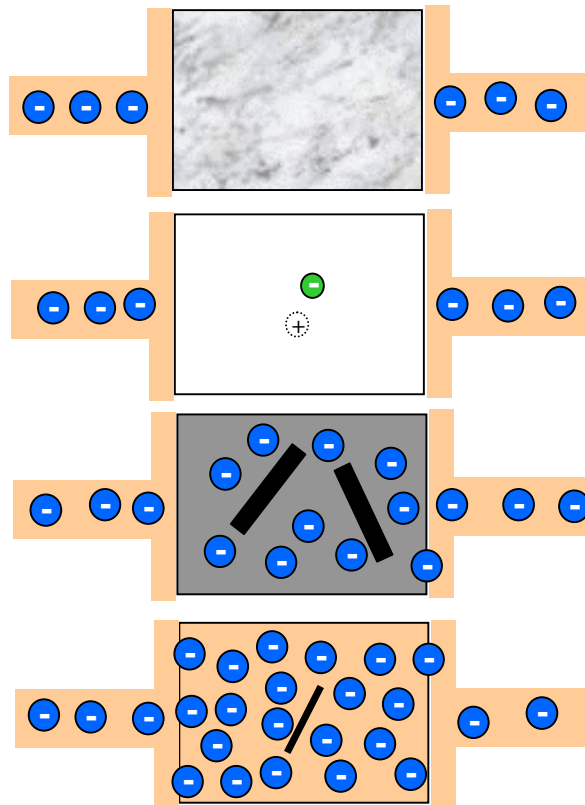


Strøm = Frie ladningsbærere & Spænding



Isolator (marmor)
 "Ingen" frie ladningsbærere
 (meget meget få frie elektroner)

Halvleder (ren silicium)
 Næsten ingen frie ladningsbærere.
 Ren silicium har en gitter-struktur
 hvor elektronerne er bundet.
 En gang imellem slipper elektroner
 dog fri og kan bidrage til en strøm.

Modstand (kulstof)
 En del frie ladningsbærere.
 Der kræves en vis spænding for
 at opnå en given strøm.
 $U = R \cdot I \Rightarrow I = U / R$

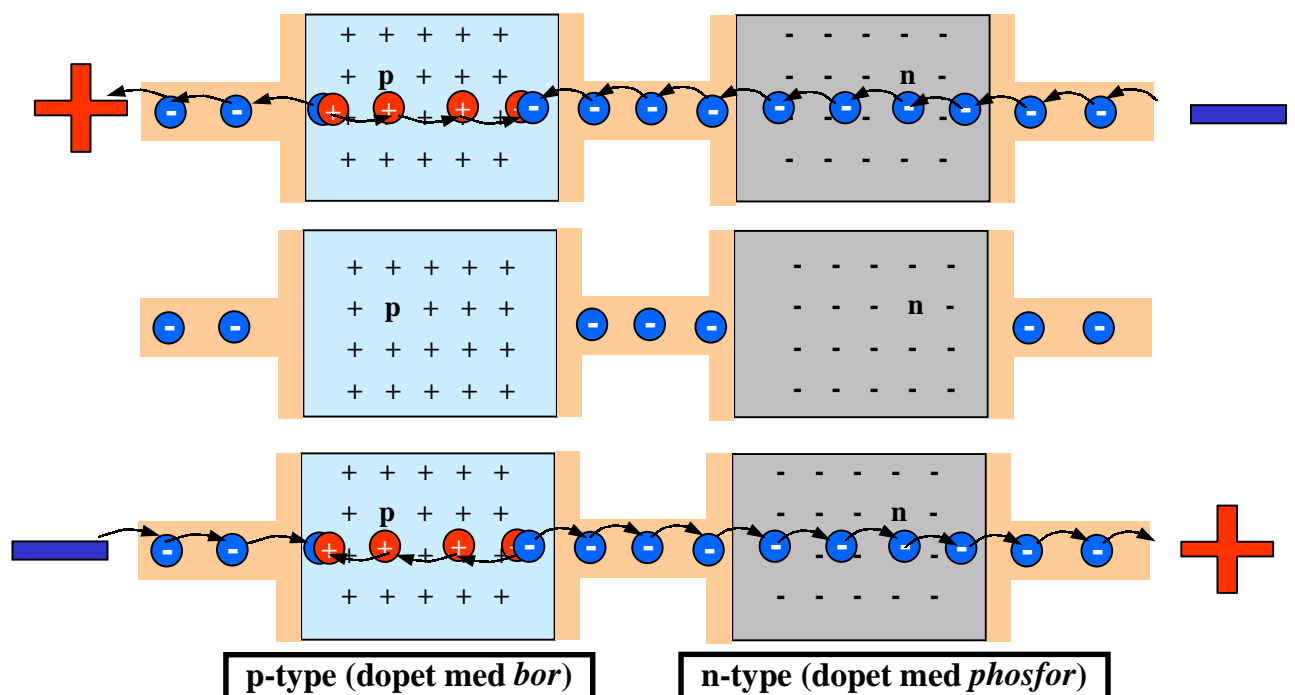
Leder (kobber)
 Mange frie ladningsbærere.
 Elektronerne i de fleste metaller
 "svæver frit omkring" og lader sig
 let bevæge (der løber en strøm).

