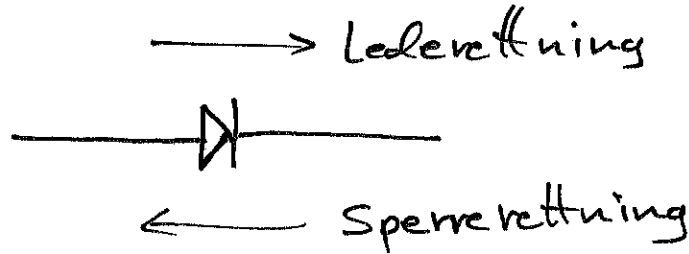


Dioder

En (ideell) diode leder strøm i ene retningen og ikke i den andre retningen.



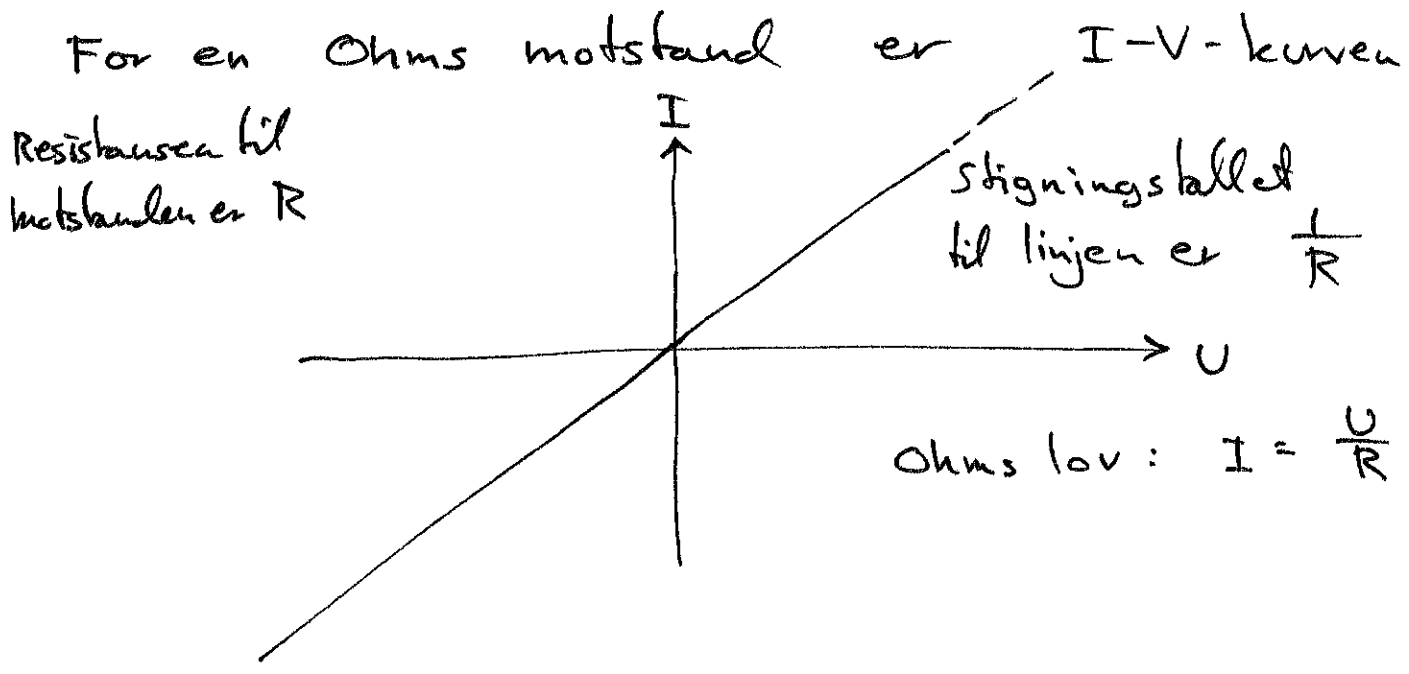
Dioder lages oftest av halvledere.



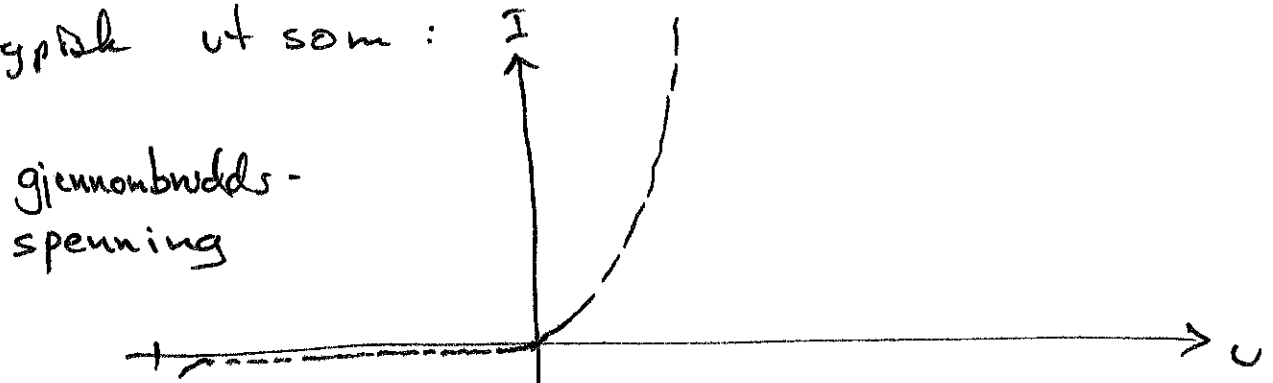
I praksis vil dioder lede en liten strøm i spærreretningen, og det kreves en spenning for at dioden skal lede strøm i lederretningen. Typisk 0.6V for dioder laget av silisium.

