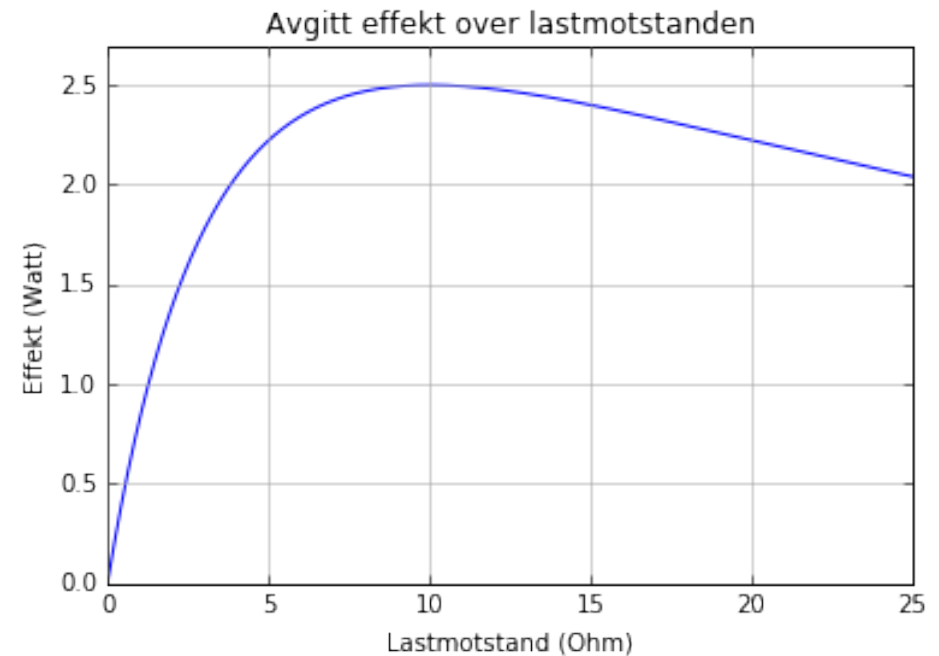
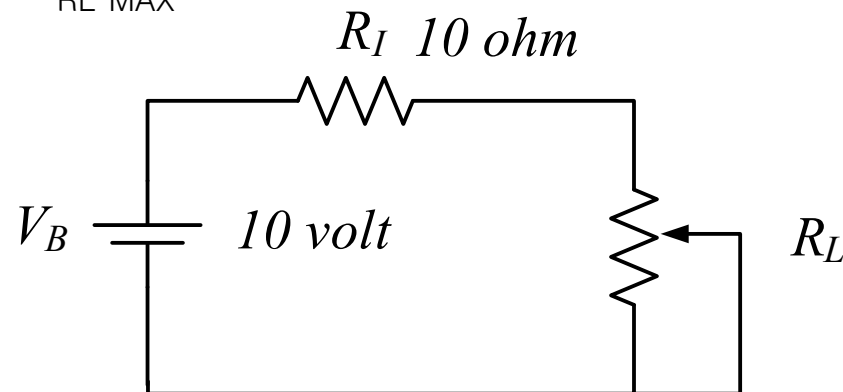
Lastmotstanden må tilpasses signalkildens indre motstand. Vi får maksimal effektoverføring når lastmotstanden $R_L =$ kildens indre motstand R_I

Dette har stor betydning når vi skal overføre signaler f.eks fra en TV-antenne til et fjernsynsapparat (dekoderboks)

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

Vi har et 10 volt batteri med indre motstand $R_I = 10$ ohm – finn verdien til R_L som gir maksimal effektoverføring

$P_{RL \text{ MAX}}$



$$P = \frac{U_{RL}^2}{R_L}$$

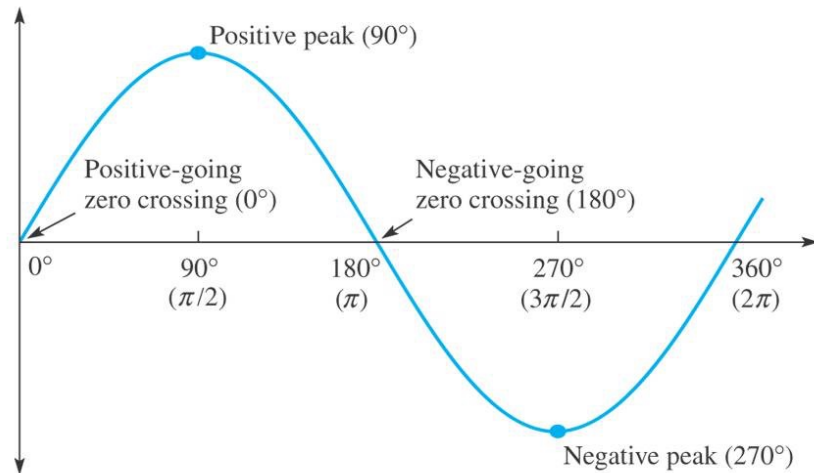
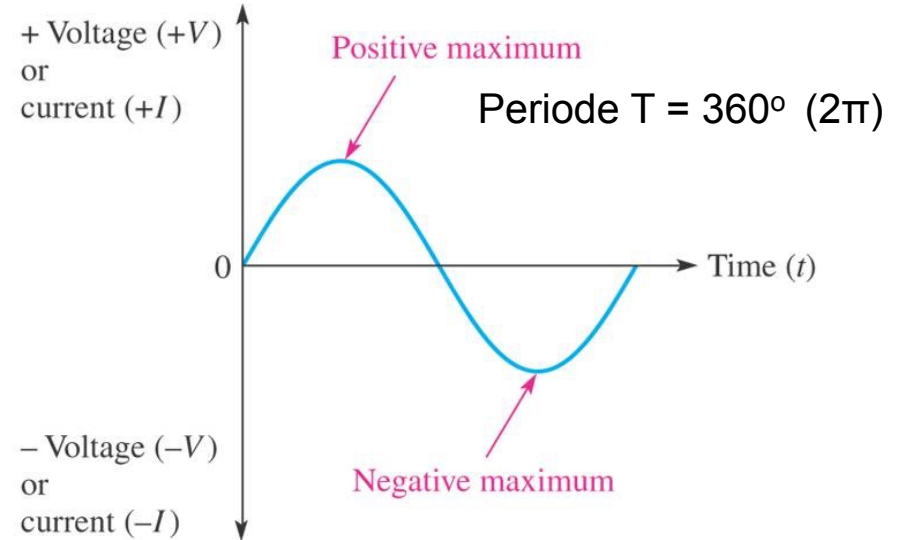
$$U_{RL} = \frac{R_L}{R_L + R_I} V_{Batt}$$