Dopede Halvledere ("forurenet" silicium)

Når der tilføjes *bor*-atomer til ren silicium dannes der en p-type halvleder.
 I en p-type halvleder består strømmen primært af positive ladningsbærere (huller)

Når der tilføjes *phosfor*-atomer til ren silicium dannes der en n-type halvleder.
 I en n-type halvleder består strømmen primært af negative ladningsbærere (elektroner)

Dopede halvledere er "rimeligt gode" ledere, men er dog ikke så gode som metaller.
 Halvledere kan lede strøm i begge retninger, også selv om de er forbundet som vist,
 med en metal-leder som mellemforbindelse (der dannes ikke en pn-junction).

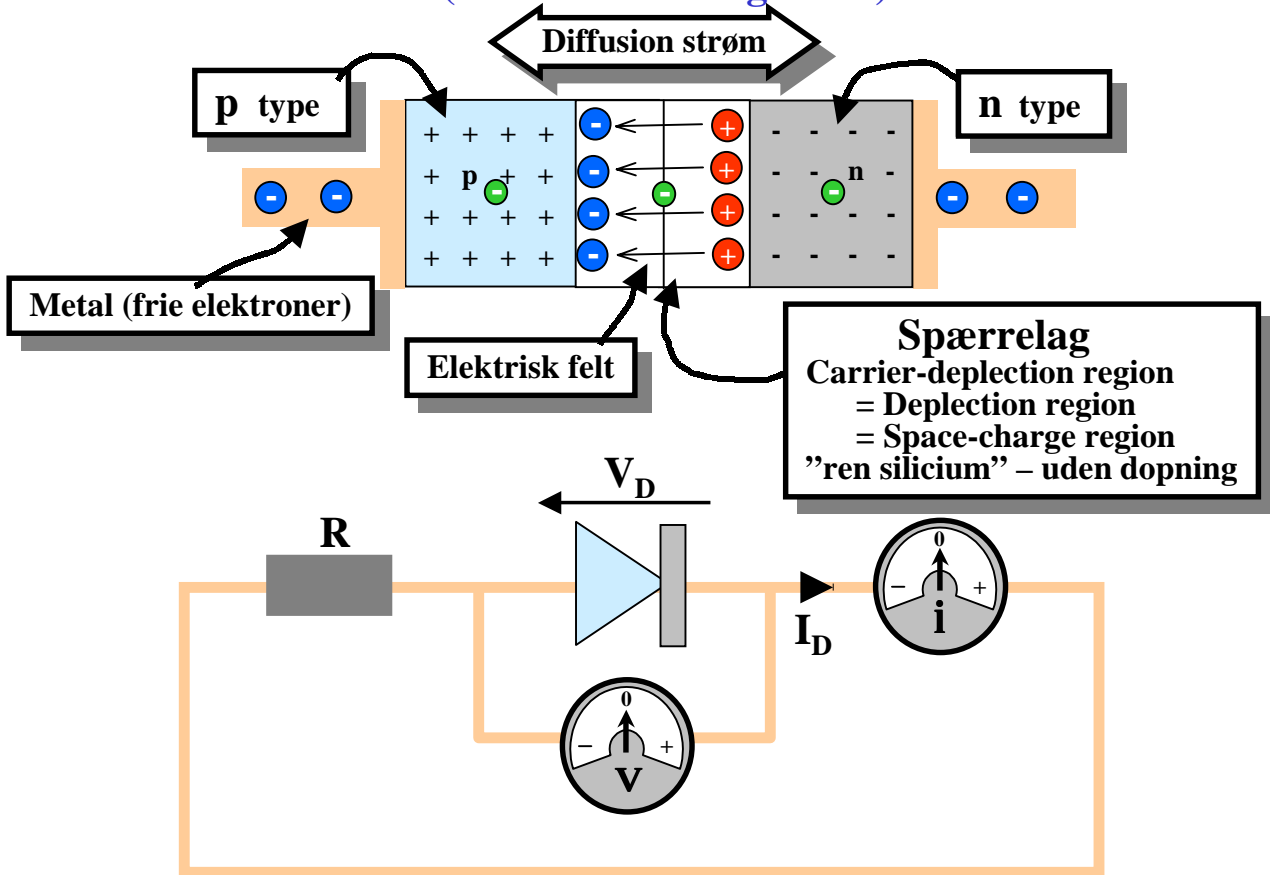


p-type (dopet med bor)

n-type (dopet med phosfor)

pn junction – Open circuit

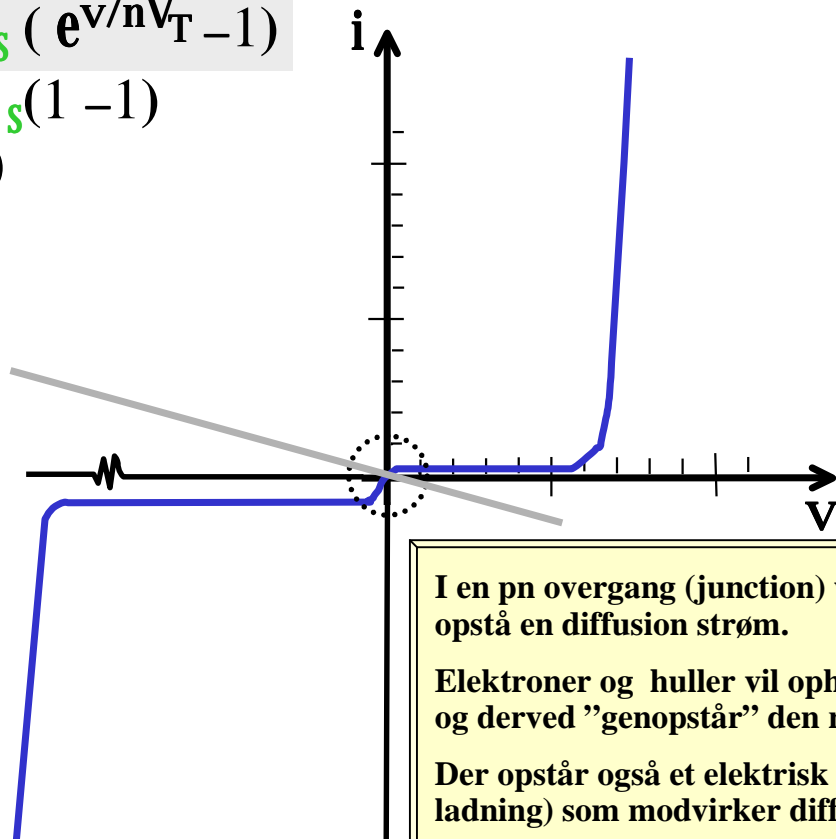
(Sedra/Smith Fig. 3.12)



$$i = I_s (e^{v/nV_T} - 1)$$

$$i = I_s (1 - 1)$$

$$i = 0$$



I en pn overgang (junction) vil der altid opstå en diffusion strøm.