Så spenningsfallet over dioder er typisk 0.6V i lederretning.

② En strøm-spenningskurve er en graf som viser sammenhengen mellom spennings V over en komponent og strøm I gjennom komponenten. (I-V-kurve)



For en (halvleder) diode ser I-V-kurven typisk ut som:



Zener dioder tåler å lede strøm i sperre retningen. De har spesifiserte gjennombruddsspenninger 1.5V - 100V.

En "vanlig" diode kan pålegges hvis det går mye strøm i sperre retning.

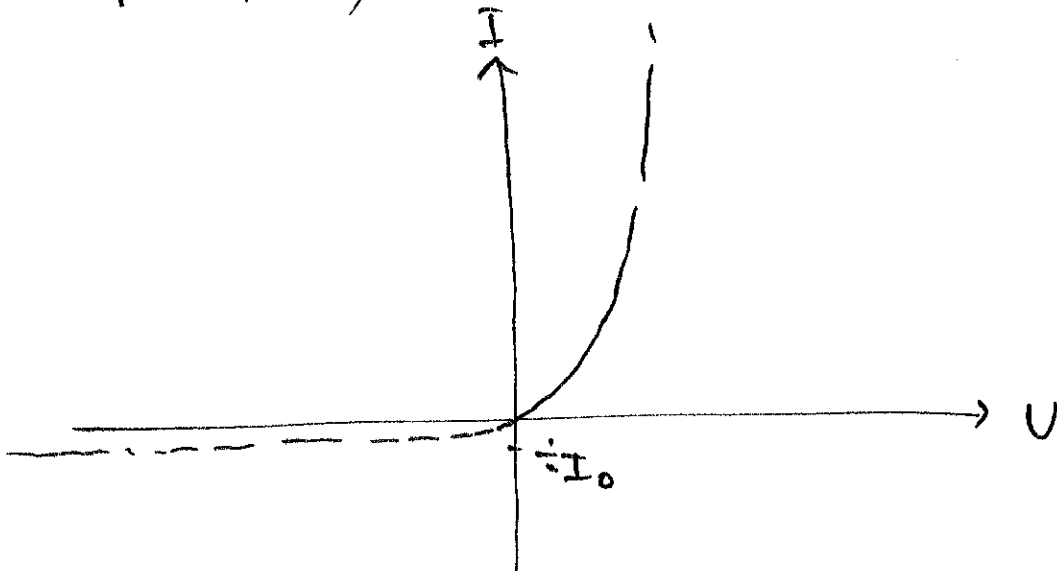
3 Tiden det tar for en diode leder/sperrer er typisk $1 \text{ ns} = 10^{-9} \text{ s}$.
(kan være et problem med høyfrekvente signal.)

Diodelikningen

Shockley likningen for en (ideell halvleder) diode er:

$$I = I_0 \left(e^{q_e \cdot U / n \cdot k \cdot T} - 1 \right)$$

(ser bort fra gjennombrudd i spenning, bare lekestrøm.)



q_e : elementarladningen

$$q_e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

k : Boltzmanns konstant

$$k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

T : Temperaturen målt i Kelvin.

$$0^\circ \text{C} = 273 \text{ K}$$

$$27^\circ \text{C} = 300 \text{ K}$$

$$100^\circ \text{C} = 373 \text{ K}$$

OK absolute nullpunkt

4 $e = 2.718\dots$ Eulers tall.

$$\frac{d}{dx} e^x = (e^x)' = e^x$$

U er spenningen over dioden

$U > 0$ i lederrettning ($I > 0$)

$U < 0$ i sperverettning ($I < 0$)

I_0 : Lekasjestrømmen til dioden
(metningsstrømmen i sperverettning)

$I_0 = 10^{-8} \text{ A}$ er en typisk verdi ($10^{-6} \text{ A} - 10^{-10} \text{ A}$)

n ideal faktor (emisjonskoeffisient)

$$1 \leq n \leq 2$$

ofte antar vi et $n = 1$

Det er vanlig å kalle $\frac{k \cdot T}{q_e} = V_T$
termisk spenning.

