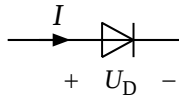


Dioden, en introduktion

Dioden är en halvledarkomponent i vilken positiva och negativa laddningsbärare i mittskiktet har diffunderat över till motsatta sidor och härmed skapat en potentialbarriär som är ungefär 0,7V för kiseldioder.

Symbol



En elektronfysikalisk analys ger följande matematiska modell för dioden

$$I = I_s \cdot \left(e^{\frac{U_D}{U_T}} - 1 \right), \text{ där } U_T = \frac{k \cdot T}{q}$$

$$k = 8,62 \cdot 10^{-5} \text{ eV} = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

T = absoluta temperaturen i K

$$q = \text{elektronens laddning} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

I_s är en storhet som beror på diodens storlek och konstruktion.

För signaldioder ("små dioder") gäller att I_s är av storleksordningen $1 \text{ fA} = 10^{-15} \text{ A}$.

Vid $T = 25^\circ \text{C} = 298 \text{ K}$ gäller $U_T = 25,7 \text{ mV}$, så att

$$I = I_s \cdot \left(e^{\frac{U_D}{25,7 \text{ mV}}} - 1 \right).$$

För olika spänningar ger detta

$$U_D = -0,5 \text{ V} \Rightarrow I = -1 \text{ fA}$$

$$U_D = -0,1 \text{ V} \Rightarrow I = -0,98 \cdot \text{fA}$$

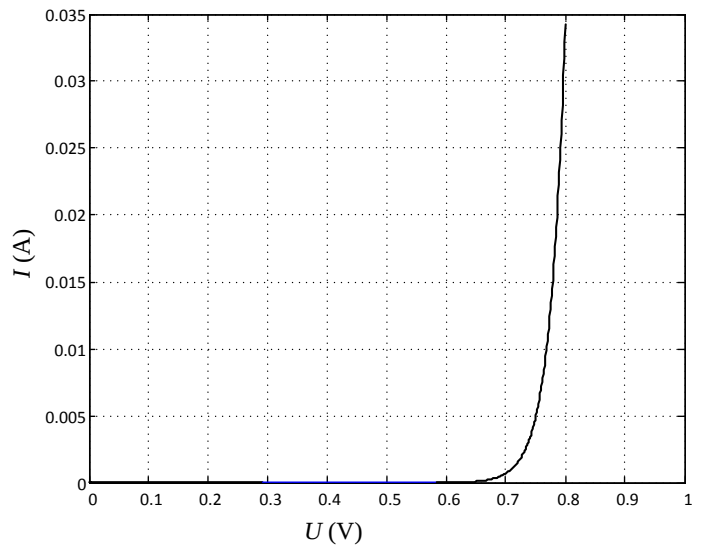
$$U_D = 0,5 \text{ V} \Rightarrow I = 0,28 \mu\text{A}$$

$$U_D = 0,6 \text{ V} \Rightarrow I = 13,8 \mu\text{A}$$

$$U_D = 0,7 \text{ V} \Rightarrow I = 0,67 \text{ mA}$$

$$U_D = 0,8 \text{ V} \Rightarrow I = 33,0 \text{ mA}$$

Detta ger karakteristiken t.h.



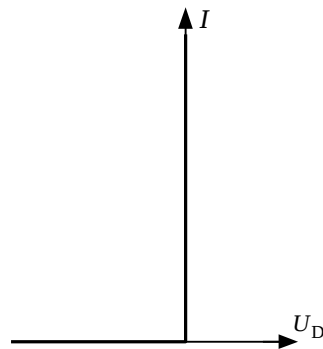
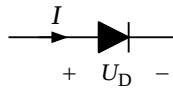
Som synes händer det en del kring $U_D = 0,7V$. Detta ligger till grund för några enkla diodmodeller.

Några diodmodeller (styckvis linjära)

Eftersom sambandet mellan spänning och ström hos dioden är olinjärt blir beräkningar på kretsar med dioder komplicerade. Därför använder vi enklare modeller som är styckvis linjära. Dessa är också olinjära men enklare att använda.