Vekselstrøm/spenning

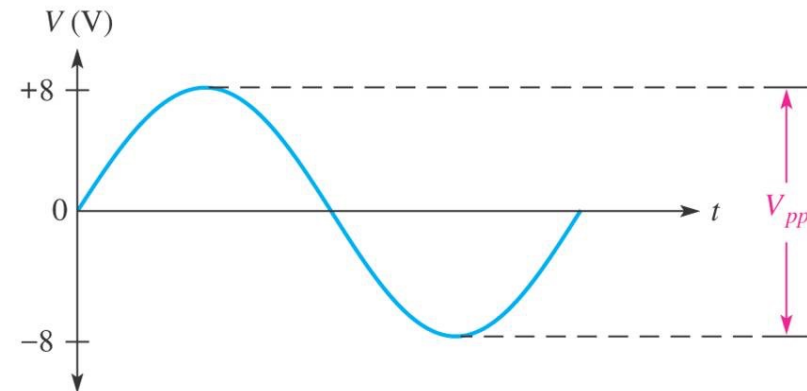
AC = Alternating Current



Symbol på signalkilde som sender ut AC



Periode $T = 360^\circ (2\pi)$

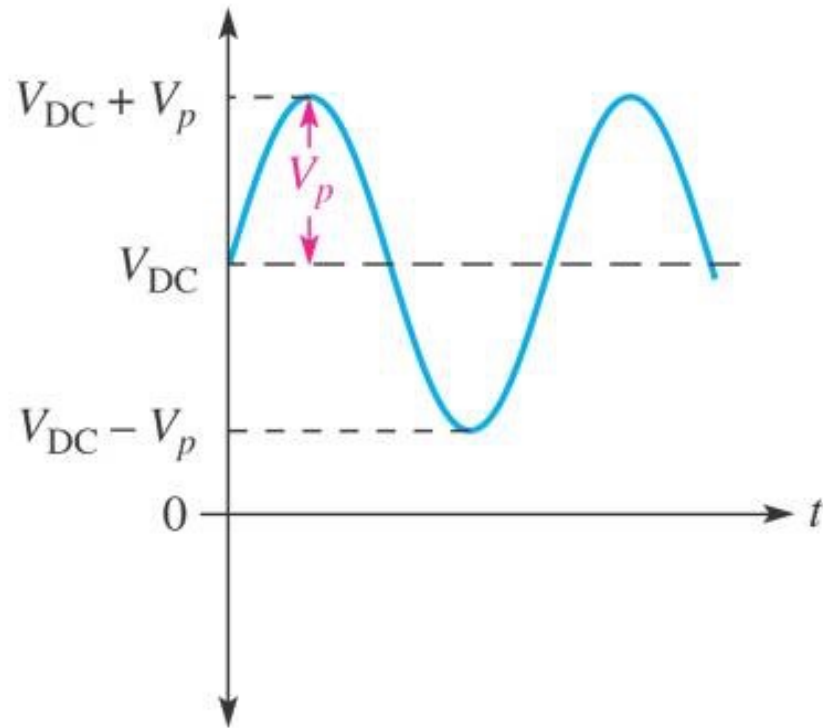


$V_p = V \text{ peak}$

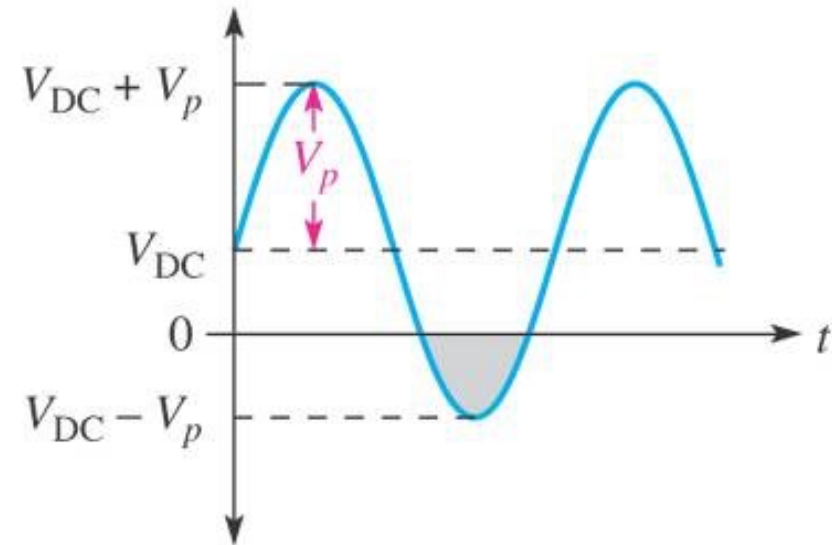
$V_{pp} = V \text{ peak to peak}$

Vekselstrøm/spenning

Vekselspenning (Signalspenning) og en overlagret DC-spenning



(a) $V_{DC} > V_p$. The sine wave never goes negative.



(b) $V_{DC} < V_p$. The sine wave reverses polarity during a portion of its cycle.

AC og Effekt

RMS-verdien eller effektivverdien til en AC-spenning ($y = a \sin(\omega t)$)

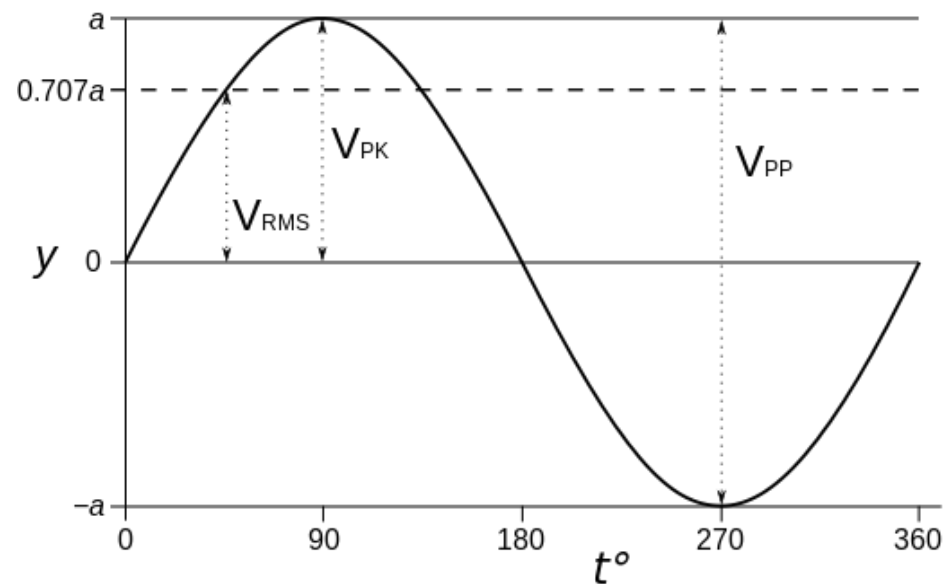
(- Hvor stor DC-spenning vil gi samme varmeeffekt i en panelovn)

For en sinus vil effektivverdien være gitt av $V_{RMS} = \frac{V_P}{\sqrt{2}}$.

Vi har 240 volt RMS
på våre stikk-kontakter

Dvs. en toppverdi V_{pk}
på 339 volt.

