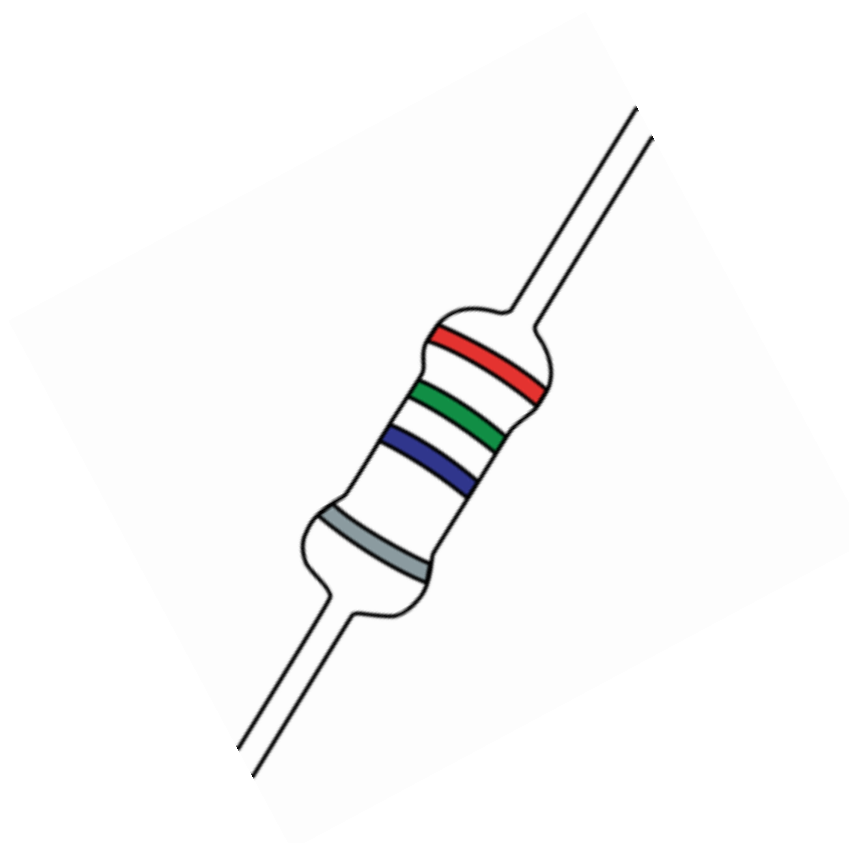


Föreläsning 12

Halvledare

PN-diod

Olinjär kretsar - lastlinjer



Labrapport

Gratisprogram för att rita kretsar:

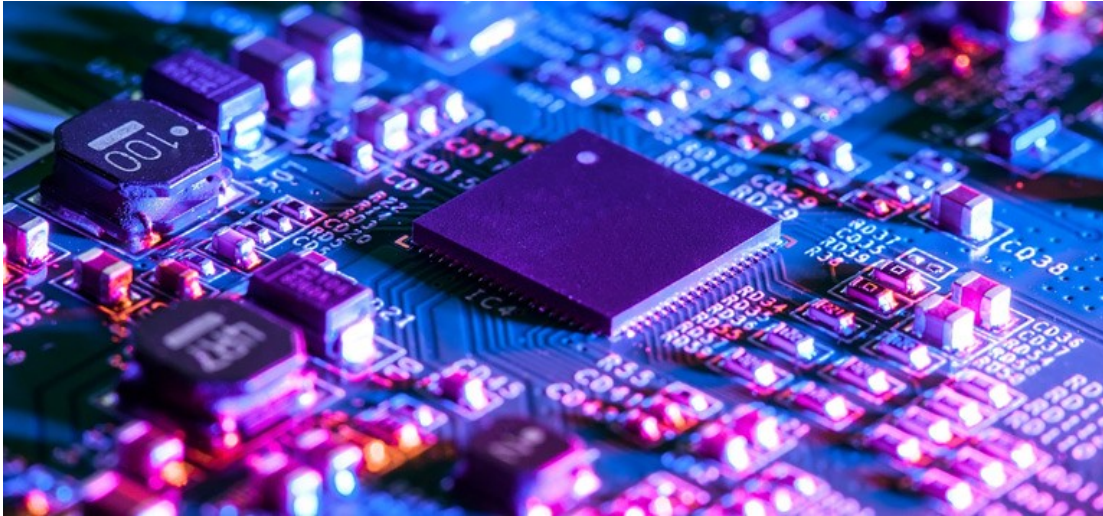
<http://www.digikey.com/schemeit/>

QUCS

LTSPICE

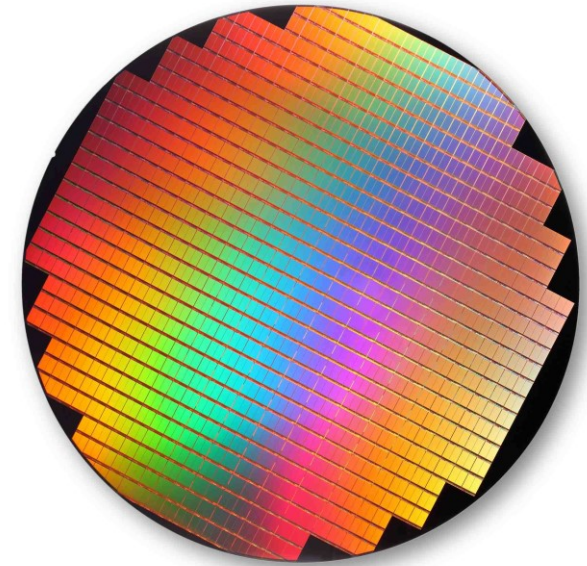
Andra förslag (?)

Halvledare – en snabb introduktion



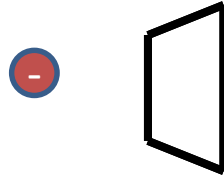
5 B Boron 2.34	6 C Carbon 2.62	7 N Nitrogen 1.251
13 Al Aluminum 2.70	14 Si Silicon 2.33	15 P Phosphorus 1.82
31 Ga Gallium 5.91	32 Ge Germanium 5.32	33 As Arsenic 5.72