1. Modell 1 Ideal diod

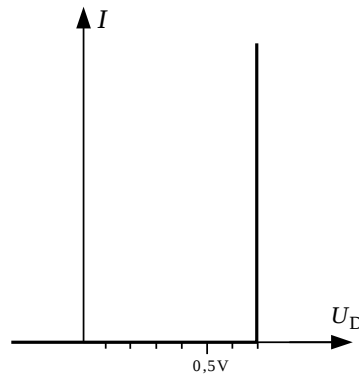
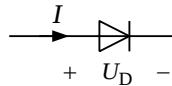
Här gäller



$U_D < 0 \Rightarrow I = 0$
 $U_D = 0 V$ då dioden leder
(strömmen bestäms av kretsen).

2. Modell 2

Ibland behövs en modell som tar hänsyn till spänningsfallet över dioden. Om vi antar att spänningen över dioden, då den leder, är $0,7V$ oberoende av strömmen och att den spärrar ström då $U_D < 0,7V$ får vi en modell med följande karakteristik.



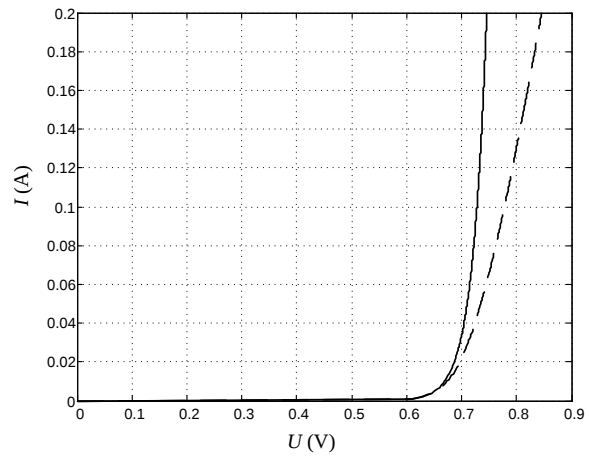
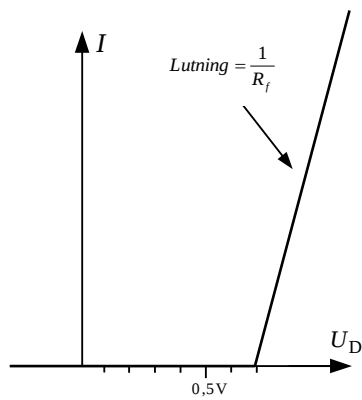
Här gäller

$U_D < 0,7V \Rightarrow I = 0$
 $U_D = 0,7V$ då dioden leder (strömmen bestäms av kretsen).

Vi säger att diodens **ledspänning** är $0,7V$

Diodens ledarmaterial har en liten resistans som gör att diodens spänningsfall beror av strömmen
 Se streckad kurva nedan.
 Följande modell tar hänsyn till detta.

Modell 3



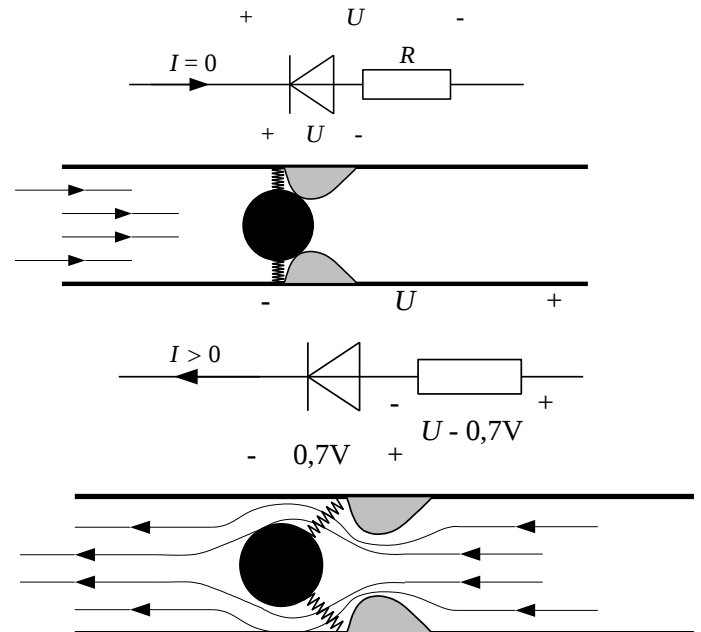
Här gäller

$$I = \begin{cases} 0 & U_D < 0,7V \\ \frac{U_D - 0,7V}{R_f} & U_D \geq 0,7V \end{cases}$$

En mekanisk analogi

Man kan göra följande jämförelse mellan dioden och ett vattenrör med en ventil i form av en fjäderbelastad kula.

Kulan spärrar vattenströmmen genom att den trycks mot en klack i rörets vägg.