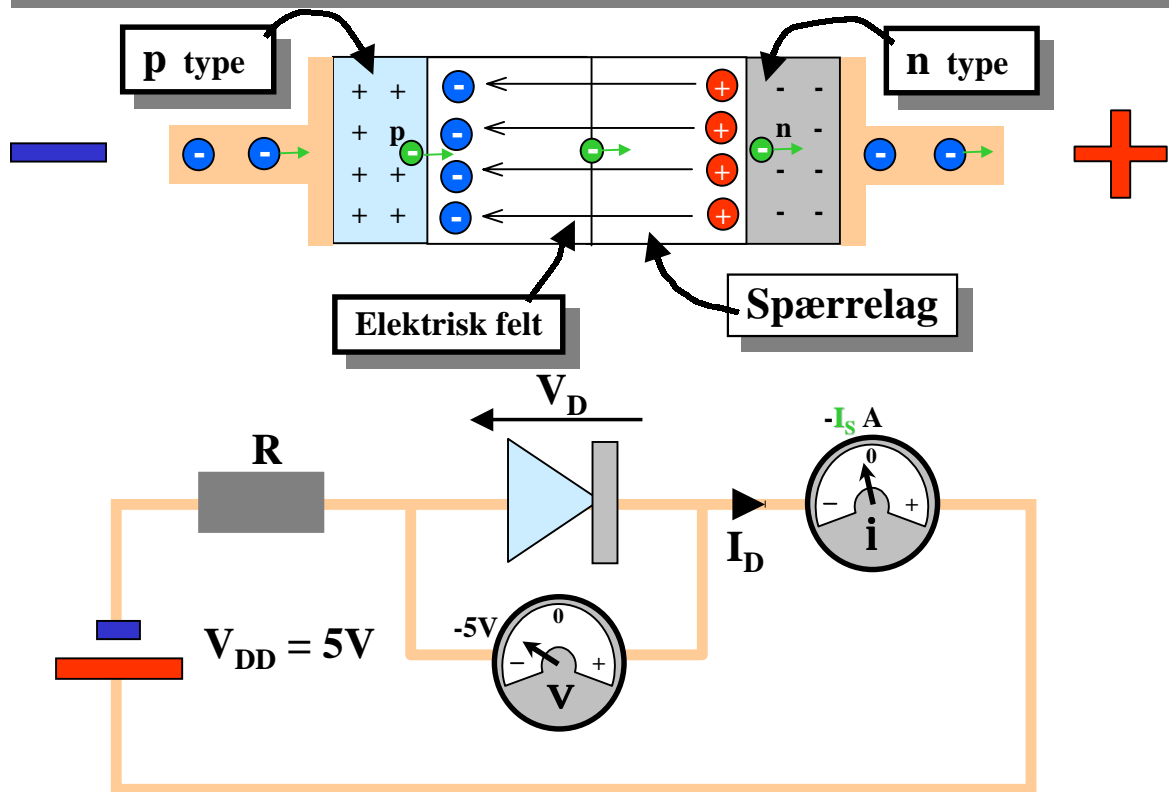
Elektroner og huller vil ophæve hinanden og derved "genopstår" den rene silicium.

Der opstår også et elektrisk felt (fra en rum-ladning) som modvirker diffusion strømmen.

pn junction – Reverse-Bias

(Sedra/Smith Fig. 3.13)

Når pn overgangen påtrykkes en spænding i spærre-retningen, vokser spærrelaget

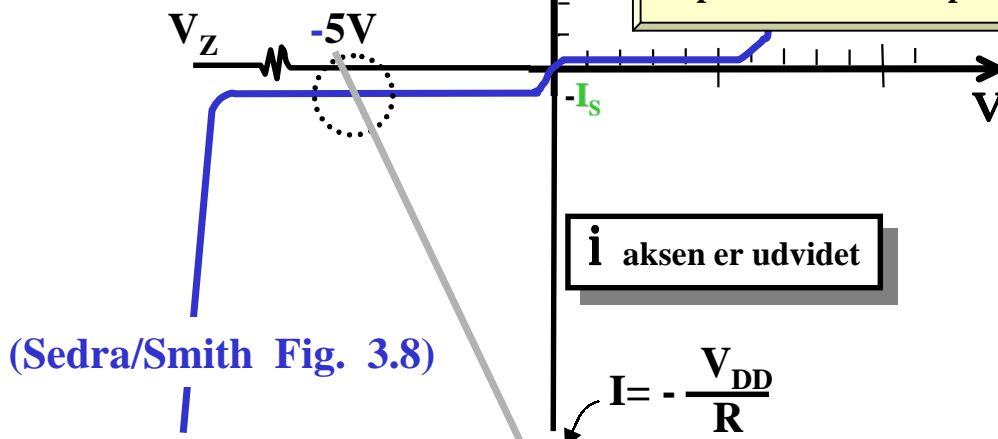


$$i = I_S (e^{v/nV_T} - 1)$$

$$i = I_S (0 - 1)$$

$$i = -I_S [\text{nA}]$$

V akser er komprimeret



Når dioden "spærrer" bliver spærrelaget "drænet" for frie ladbingsbærere.