Når $T = 300 \text{ K}$ (27°C) så er

$$V_T = 25.85 \text{ mV} = 0.026 \text{ V}$$

Shockleys likning $I = I_0 \left(e^{\frac{U}{n \cdot V_T}} - 1 \right)$

$$n=1 \quad \text{Hvis} \quad U = 0.1V \quad \text{så er} \quad \frac{U}{V_T} \sim 4$$

$$T=300K \quad e^4 = (e^2)^2 \sim 55$$

(5)

$$\text{Hvis} \quad U > 0.1V \quad I = I_0 \cdot e^{U/V_T}$$

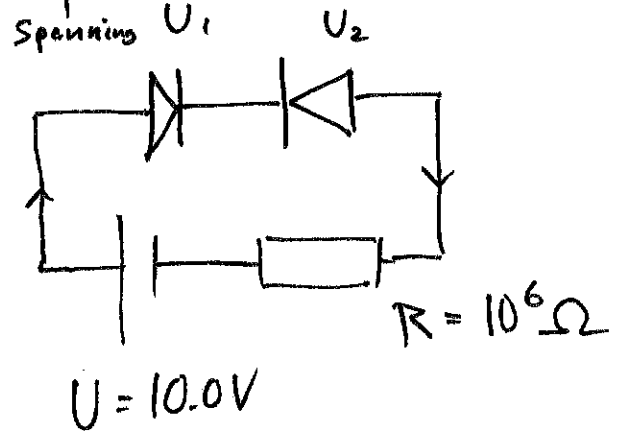
$$\text{Hvis} \quad U < -0.1V \quad I \sim I_0$$

Eksempel Hva er strømmen I gjennom en diode i lederetning når $n=1$, $T=300K$ lekasjestrømmen $I_0 = 10^{-9}A$ og spenningen over dioden er $U = 0.6V$?

$$\begin{aligned} I &= I_0 (e^{U/n \cdot V_T} - 1) \\ &= 10^{-9}A \left(e^{\frac{0.6V}{0.026V \cdot 1}} - 1 \right) \\ &= 10^{-9}A (10^{10}) = \underline{10A} \end{aligned}$$

Hvis $n=2$ hva er I ?

$$\begin{aligned} I \text{ er da} & \quad 10^{-9}A \cdot \left(e^{0.6V/0.026V} \right)^{1/2} \\ &= \underline{10^{-4}A} \end{aligned}$$



$T = 300K$
 $n = 1$

Spenningen over motstanden er $U_R = 10mV = 0.010V$

- a) Hva er strømmen i kretsen?
- b) Hva er spenningen over diodene?

a) Strømmen er $I = \frac{0.010V}{10^6 \Omega} = \underline{10^{-8} A}$

Dette er lekkestrømmen.

$$I = I_0 = I_0 (e^{U_1/V_T} - 1)$$

U_1 spenningen over dioden i lederetning.

$$1 = e^{U_1/V_T} - 1$$

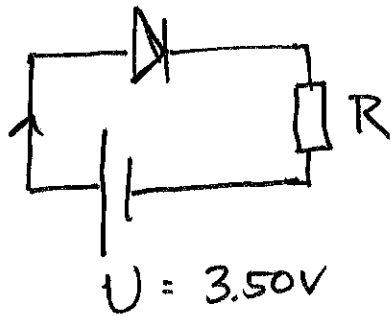
$$2 = e^{U_1/V_T}$$

$$\ln 2 = \ln (e^{U_1/V_T}) = \frac{U_1}{V_T}$$

$$U_1 = V_T \cdot \ln 2 = 26mV \cdot 0.69 = \underline{18mV}$$

spenningen U_2 over dioden i sperreledning er da $10.0V - 0.03V = \underline{10.0 V}$

(7)



$$T = 300\text{K}$$

$$n = 1$$

Lekasjestrommen er $I_0 = 1.00 \cdot 10^{-9}\text{A}$

Strømmen i kretsen $0.10\text{mA} = 10^{-4}\text{A}$

a) Finn spenningen U_d over dioden.

b) Finn resistansen til motstanden.

$$I = I_0 (e^{U_d/V_T} - 1)$$

$$10^{-4}\text{A} = 10^{-9}\text{A} (e^{U_d/V_T} - 1)$$

$$\text{Så } e^{U_d/V_T} = 10^5 + 1 \approx 10^5$$

$$\frac{U_d}{V_T} = \ln e^{U_d/V_T} = \ln 10^5 = 5 \cdot \ln 10$$

$$U_d = 26\text{mV} \cdot 5 \cdot 2.3 = \underline{0.30\text{V}}$$

Spenningen over motstanden er

$$(3.50 - 0.30)\text{V} = 3.20\text{V}.$$

$$\text{Resistansen } R = \frac{3.20\text{V}}{10^{-4}\text{A}} = 3.20 \cdot 10^4 \Omega$$

$$= \underline{32\text{ k}\Omega}$$

8

Lekasjestrømmen doubles (omtrentlig) for hver 10°C temperaturøkning.

Dette svarer til 7% økning for hver grad.
($(1.07)^{10} \sim 2$)