$V_{pp} \approx 679$ volt

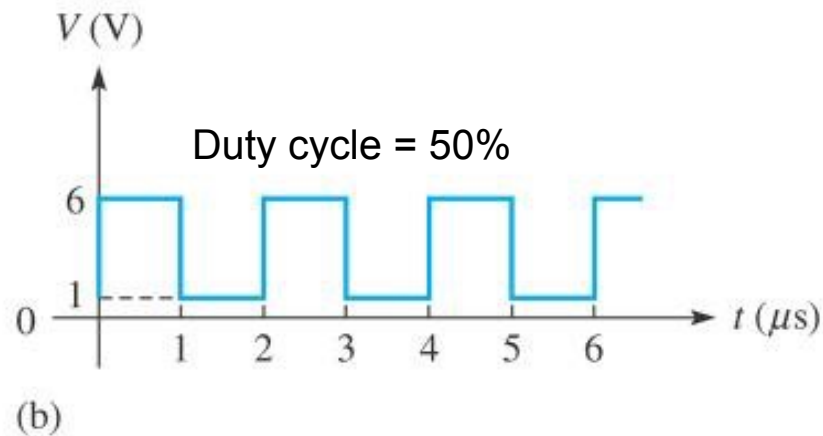
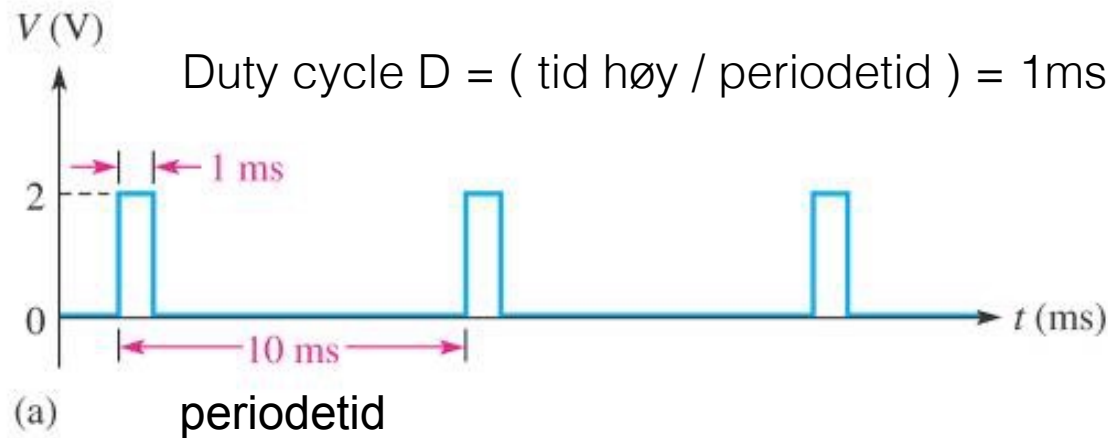


Vekselstrøm/spenning

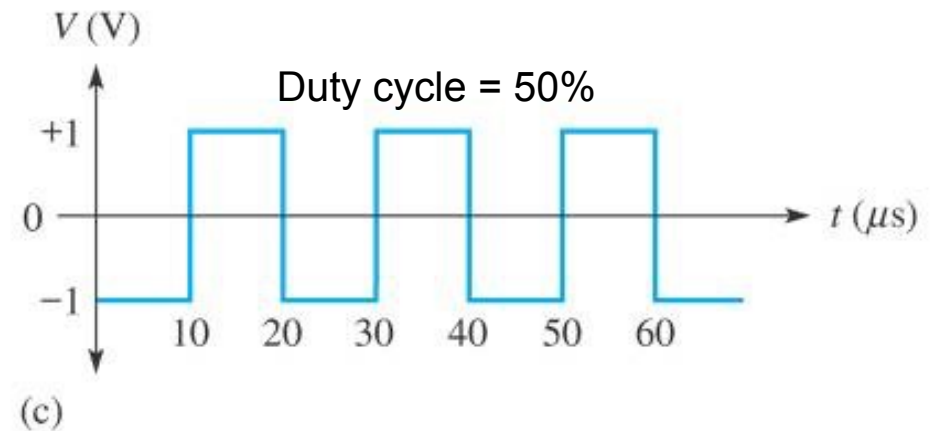
Pulser og pulstog

Periodetiden T (10ms) - frekvens $f = 1/T = 1/10 \cdot 10^{-3} = 100 \text{ Hz}$

Duty cycle $D = (\text{tid høy} / \text{periodetid}) = 1\text{ms} / 10\text{ms} = 0,1 = 10\%$



Frekvens = $1/T = 1 / 2 \cdot 10^{-6} = 500 \text{ kHz}$



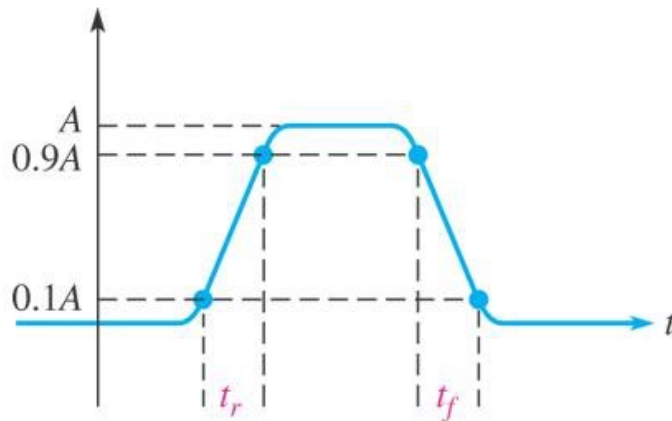
Frekvens = $1/T = 1 / 20 \cdot 10^{-6} = 50 \text{ kHz}$

Vekselstrøm/spenning

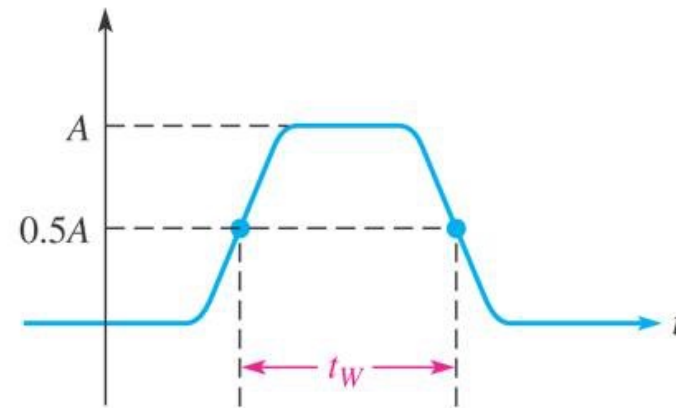
Pulser og pulstog - noen ord og uttrykk

Rise time (t_r) = tiden det tar for signalet å stige fra 10% til 90% av full verdi

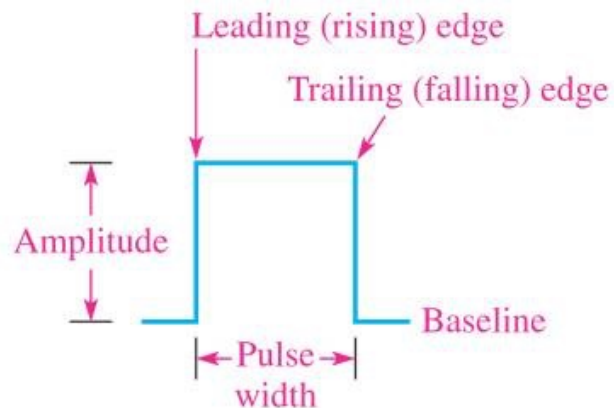
Fall time (t_f) = tiden det tar for signalet å falle fra 90% til 10% av full verdi