©2001 HowStuffWorks



Resistans på elektronnivå

$$I = U / R = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

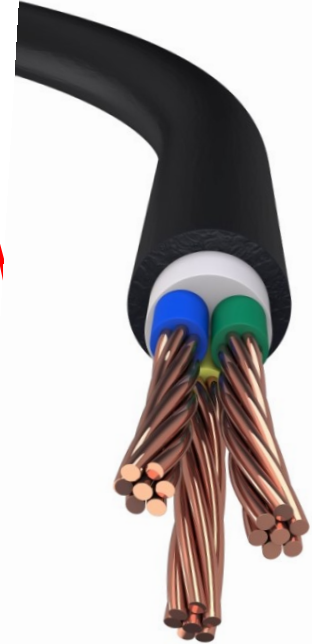
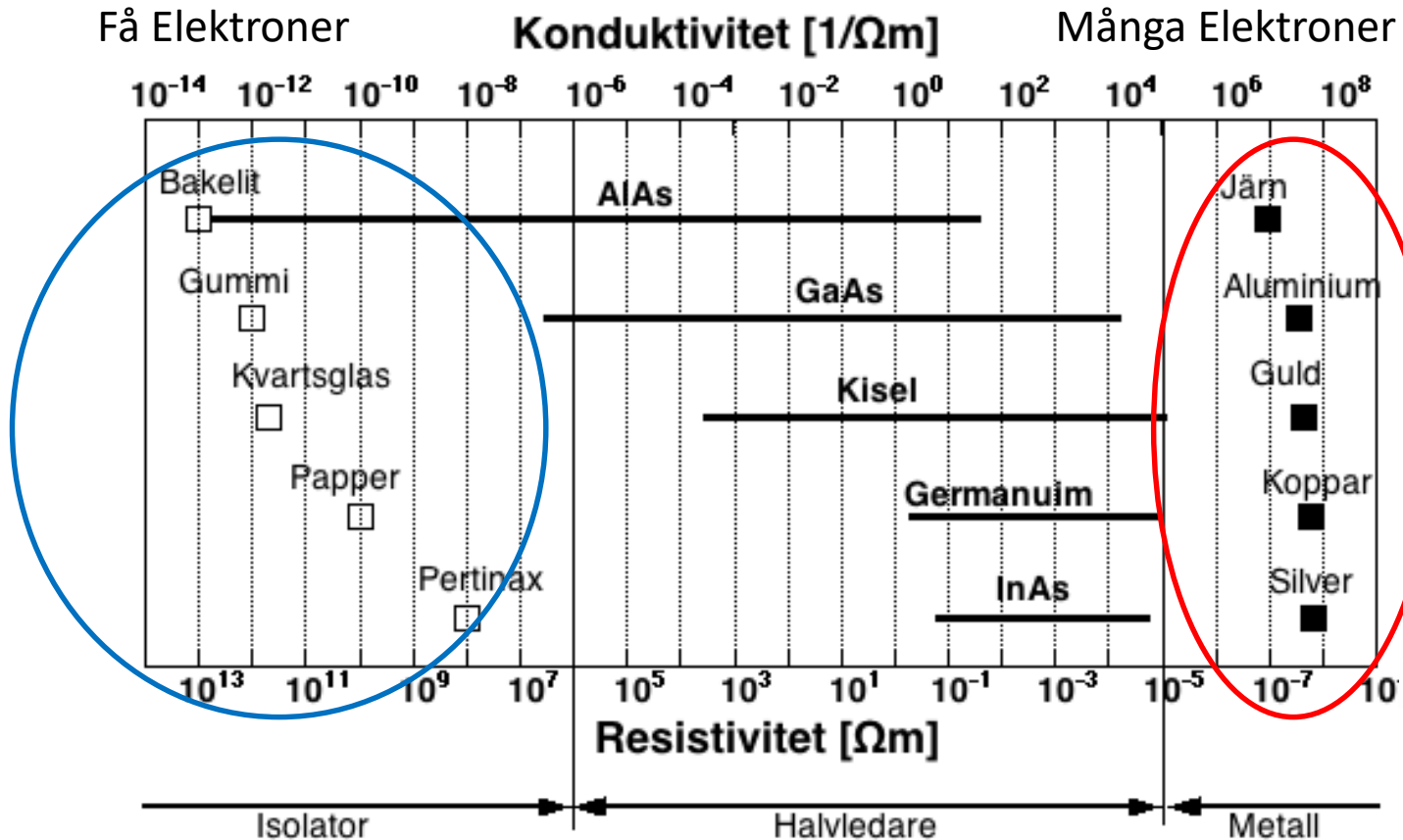


$$R \propto \frac{1}{Q}$$

$$\rho \propto \frac{1}{Q}$$

Koncentrationen av (**rörliga**) elektroner i ett material styr dess resistans!