Ren silicium indeholder dog også enkelte (få) frie ladbingsbærere og disse vil medføre en lille strøm I_S .

Strømmen I_S er i størrelsesordenen til pico- til nano-Ampere

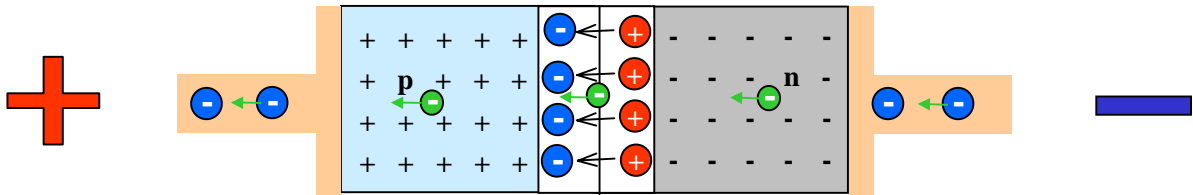
i akser er udvidet

(Sedra/Smith Fig. 3.8)

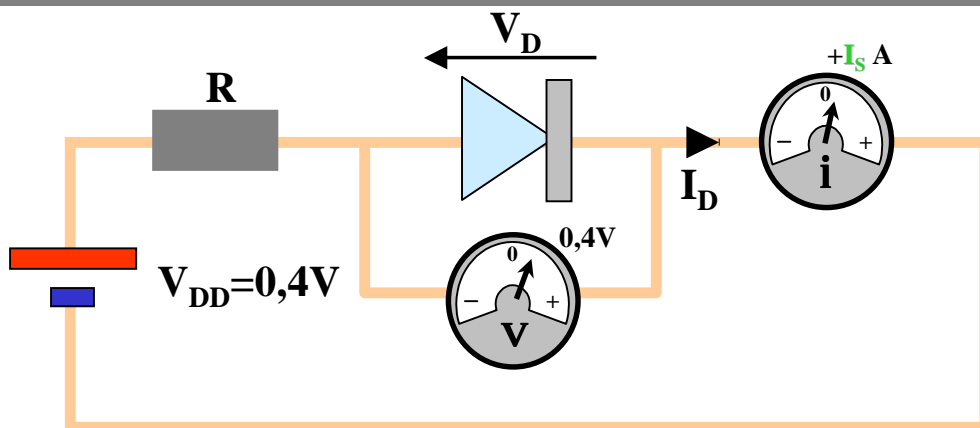
$$I = -\frac{V_{DD}}{R}$$

pn junction – Near Forward-Bias (Sedra/Smith Fig. 3.16)

Når pn overgangen påtrykkes en spænding i lede-retningen **formindskes** spærrelaget



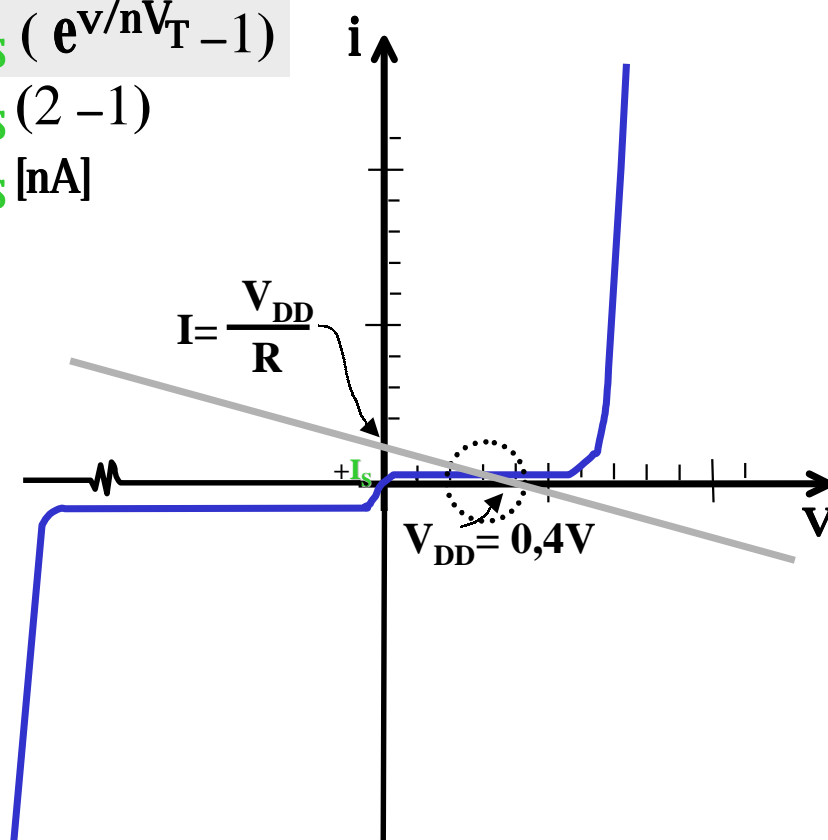
De første 0,6 V der påtrykkes dioden i lederetningen går til at **ophæve** spærrelaget