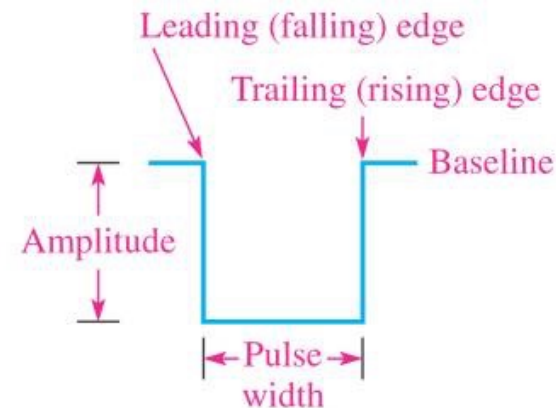
(a) Rise and fall times



(b) Pulse width



(a) Positive-going pulse

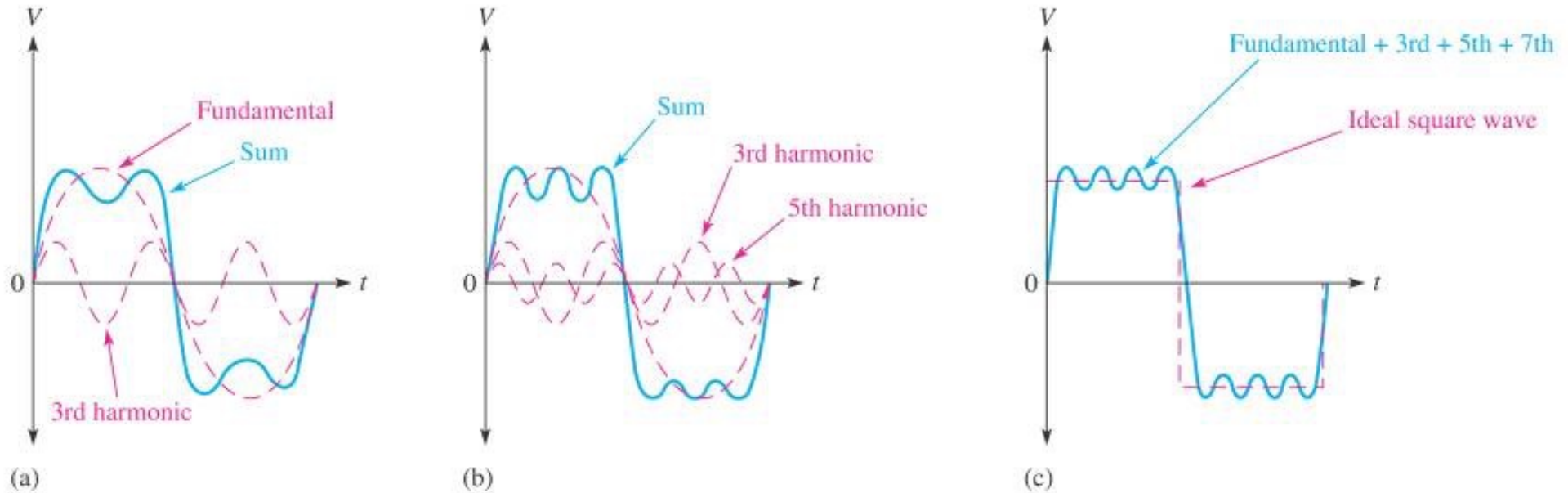


(b) Negative-going pulse

Vekselstrøm/spenning

Pulser og pulstog

Odde harmoniske sinuskurver summeres til firkantpulser



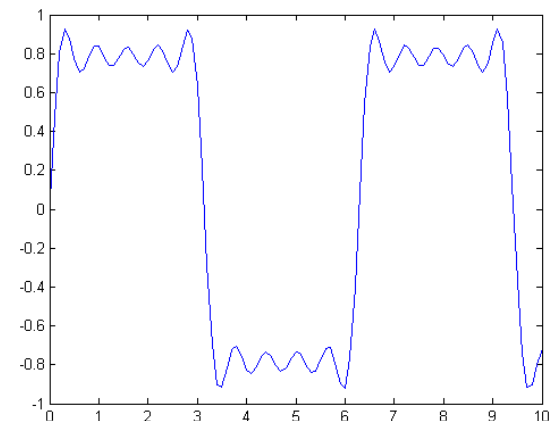
MATLAB – Firkantpulser generert av sinuskurver

```
t = 0:1:10;
```

```
y = sin(t) + sin(3*t)/3 + sin(5*t)/5 + sin(7*t)/7 + sin(9*t)/9;
```

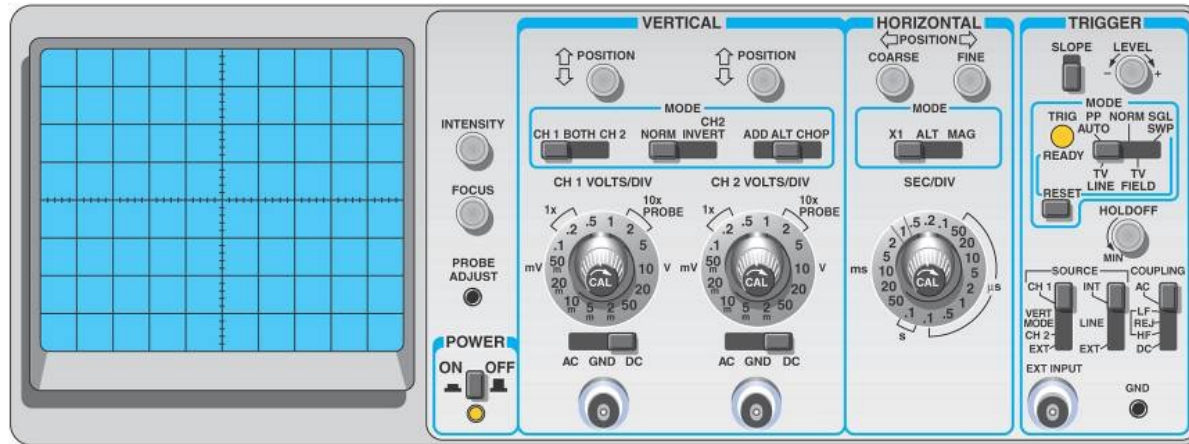
```
plot(t,y);
```

Fouriertransformasjon – overgang fra "tidsrommet" til "frekvensrommet"