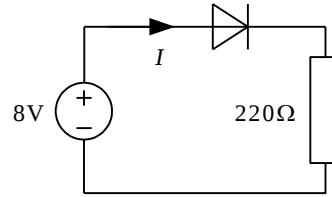


Kulan trycks åt vänster och när fjäderkraften övervinns av vattentrycket lättar kulan från klacken och vattnet släpps genom ventilen.

Här motsvaras spänningen $0,7V$ av det vattentryck som krävs för att övervinna fjäderkraften.

Exempel 1

Bestäm strömmen i vidstående krets.



Lösning

Leder dioden?

Tag bort den och bestäm spänningen U :

$$\text{KU ger } +8\text{V} - U - 220\Omega \cdot I = 0$$

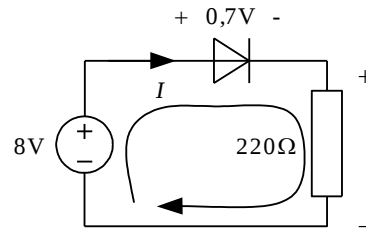
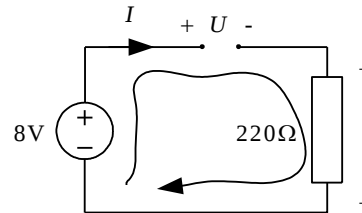
$$\text{Men } I = 0 \Rightarrow U = 8\text{V} > 0,7\text{V} \Rightarrow$$

Dioden leder och $U = 0,7\text{V}$ om den sätts tillbaka.

KU i det nedre schemat ger då

$$+8\text{V} - 0,7\text{V} - 220\Omega \cdot I = 0 \Rightarrow$$

$$I = \frac{8\text{V} - 0,7\text{V}}{220\Omega} = \underline{\underline{33,2\text{mA}}}$$



Exempel 2

Bestäm potentialen i punkten B då

a. $V_A = 1,5\text{V}$

b. $V_A = 5,0\text{V}$

Lösning

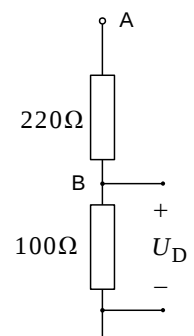
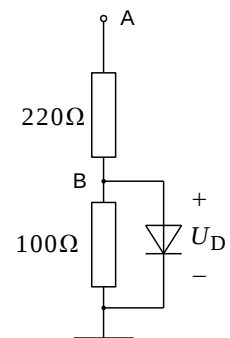
Leder dioden? Vi tar bort den och bestämmer U_D i de båda fallen.

$$\text{Spänningsdelning ger } U_D = \frac{100\Omega}{100\Omega + 220\Omega} \cdot V_A, \text{ så att}$$

$$U_D = \begin{cases} 0,46875 \text{ V} & \text{i a)} \\ 1,5625 \text{ V} & \text{i b)} \end{cases}$$

$$V_A = 1,5\text{V} \text{ ger } U_D < 0,7\text{V} \text{ vilket gör att dioden spärrar så att } \underline{\underline{V_B = U_D = 0,469\text{V}}}$$

$$V_A = 5\text{V} \text{ ger } U_D > 0,7\text{V} \text{ utan diod vilket gör att dioden leder när den sätts tillbaka så att } \underline{\underline{V_B = U_D = 0,7\text{V}}}$$

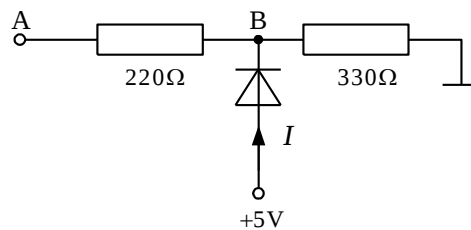


Exempel 3

Betrakta kretsen t.h. och bestäm I då

a. $V_A = 10V$

b. $V_A = 1V$



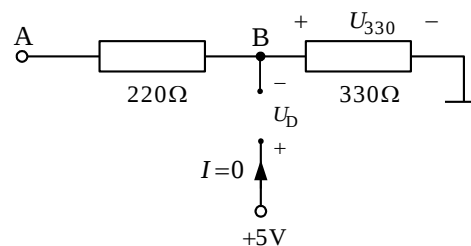
Lösning

Leder dioden? Tag bort den och bestäm U_D i de båda fallen.