$$i = I_S (e^{v/nV_T} - 1)$$

$$i = I_S (2 - 1)$$

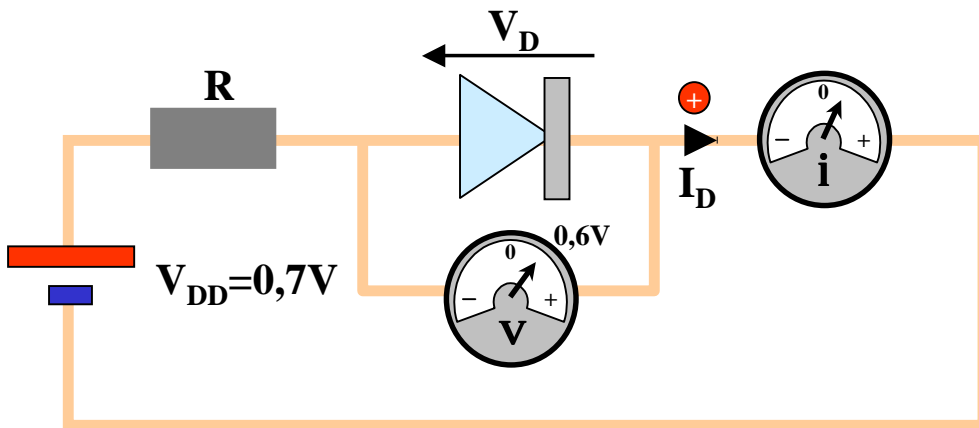
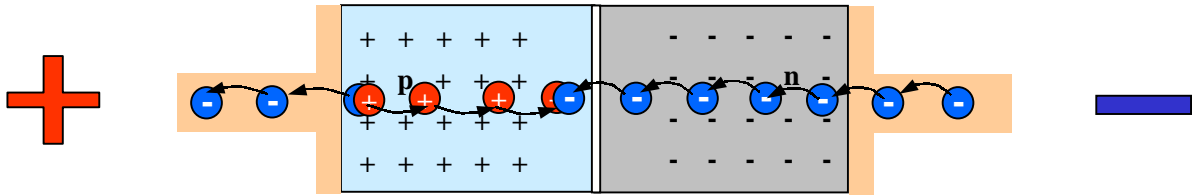
$$i = I_S [\text{nA}]$$



pn junction – @ Forward-Bias

(Sedra/Smith Fig. 3.16)