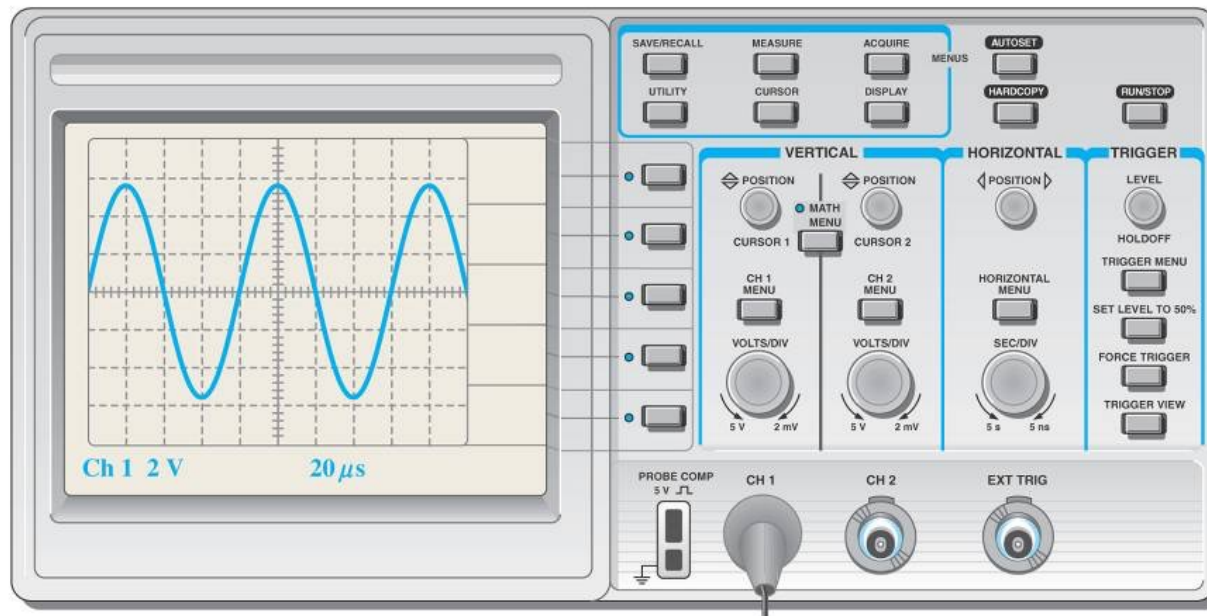


Vekselstrøm/spenning

Oscilloskop – måleinstrument for AC-signaler



Eksempel på
analogt oscilloskop



Digitalt oscilloskop
Tektronix TDS 1002
brukes på FYS1210
60MHz 1GS/s

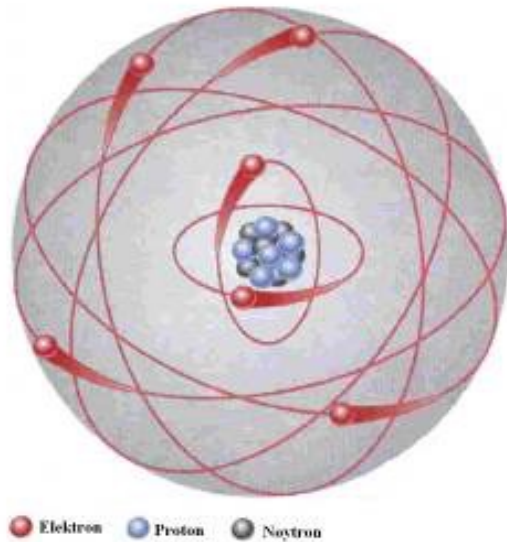
END



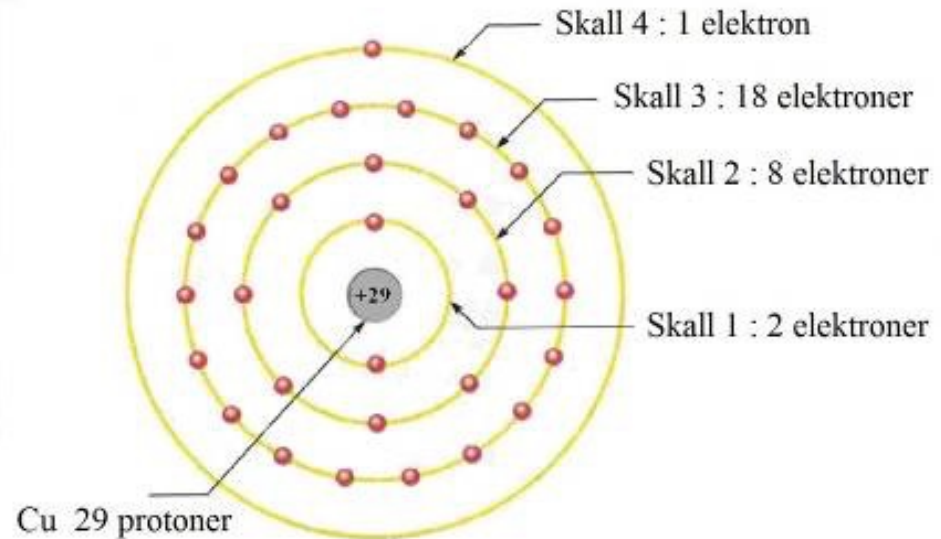
Buckeye Bullet Electric Streamliner using A123 batteries sets world land speed record of 307.66 MPH

Fysikalsk elektronikk

- elektriske ledere – halvledere – isolatorer



Niels Bohrs klassiske atommodell fra 1913.



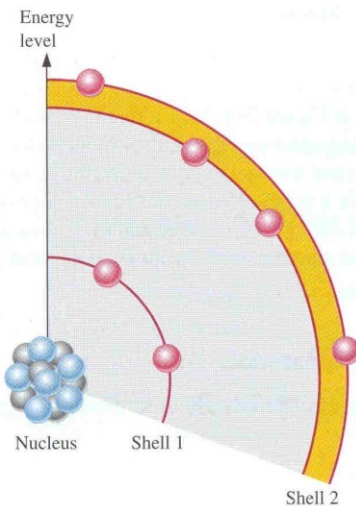
Kobberelektronene legger seg i "energi-skall"

Det enslige elektronet i ytterste "skall" er svakt bunnet til kjernen.
Ved "normal" temperatur finner vi ca 1 fritt elektron pr. atom
 10^{23} elektroner / cm^3

