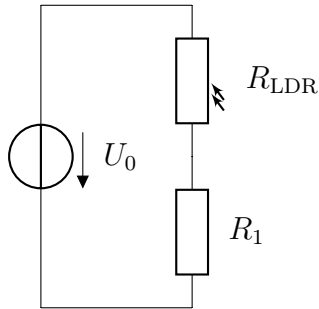


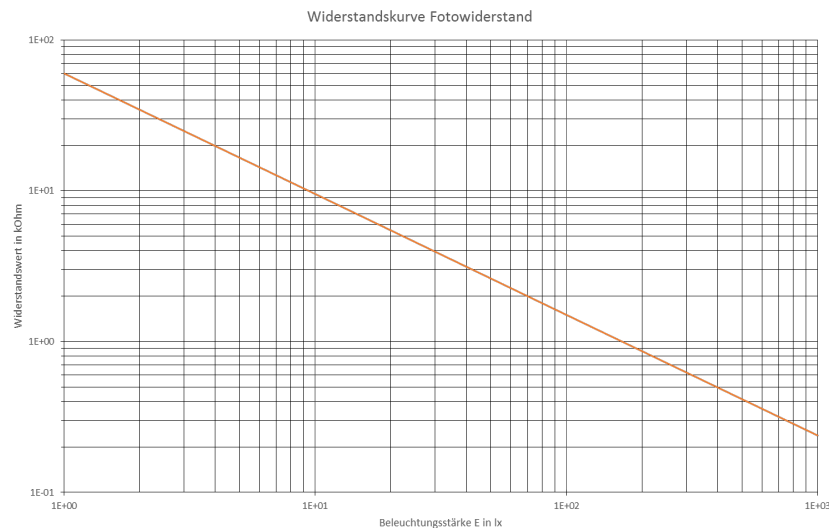
Aufgabe 24: Fotowiderstand



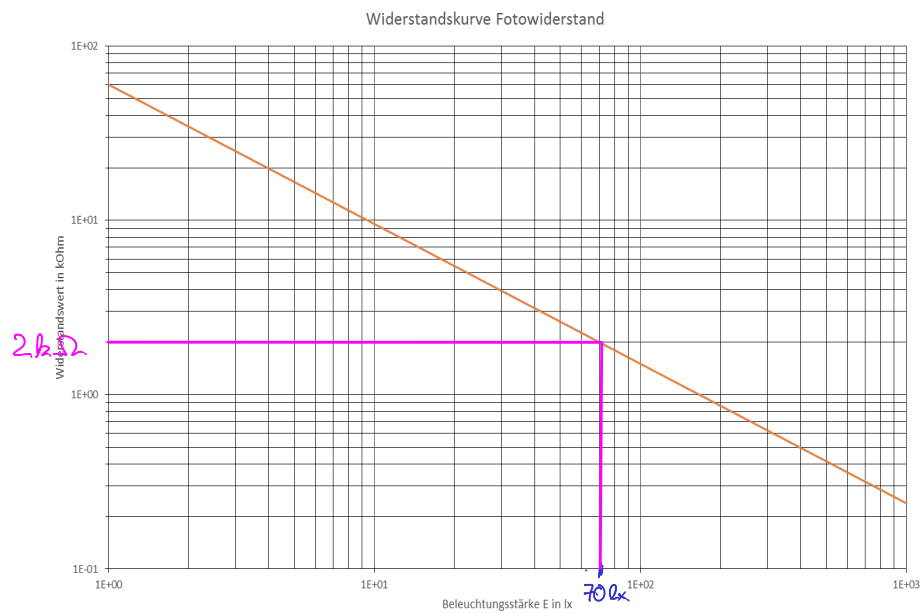
Der Fotowiderstand R_{LDR} wird zur Messung der Lichtstärke eingesetzt. Sein Widerstandswert ist abhängig von der Beleuchtungsstärke E , der Verlauf ist in der untenstehenden Widerstandskurve dargestellt.