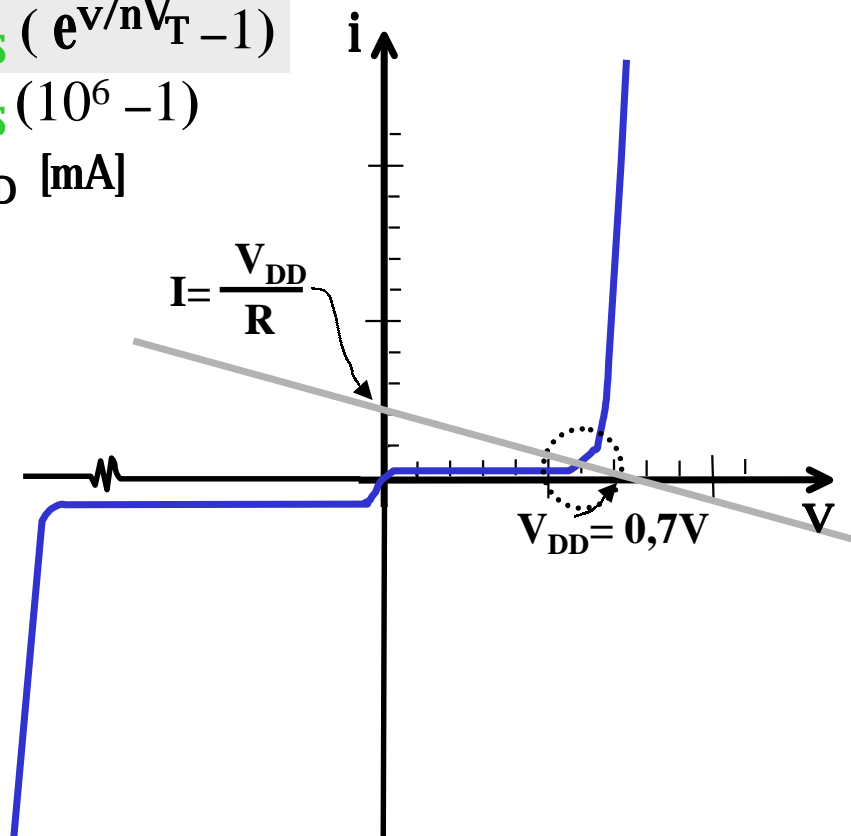
Når pn overgangen bliver påtrykt en spænding svarende til V_0 (se side 145) i lederetningen er spærrelaget helt væk og dioden begynder at lede.



$$i = I_s (e^{v/nV_T} - 1)$$

$$i = I_s (10^6 - 1)$$

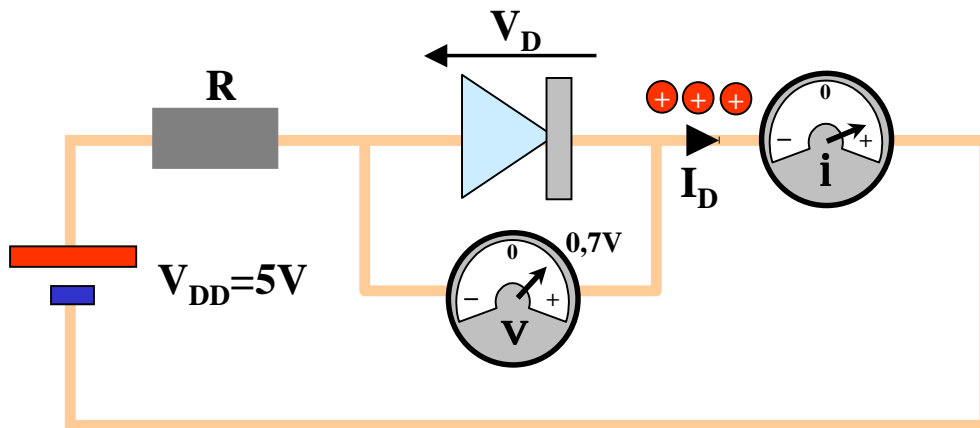
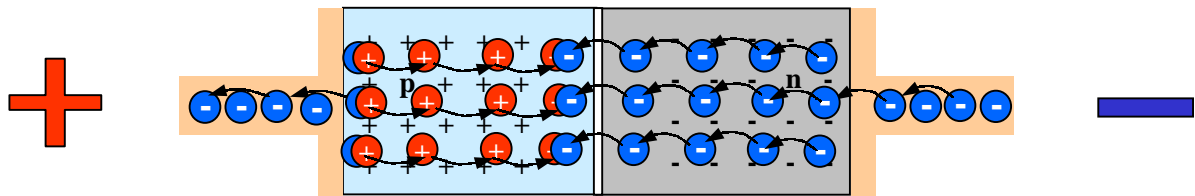
$$i = I_D \text{ [mA]}$$



pn junction – Forward-Bias

(Sedra/Smith Fig. 3.16)

Når kredsløbet påtrykkes en spænding, som er væsentligt større end 0,7V vil det primært være modstanden, som bestemmer (begrænser) strømmen.



$$i = I_S (e^{v/nV_T} - 1)$$

$$i = I_S (10^9 - 1)$$

$$i = I_D \text{ [A]}$$

$$I = \frac{V_{DD}}{R}$$