$$U_D = 5V - V_B$$

V_B ges av spänningsdelning

$$V_B = U_{330} = \frac{330\Omega}{220\Omega + 330\Omega} \cdot V_A = 0,6 \cdot V_A$$



I a) får vi alltså $V_B = 0,6 \cdot 10V = 6V$, vilket ger

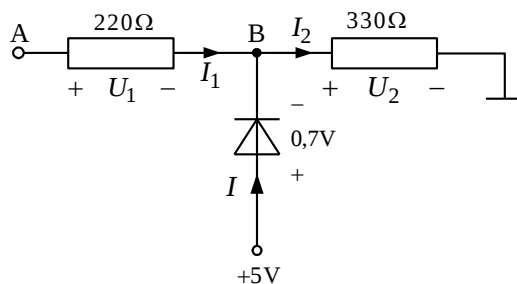
$$U_D = 5V - 6V = -1V < 0,7V.$$

Dioden spärrar om den sätts tillbaka och då blir $I = 0$.

I b) får vi alltså $V_B = 0,6 \cdot 1,5V = 0,9V$, vilket ger $U_D = 5V - 0,9V = 4,1V > 0,7V$.

Dioden leder så att $U_D = 0,7V$ om den sätts tillbaka. Detta ger följande schema för beräkning av I .

$$\text{Här är } V_B = 5V - 0,7V = 4,3V$$



KI i B ger $I_1 + I = I_2$, så att

$$I = I_2 - I_1 \quad (1)$$

$$I_1 = \frac{U_1}{220\Omega} \text{ och } I_2 = \frac{U_2}{330\Omega}$$

$$U_1 = V_A - V_B = 1V - 4,3V = -3,3V \text{ och}$$

$$U_2 = V_B - 0 = 4,3V - 0 = 4,3V$$

Detta ger

$$I_1 = \frac{-3,3V}{220\Omega} = -15mA \text{ och}$$

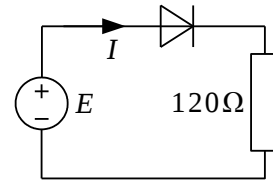
$$I_2 = \frac{4,3V}{330\Omega} = 13,03mA$$

$$\text{ger nu } I = I_2 - I_1 = 13,03mA - (-15mA) = \underline{\underline{28,03mA}}$$

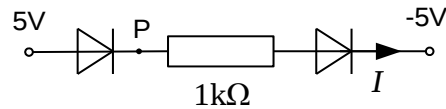
Övningar

I övningarna nedan används diodmodell 2 ovan där diodens ledspänning är 0,7V

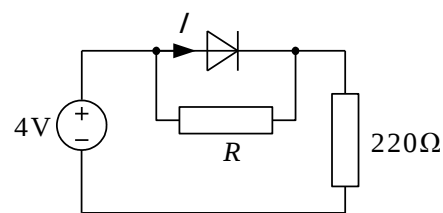
1. Betrakta kretsen t.h. Bestäm strömmen I då
 - a. $E = 5V$
 - b. $E = -5V$



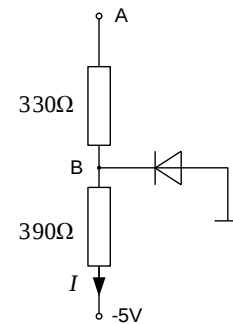
2. Bestäm strömmen I och potentialen i punkten P nedan.



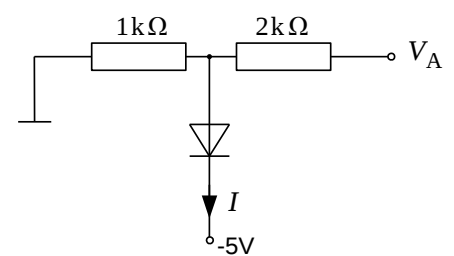
3. Bestäm strömmen I genom dioden då
 - a. $R = 30\Omega$
 - b. $R = 100\Omega$



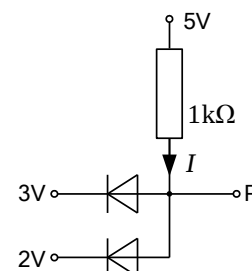
4. Bestäm strömmen I och potentialen V_B i kretsen t.h. då
 - a. $V_A = 5V$
 - b. $V_A = 2,5V$