Wie muss der Widerstand R_1 gewählt werden, damit bei einer Beleuchtungsstärke $E = 70 \text{ lx}$ am Widerstand R_1 eine Spannung $U_1 = 1 \text{ V}$ gemessen wird? Die Batteriespannung beträgt $U_0 = 12 \text{ V}$.

($R_1 = 181,8 \, \Omega$)



Lösung



Widerstand der Fotodiode aus Widerstandskurve ablesen

$$R_{LDR} = \underline{\underline{2\text{ k}\Omega}} \quad \text{bei } 70\text{ lx}$$

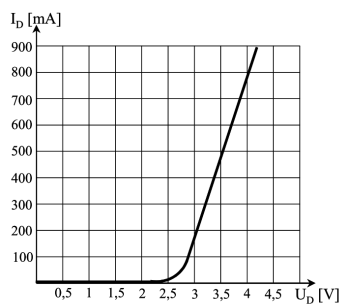
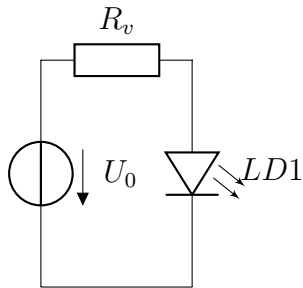
Mit Spannteilerregel:

$$\frac{U_1}{U_0} = \frac{R_1}{R_1 + R_{LDR}} \quad \rightarrow \quad U_1 (R_1 + R_{LDR}) = U_0 \cdot R_1$$

$$R_1 = \frac{U_1 R_{LDR}}{U_0 - U_1} = \frac{2000\Omega \cdot 1V}{12V - 1V}$$

$$\rightarrow \boxed{R_1 \geq 181,8 \Omega}$$

Aufgabe 25: Leuchtdiode

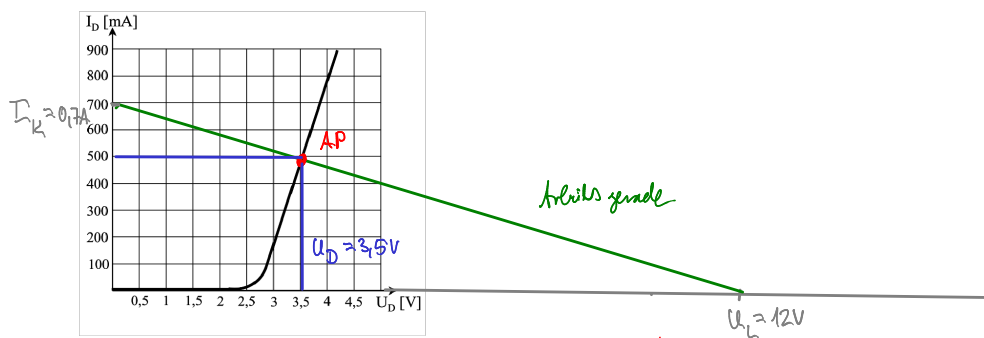


25.1 Mit der nebenstehenden Schaltung soll die Leuchtdiode $LD1$ betrieben werden, ihre Strom-Spannungskennlinie ist im unteren Bild dargestellt.

Wie muss der Vorwiderstand R_v gewählt werden, damit durch die Diode bei einer Versorgungsspannung $U_0 = 12\text{ V}$ ein Strom $I_D = 0.5\text{ A}$ fließt?

25.2 Tragen Sie den Arbeitspunkt der Diode und die Arbeitsgerade im Kennlinienfeld ein. Kann die Diode in diesem Arbeitspunkt betrieben werden, wenn ihre maximal zulässige Verlustleistung $P_{tot} = 2\text{ W}$ beträgt (Rechnung und Begründung)?