Isolator – Halvledare - Metall



Isolator – hög resistivitet:
Få rörliga elektroner

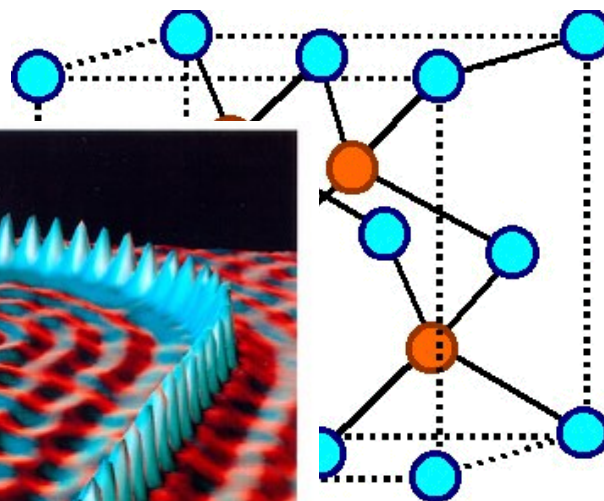
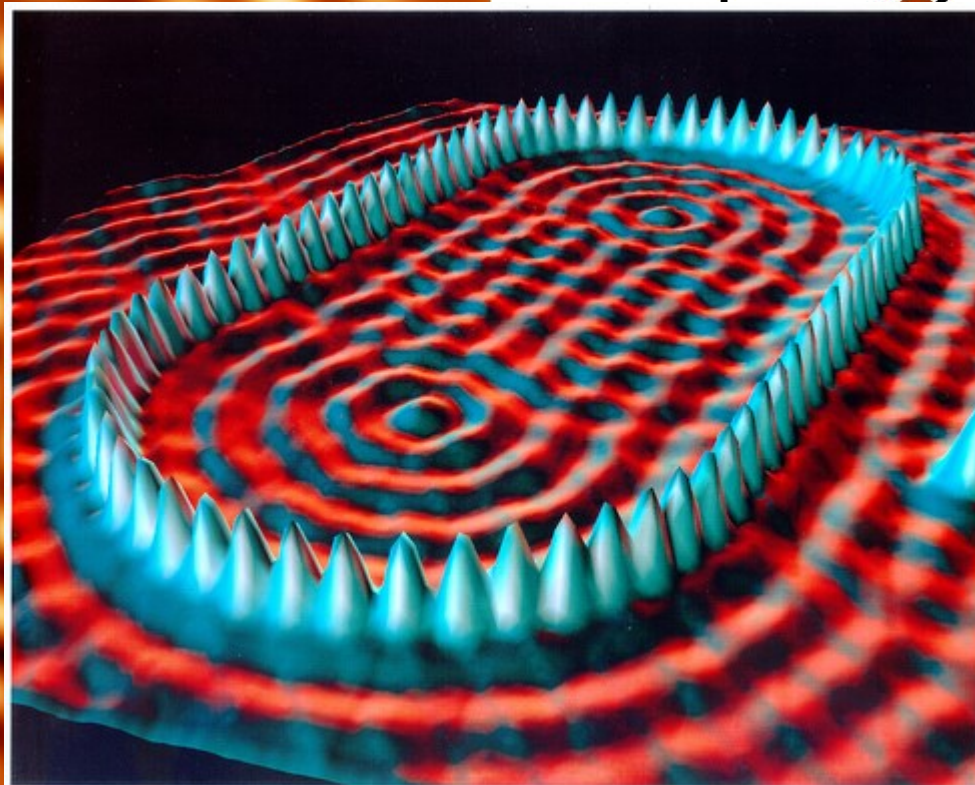
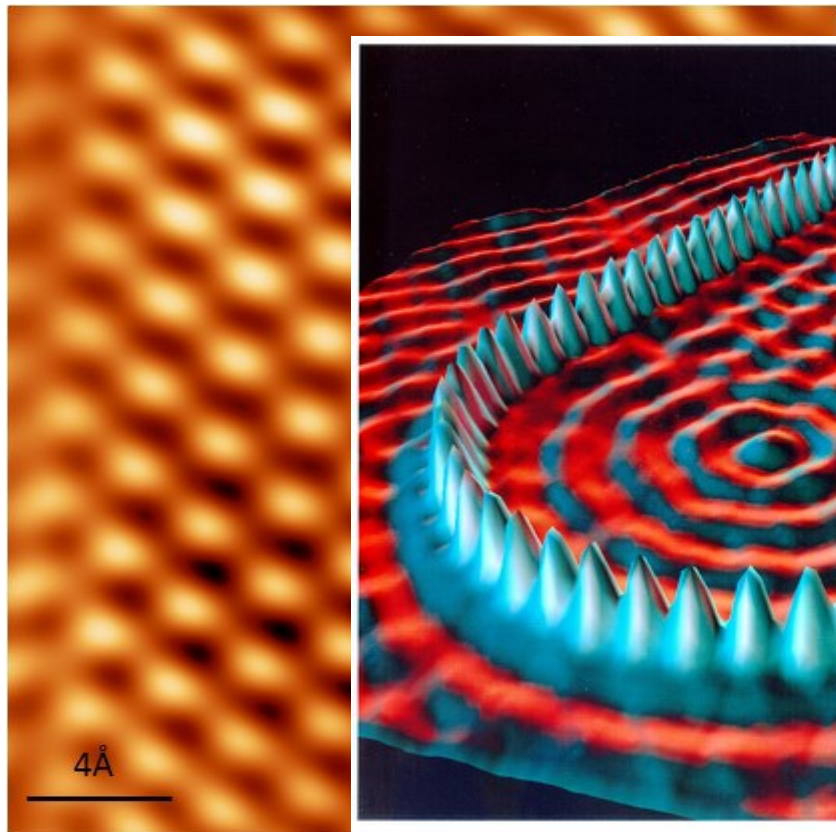
Halvledare (?)

Metall – låg resistivitet:
Många rörliga elektroner

Ett material utan bandgap

Metall

Scanning Tunneling Microscope

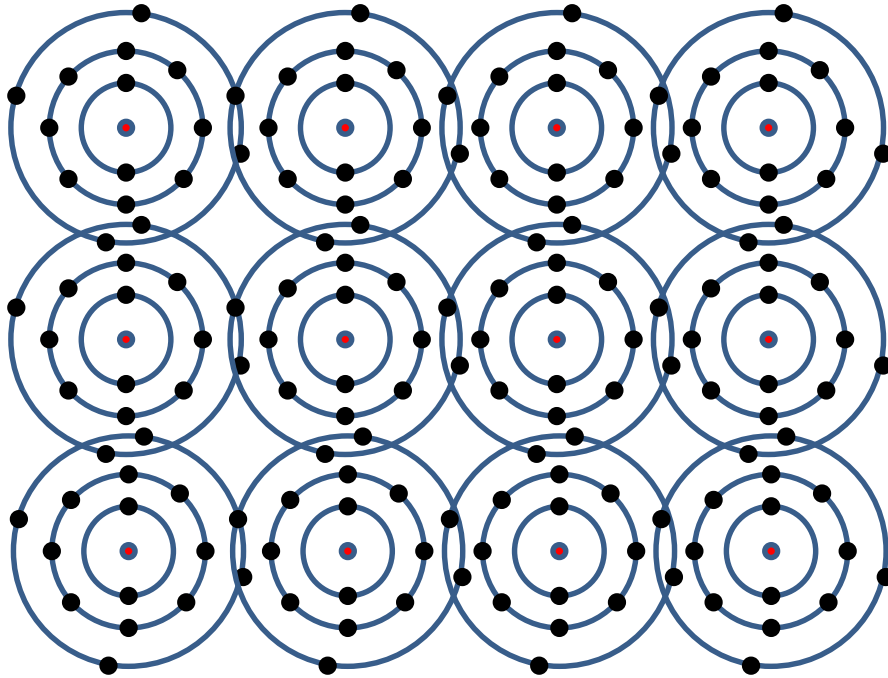


/ cm³
er / cm³

oner –
ra!

En (våldigt ren) kopparyta

Isolator – Halvledare - Metall



Kisel:

4 valenselektroner

Kovalenta bindningar till 4 andra Si-atomer

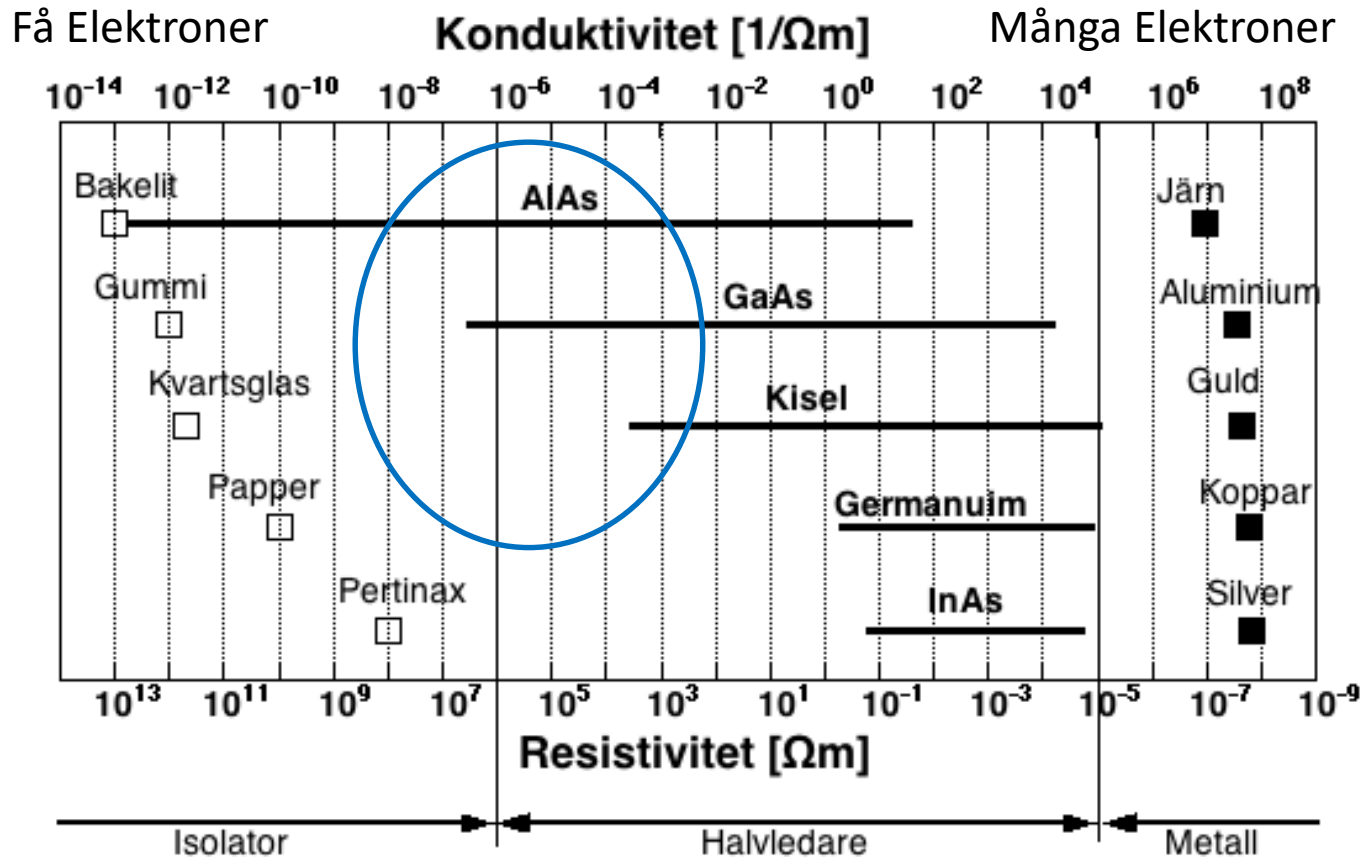
Fyllt valensskal (8 elektroner)– alla elektroner är bundna till var sin Si-atom.

Gott om elektroner – men inga kan flytta på sig! Leder inte ström!

(Egentligen behöver vi använda kvantmekanik för att på riktigt förstå vad som händer...)

En intrinsisk halvledare uppför sig som en isolator!

Isolator – Halvledare - Metall



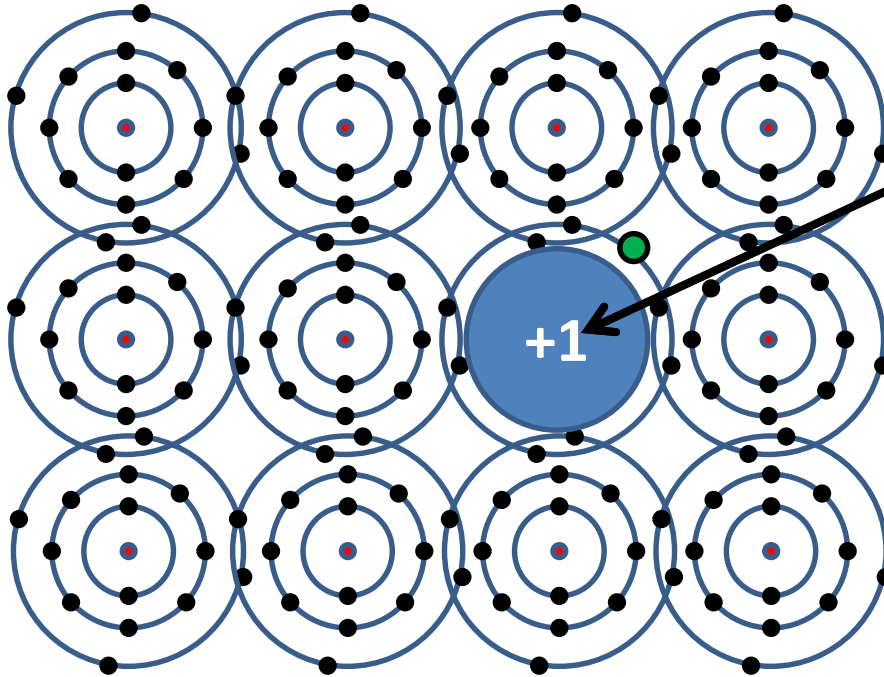
Isolator – hög resistivitet:
Få rörliga elektroner

Halvledare (?)

Metall – låg resistivitet:
Många rörliga elektroner

Ett material utan bandgap

Halvledare: n-dopning



Om vi ersätter några Si-atomer med exempelvis Fosfor (P).

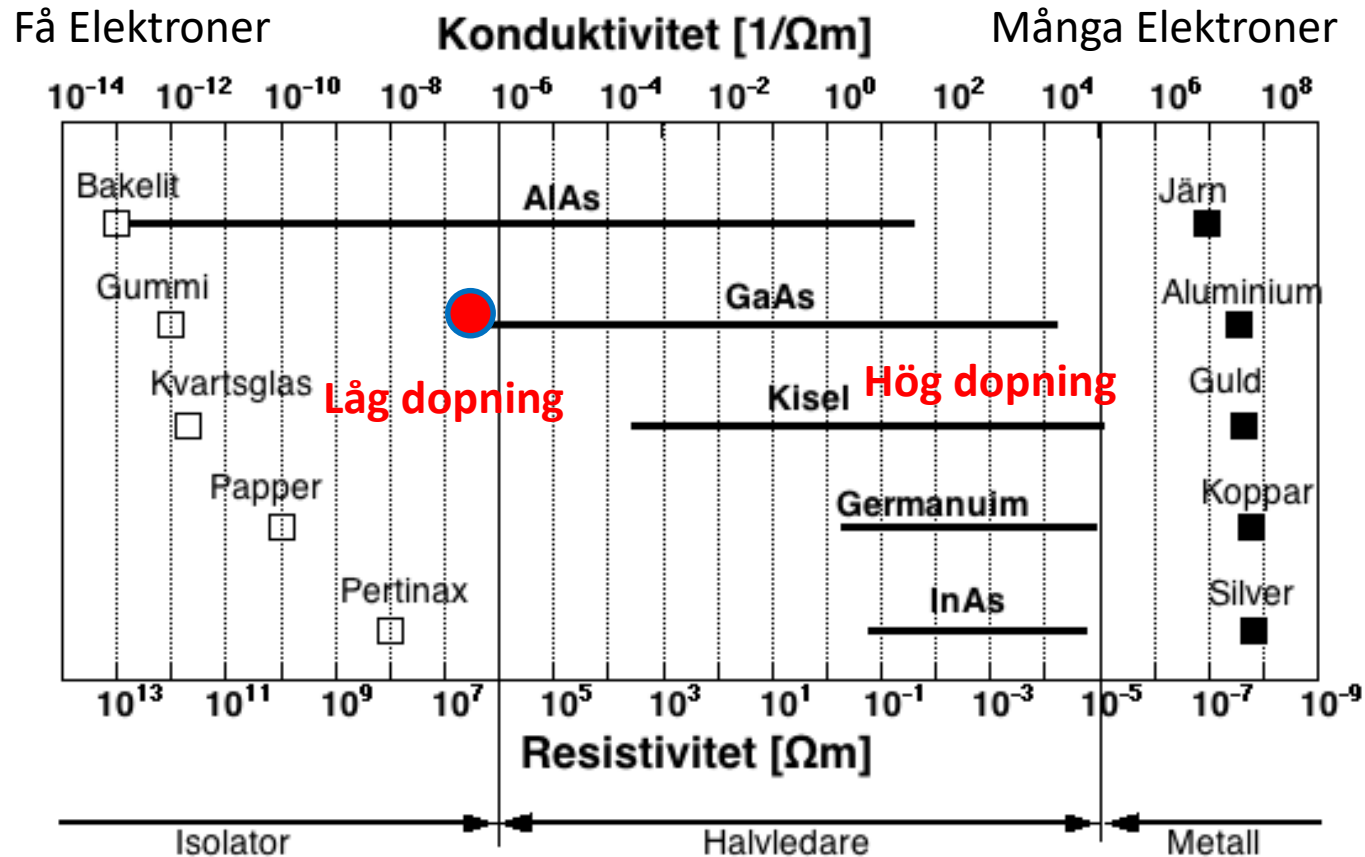
En valenselektron mer än Si!