Fysikalsk elektronikk

- elektriske ledere – halvledere – isolatorer

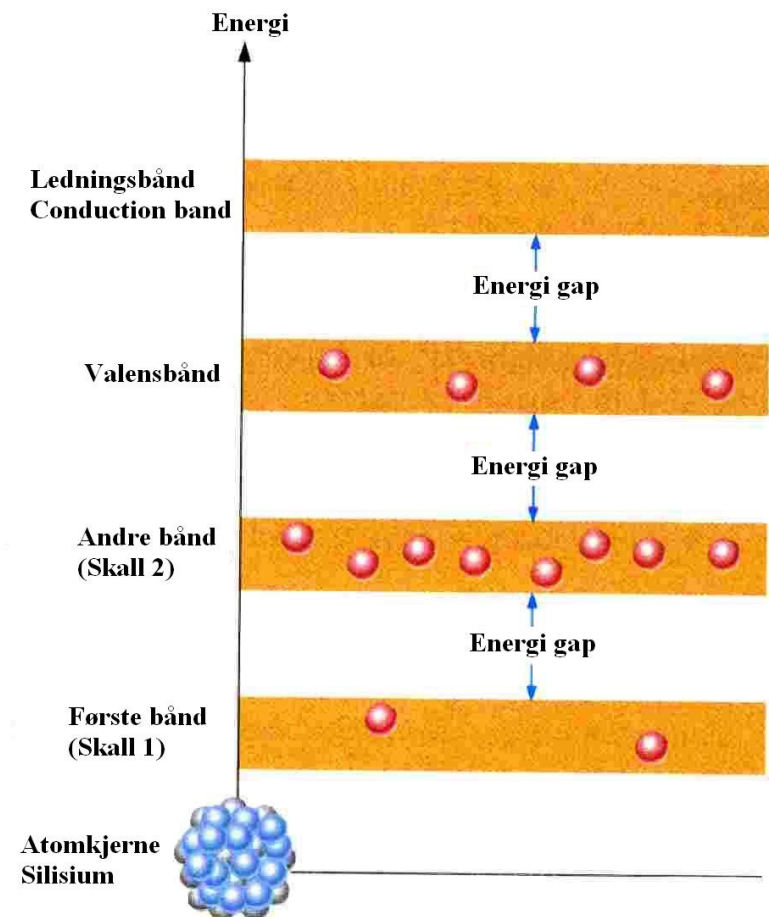
Elektriske ledere - metaller



I metallene er "energi-gapet" mellom valensbåndet og ledningsbåndet minimalt. Ved normal temperatur vil det være overlapp mellom ledningsbånd og valensbånd

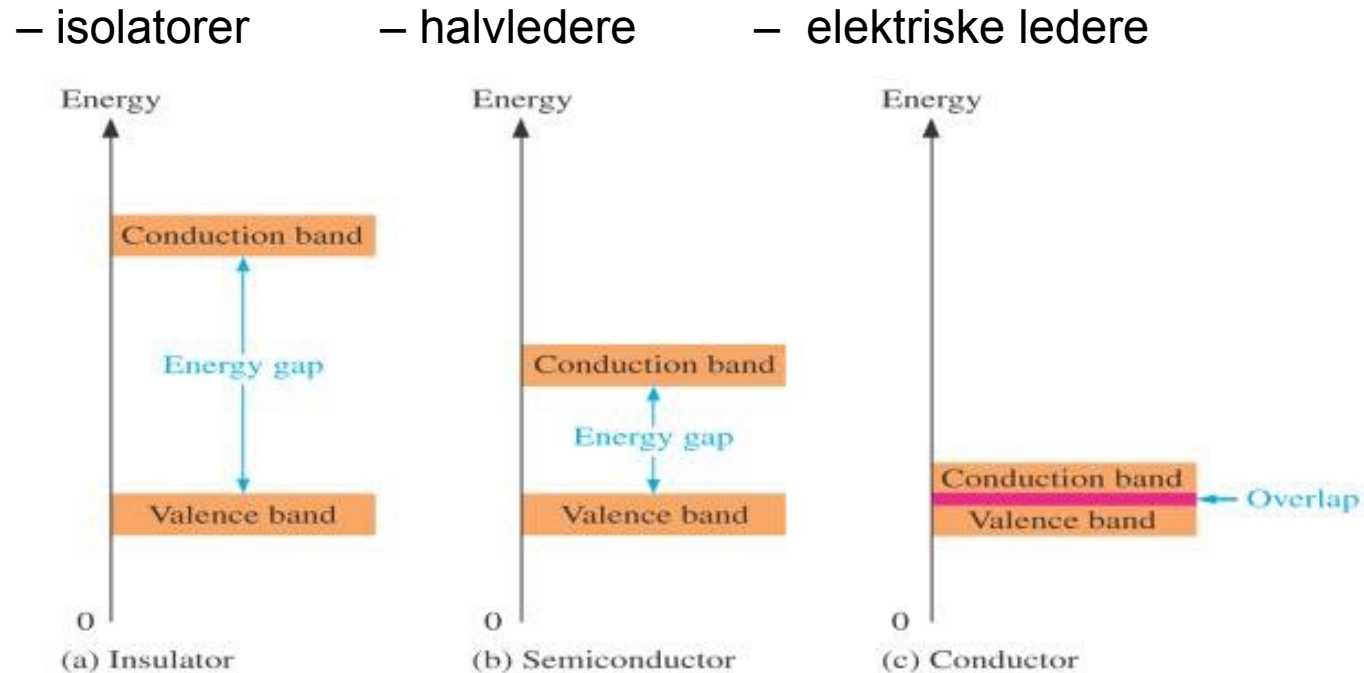
Båndene er tegnet med tykke linjer – det er gjort for å markere at elektronet kan ha flere mindre diskrete energi-tilstander innenfor hver bånd – mer om dette i FYS 2140 kvantefysikk

Elektronene legger seg i "energi-skall"



Fysikalsk elektronikk

- elektriske ledere – halvledere – isolatorer



Antall "frie" elektroner i ledningsbåndet

Elektrisk leder (metall) : ca 10^{23} elektroner / cm^3

Halvleder : ca $10^8 - 10^{14}$ elektroner / cm^3

Isolatorer : ca 10 elektroner / cm^3

Antall elektroner i ledningsbåndet varierer med temperaturen.

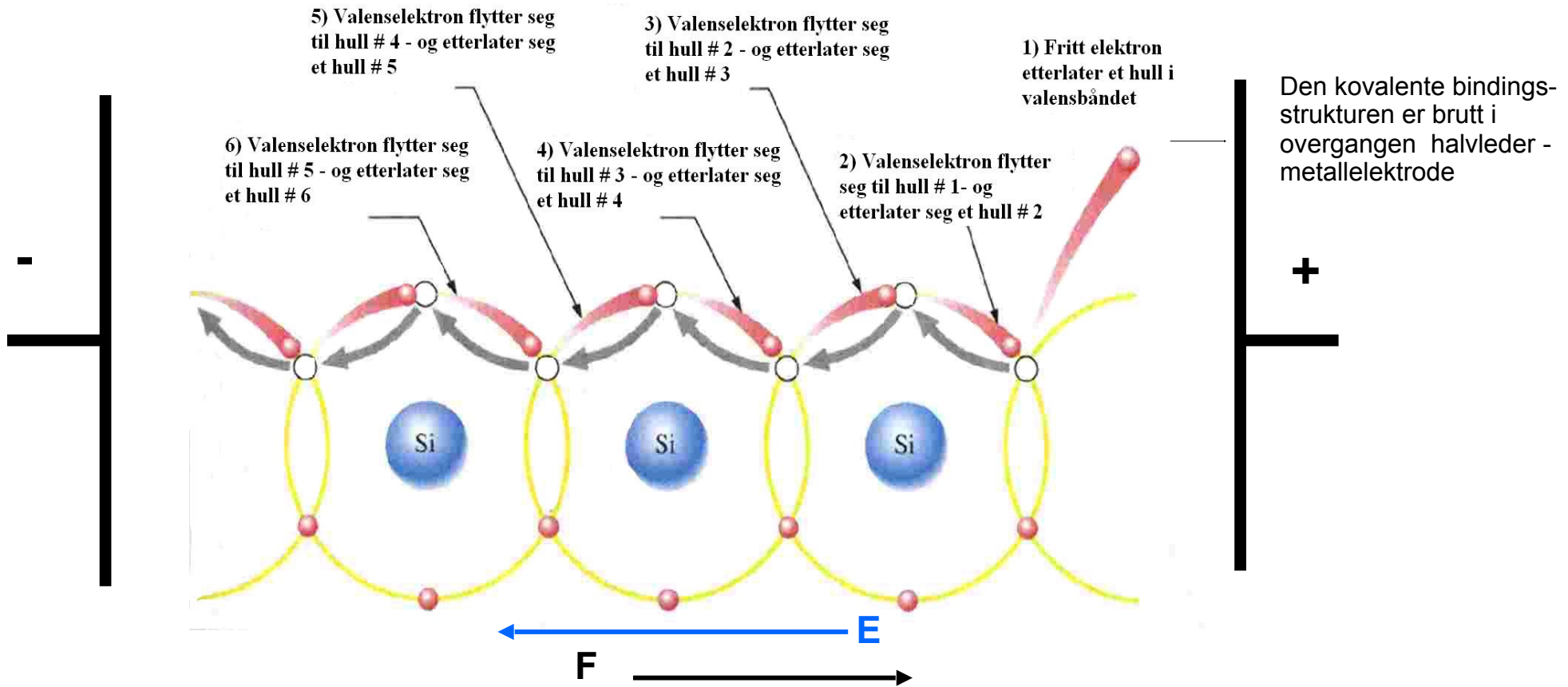
For Silisium (Si) $25^\circ\text{C} = 2 \cdot 10^{10}$ elektr. / cm^3 ved $100^\circ\text{C} = 2 \cdot 10^{12}$ elektr. / cm^3