5. Betrakta kretsen t.h.
 - a. För vilka värden på V_A leder dioden?
 - b. Bestäm strömmen I då $V_A = -10V$.

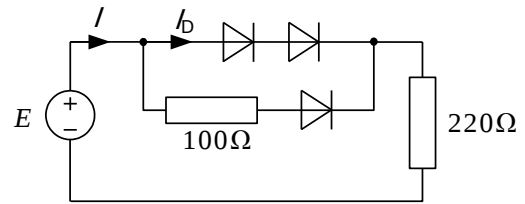


6. Bestäm strömmen I och potentialen V_P i kretsen t.h.

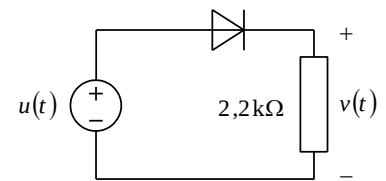
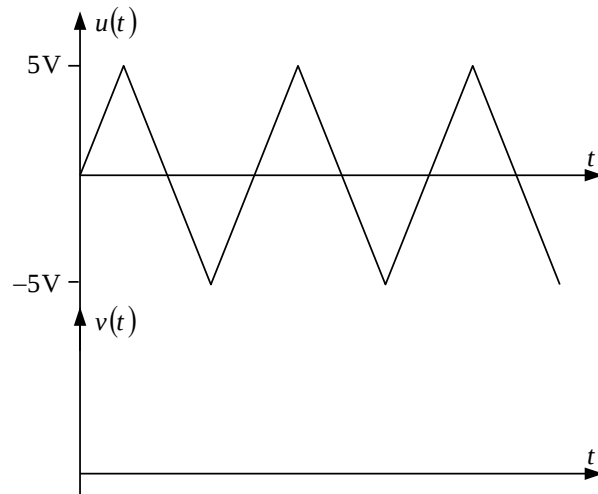


7. Bestäm strömmarna I och I_D t.h. då

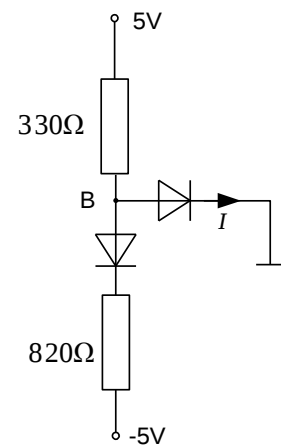
- $E = 2V$
- $E = 8V$



8. Rita i diagrammet in kurvformen för spänningen $v(t)$. Ange spänningsnivåer.

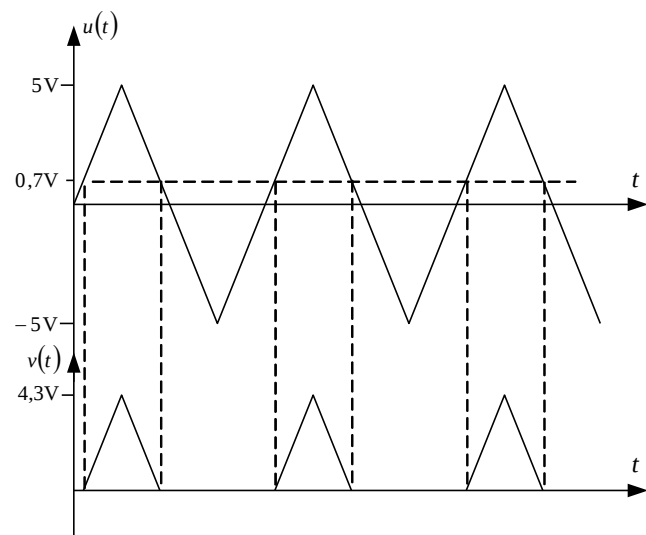


9. Bestäm strömmen I och potentialen V_B i kretsen t.h.



Svar

1. a $35,8\text{mA}$ b. 0
2. $V_P = 4,3\text{V}$ $I = 8,6\text{mA}$
3. a 0 b. 8mA
4. a $V_B = 0,417\text{V}$ $I = 13,9\text{mA}$
b $V_B = -0,7\text{V}$ $I = 11,0\text{mA}$
5. a. $V_A > -12,9\text{V}$
b. $I = 1,45\text{mA}$
6. $V_P = 2,7\text{V}$ $I = 2,3\text{mA}$
7. a $I = 4\text{mA}$ $I_D = 0$
b $I = 30\text{mA}$ $I_D = 23\text{mA}$
8. Se figur t.h.



9. $V_B = 0,7\text{V}$ $I = 6,93\text{mA}$