Sitter inte alls fast – kan åka omkring i halvledaren!

Vi får några rörliga *negativa* elektroner och några (fast) positiv laddad joner!

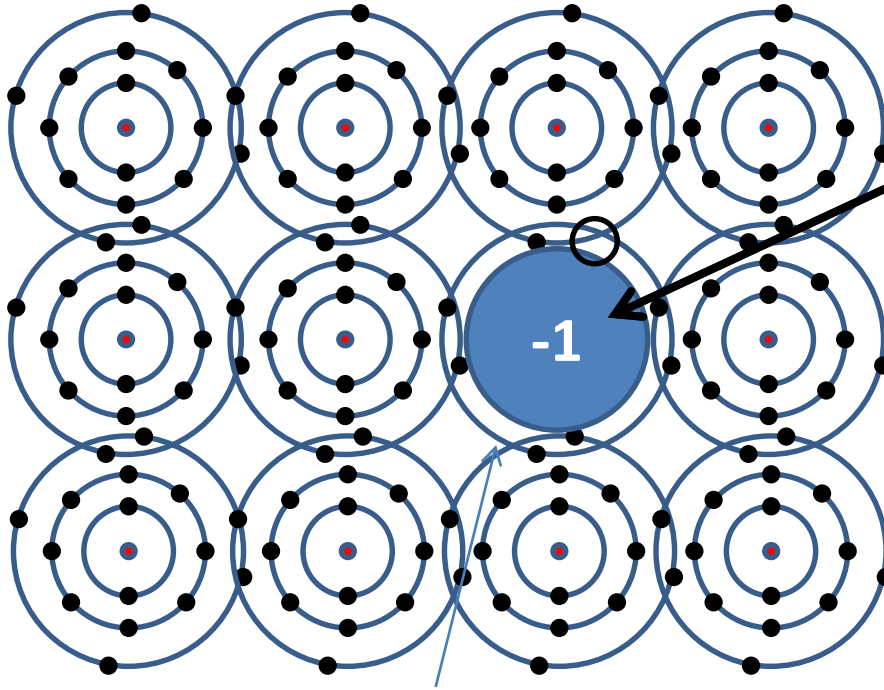
Koncentration av rörliga elektroner = Koncentration av fosfor-atomer i Kisel

Isolator – Halvledare - Metall



Vi kan enkelt styra halvledares resistans med dopning!

Halvledare P-dopning



Om vi ersätter några Si-atomer med exempelvis bor (B).

En valenselektron *mindre* än Si!

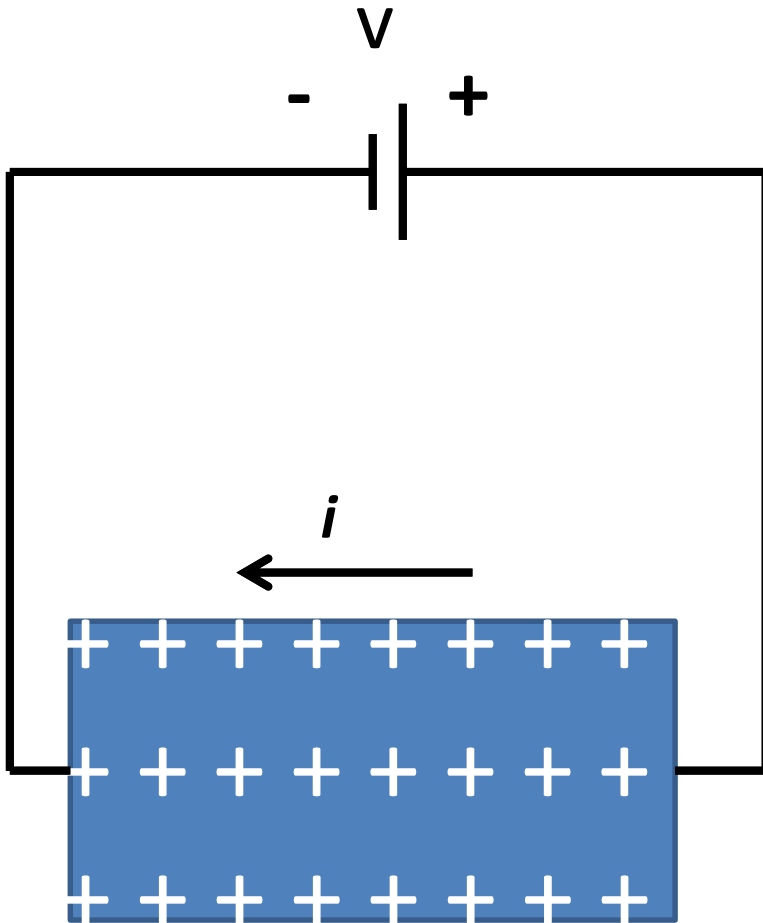
Ledig plats för elektroner att hoppa till – ett **hål** som **flyttar på sig**.