Husk : 1 Ampere = $6,28 \cdot 10^{18}$ elektroner pr. sekund

Fysikalsk elektronikk

- elektriske ledere – halvledere – isolatorer

Transport av ladning – elektronstrøm – "hullstrøm" (?)



Elektronstrøm – strøm av frie elektroner i "ledningsbåndet"

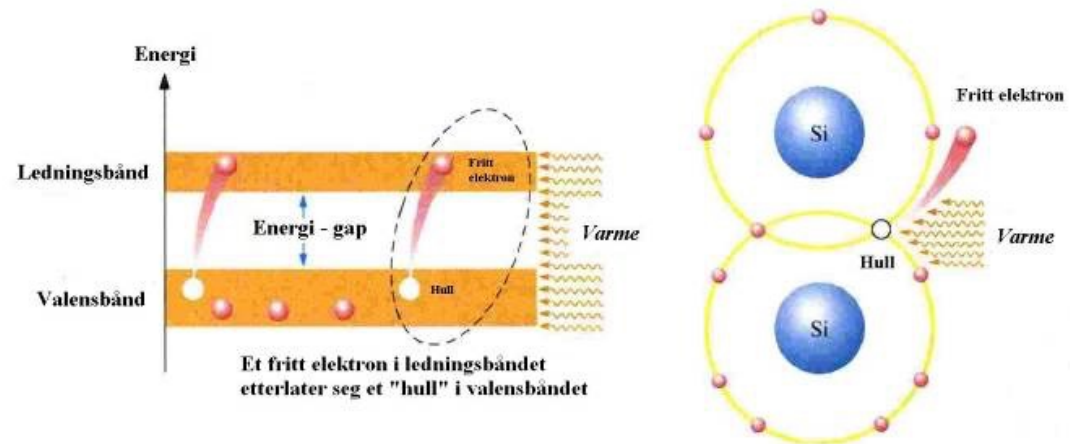
Hullstrøm – "elektronhopp" mellom atomer i valensbåndet

Fysikalsk elektronikk

- elektriske ledere – halvledere – isolatorer

Halvledere - Silisium (Si)

Båndgap Si = 1,1 eV



Ladningstransport i en ren (intrinsic) halvleder forårsakes av "termisk" eksiterte elektroner til ledningsbåndet. - Hva skjer hvis vi eksponerer Si for lys ?

$$\text{Planck } w = h \cdot f \quad h = 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ eVs} = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

$$w_g(\text{Si}) = 1,1 \text{ eV} \quad h \cdot f > w_g \quad f = c/\lambda$$

$$\lambda < \frac{h \cdot c}{w_g} \quad \lambda < 1100 \text{ nm} \quad (\text{synlig lys} \cong 380 - 740 \text{ nm})$$

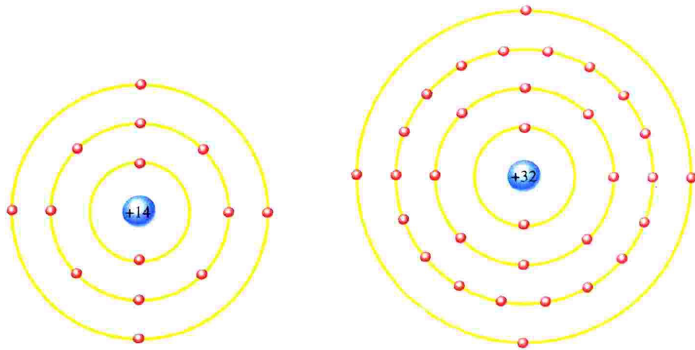
Lys vil rive løs elektroner i silisiumkrystallen – løfte elektroner opp i ledningsbåndet. Denne effekten brukes i solceller, fotodetektorer, digitale kamera osv.

I krystaller av materialer med høyre båndgap - f.eks ZnO (3,5 eV) vil lys ikke klare å eksitere elektroner – det betyr at krystallen er gjennomsiktig for lys (som glass) – Kan P-dopes og brukes som elektriske ledere på solceller.