Hål – avsaknad av en elektron:
Uppför sig som en "Positiv laddning"

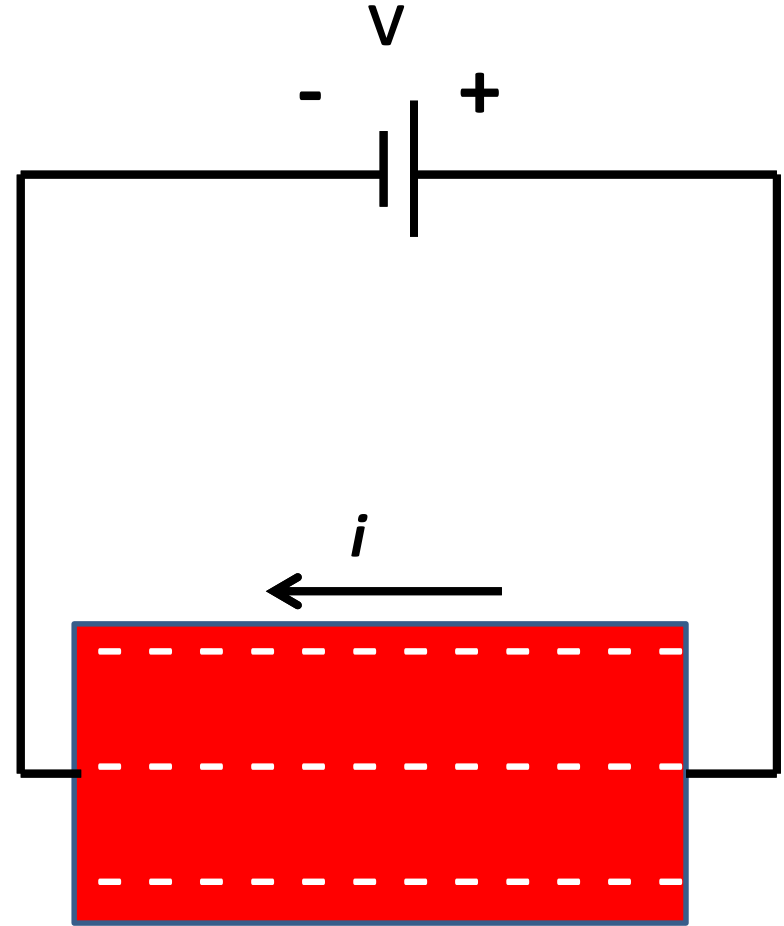
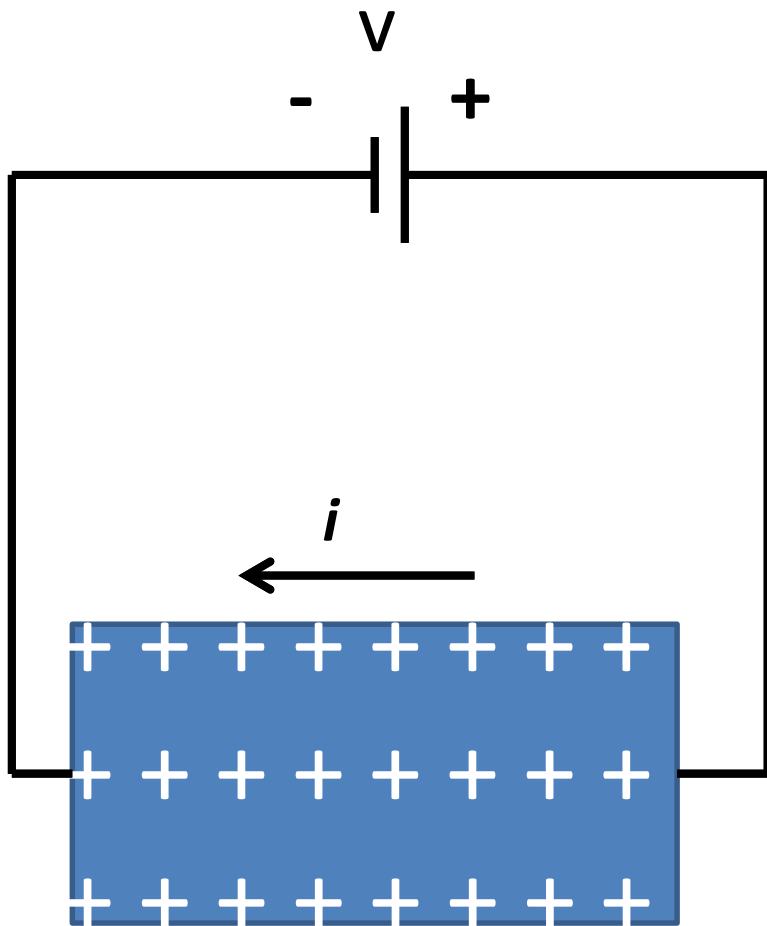
Vi får rörliga hål och fasta negativt laddade joner!

Koncentration av rörliga hål= Koncentration av bor-atomer i Kisel

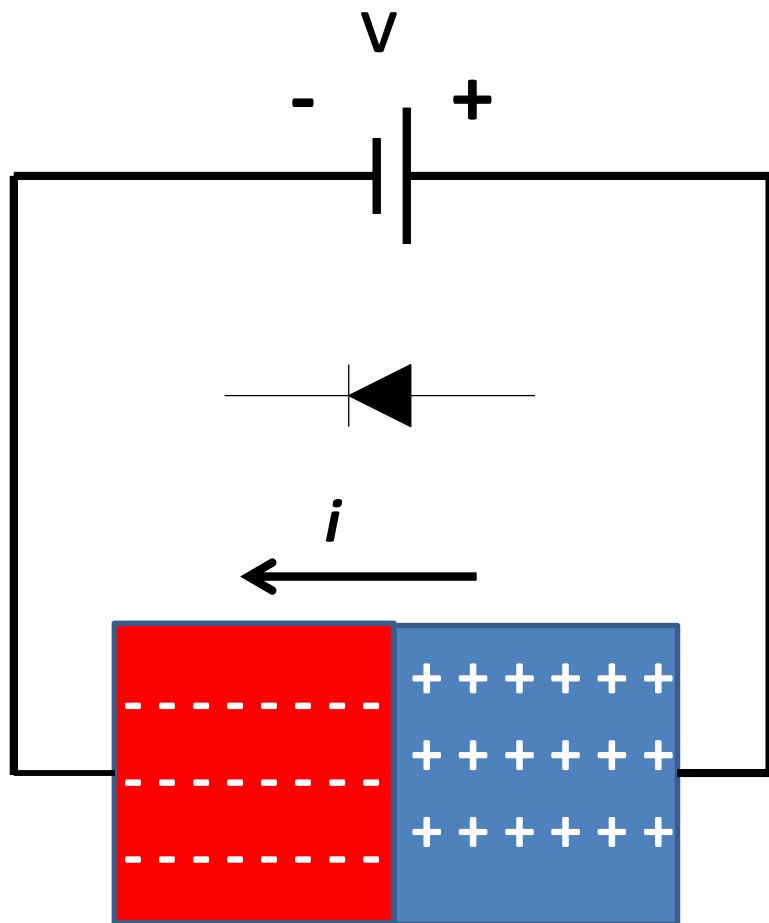
Ledning



Ledning: n och p



Ledning – pn-diod

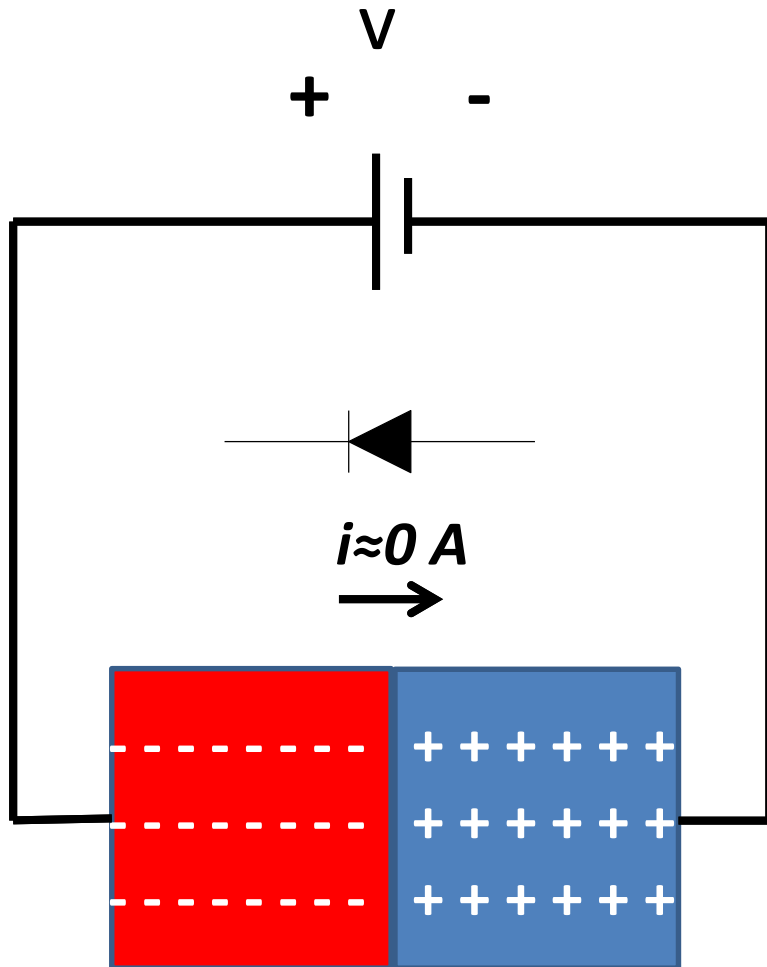


Vi kan injecera + från batteriers plus-pol

Vi kan injecera - från batteriets minus-pol

Leder ström från p till n!

Ledning – pn diod

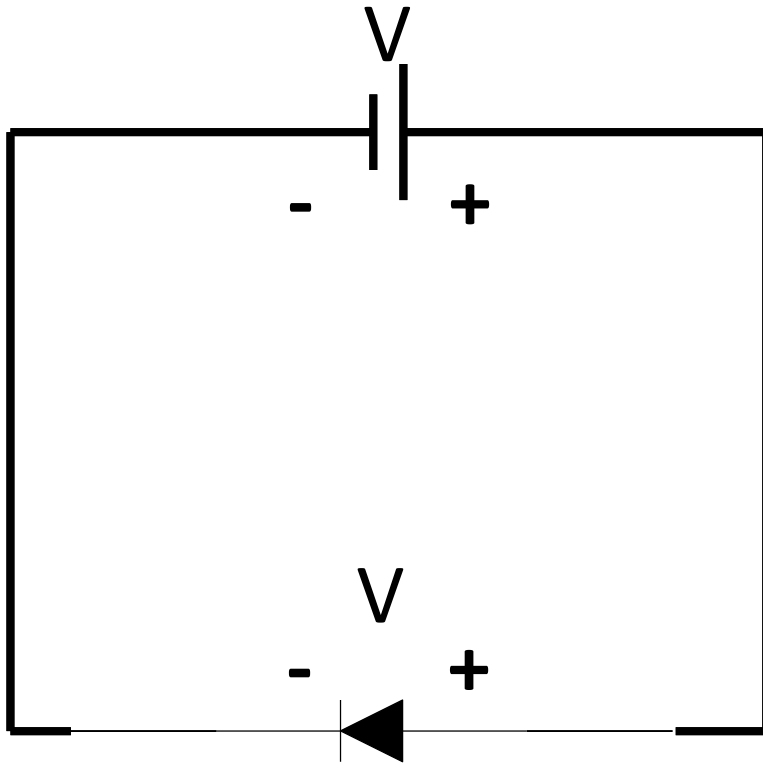


KCL: Vi kan inte skapa nya laddningar inne i dioden!

Leder inte ström från n->p!!

Likriktare!

Diod



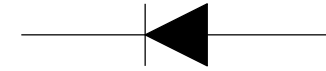
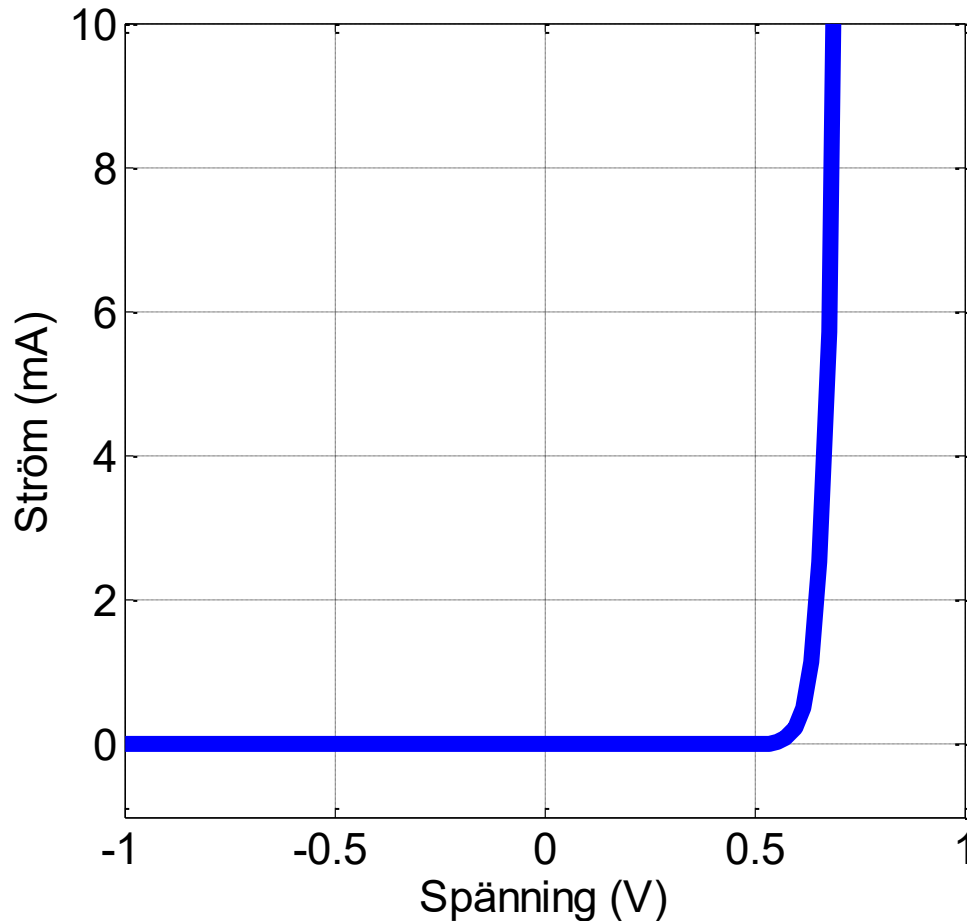
$$I = I_0 \left(e^{\frac{V}{nV_T}} - 1 \right)$$