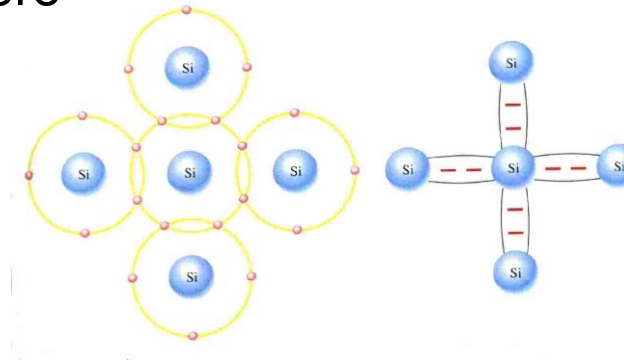
Fysikalsk elektronikk

- elektriske ledere – halvledere – isolatorer

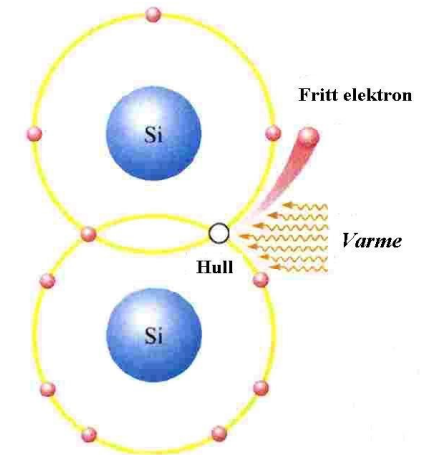
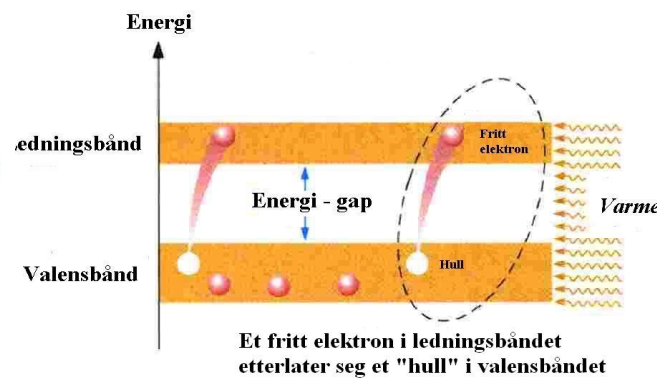
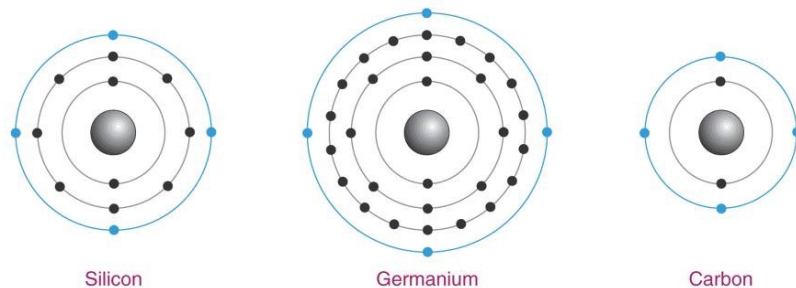
Silisium (Si) og Germanium (Ge) er halvledere



Valenselektronene til Ge ligger i fjerde skall. For Si ligger de i tredje skall.



Kovalent binding – diamantstruktur
Hvert atom utveksler elektroner med 4 naboatomer
Konfigurasjon med 8 elektroner i ytre skall.



Ioniseringsenergi

C = 11 eV
Si = 1,1 eV
Ge = 0,7 eV

Smeltepunkt

Karbon 3500 °C
Silisium 1414 °C
Germanium 938 °C

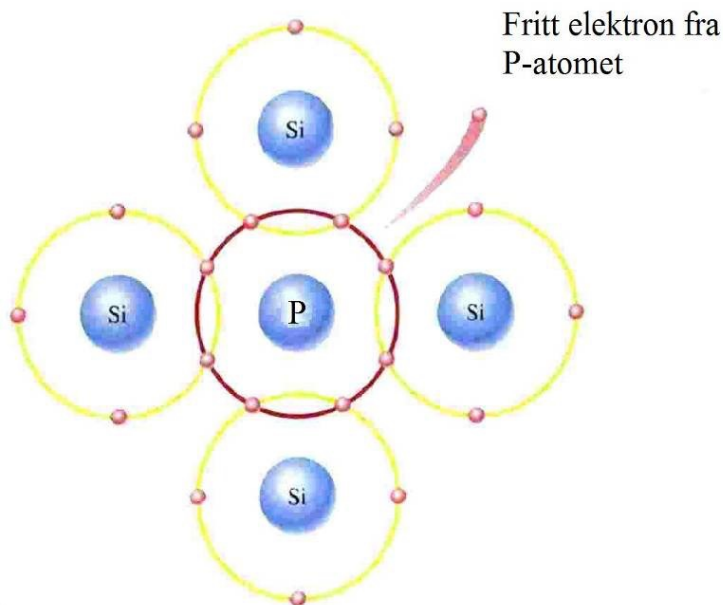
Fysikalsk elektronikk

- elektriske ledere – halvledere – isolatorer

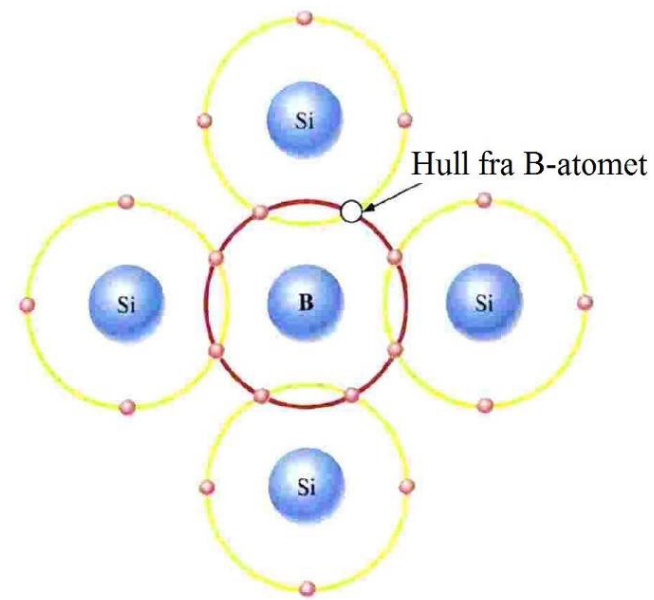
Doping = tilførsel av "fremmedelementer"

Antall doping-atomer er lav. ca. 1 pr. 10^6 Si atomer

N-dopet med donor-atom
5 elektroner i valensbåndet –
Fosfor (P) Arsenikk (As) Antimon (Sb)



P-dopet med akseptor-atom
3 elektroner i valensbåndet
Aluminium (Al) Gallium (Ga) Bor (B)



Ioniseringsenergien ca. 0,05 eV for det ekstra "frie" elektronet fra donor-atomet

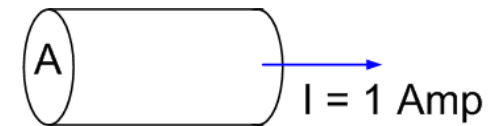
Fysikalsk elektronikk

Strømtetthet og drifhastighet for elektroner

1 Ampere går gjennom en aluminiumsledning med diameter 1,0 mm. Hva blir drifhastigheten til elektronene?

Aluminium - elektrontetthet $n_e = 6,0 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$

1 Ampere = $6,28 \cdot 10^{18}$ elektroner pr. sekund



$$J = \text{Strømtetthet} = \frac{I}{A} = n_e e \cdot v_d \quad n_e e = \text{antall elektroner} \quad v_d = \text{drifhastigheten}$$

$$J = \frac{I}{A} = \frac{I}{\pi \cdot r^2} = \frac{1.0 \text{ Amp}}{\pi \cdot (0,0005 \text{ m})^2} = 1,3 \cdot 10^6 \text{ A} / \text{m}^2$$

$$v_d = \frac{J}{n_e e} = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ m} / \text{s} = 1,3 \text{ mm} / \text{s}$$

Elektronene har en drifhastighet på 1,3 mm / s

Motstand og temperatur

Positiv temperaturkoeffisient

Motstanden øker fordi elektronene kolliderer.

- Resistansen øker med temperaturen
- Eksempel: De fleste ledere - metaller

Negativ temperaturkoeffisient

Motstanden synker fordi flere elektroner kommer opp fra valensbåndet til ledningsbåndet.

- Resistansen avtar med temperaturen
- Eksempel: De fleste halvledere og isolatorer