$$V_T = \frac{kT}{q} = 25 \text{ mV}$$

$$I_0 \approx 10 \text{ fA}$$

$$n \approx 1 - 2$$

Diod Ström-Spänning



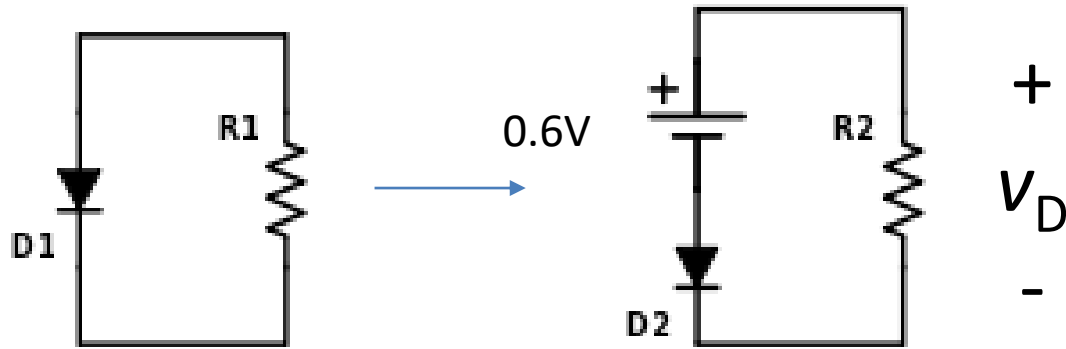
$$I = I_0 \left(e^{\frac{V}{V_T}} - 1 \right)$$

$$V_T = \frac{kT}{q} = 25 \text{ mV}$$

$$I_0 \approx 10 \text{ fA}$$

Leder bara ström åt ena hållet - likriktare

Diod/Resistor

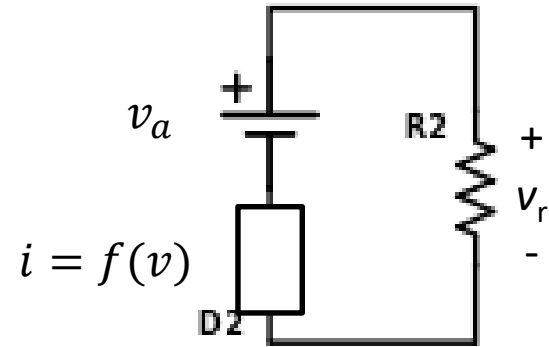
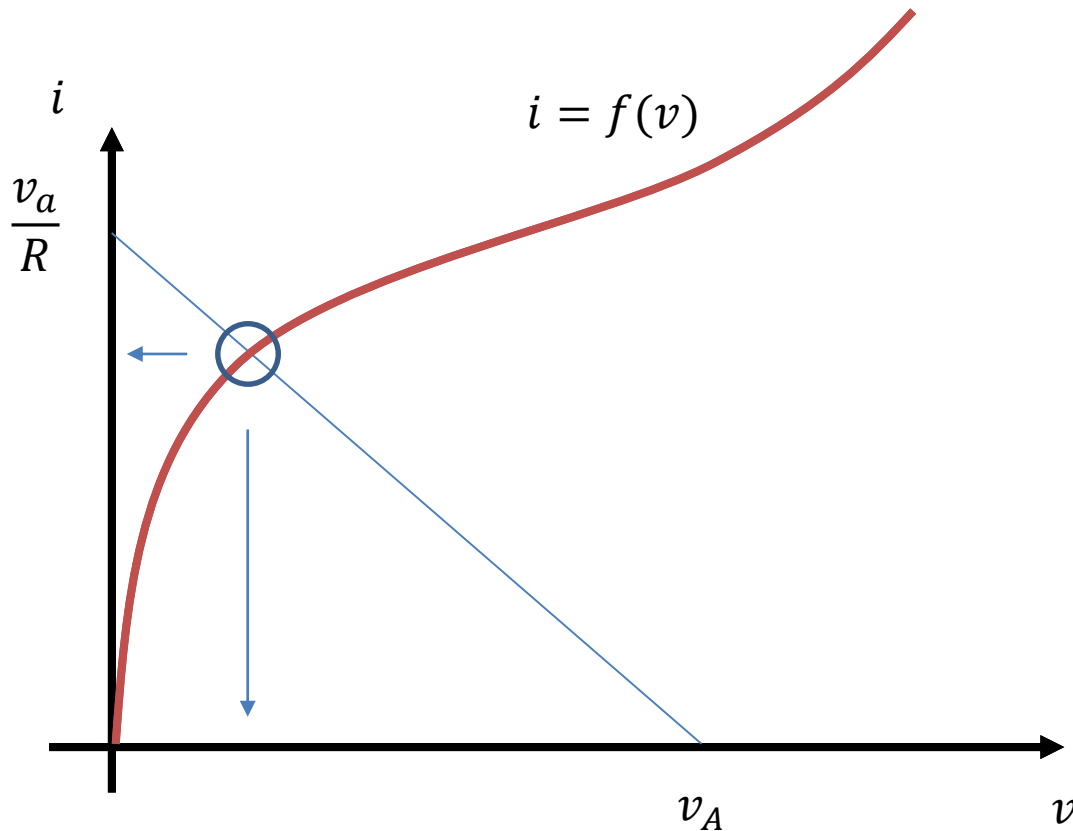


Om vi använder modell 2 – hur stor är spänningen v_D ?

- A: 0V
- B: 0.6V
- C: -0.6V
- D ???

Nano.participoll.com

Lastlinje (load line) – grafisk lösning



1. Rita in $i=f(v)$
2. Markera v_a . Markera v_a/R .
3. Förbind med rät linje
4. Skärningspunkten ger i och v

PN-övergång: Solcell – LED – Laser - Fotodiod