Lösung



Gegeben: $U_0 = 12V$ und Diodenkennlinie und $I_D = I = 0,5A$

a) aus dem Kennlinienfeld der Diode liest man bei $I_D = 0,5A$ die Spannung $U_D = 3,5V$ ab.

also folgt für den Widerstand R_V

$$U_0 = U_V + U_D \rightarrow U_V = U_0 - U_D$$

$$I \cdot R_V = U_0 - U_D$$

$$R_V = \frac{U_0 - U_D}{I} = \frac{12V - 3,5V}{0,5A} = \underline{\underline{17\Omega}}$$

b) Arbeitspunkt ist bei $I_{AP} = 0,5 A$ $U_{AP} = 3,5 V$

Arbeitsgerade: Leerlaufspannung: U_L

$$\text{Kurzschlussstrom: } I_K = \frac{U_L}{R_e} = \frac{12}{17} A \approx 0,7 A$$

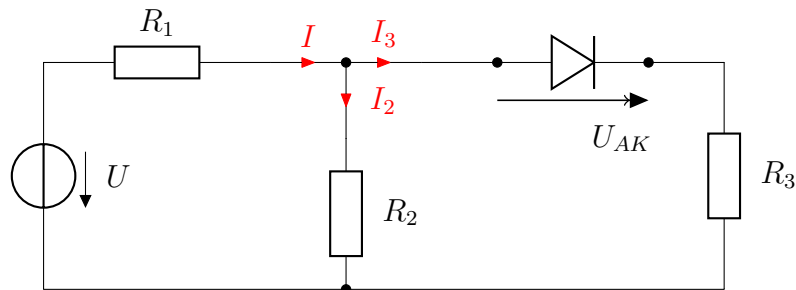
Leistungsaufnahme der Diode

$$P = U_D \cdot I_D = 3,5 V \cdot 0,5 A = \underline{\underline{1,75 W}}$$

Dies ist kleiner als 2W, also kann die Diode im Arbeitspunkt betrieben werden.

Aufgabe 26: Diode / linearisiert

Gegeben ist die untenstehende Schaltung bestehend aus drei Widerständen und einer Diode. Zahlenwerte: $U = 50\text{ V}$, $R_1 = 30\ \Omega$, $R_2 = 10\ \Omega$, $R_3 = 20\ \Omega$ sowie für die Diode $U_D = 1\text{ V}$, $R_d = 0.5\ \Omega$



26.1 Die Diode ist ein ideale Diode. Berechnen Sie die Stöme I , I_2 und I_3 sowie die an den Widerständen abfallenden Spannungen.

$$(I = 1.36\text{ A} , \quad I_2 = 909\text{ mA} , \quad I_3 = 455\text{ mA} , \quad U_1 = 40.9\text{ V} , \quad U_2 = U_3 = 9.1\text{ V})$$

26.2 Wiederholen Sie obige Rechnung für $U = -50\text{ V}$.

$$(I = I_2 = -1.25\text{ A} , \quad I_3 = 0 , \quad U_1 = -37.5\text{ V} , \quad U_2 = -12.5\text{ V} , \quad U_3 = 0)$$

26.3 Die Diode ist nun nicht mehr ideal. Zeichnen Sie die obige Schaltung mit dem Ersatzschaltbild einer linearisierten Diode. Skizzieren Sie I_3 in Abhängigkeit von U_{AK} .

26.4 Bestimmen Sie I_3 und geben Sie den Arbeitspunkt der Diode an.

$$(I_{AP} = I_3 = 411\text{ mA} , \quad U_{AP} = U_{AK} = 1.205\text{ V})$$

26.5 Bestimmen Sie für $U = 10\text{ V}$ und $U = 100\text{ V}$ I_3 und U_{AK} . Zeichnen Sie diese in das Kennlinienfeld aus 3. ein. Ist es sinnvoll mit der linearisierten Diodenkennlinie zu arbeiten?

$$(U = 10\text{ V} : \quad I_3 = 54\text{ mA} , \quad U_{AK} = 1.027\text{ V} \qquad U = 100\text{ V} : \quad I_3 = 857\text{ mA} , \quad U_{AK} = 1.429\text{ V})$$

Lösung

Ideale Diode:

- ① Im Durchlassrichtung betrieblen, d.h. Zuerstschloßs Diode

$$\rightarrow R_{\text{ers}} = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$

$$\rightarrow I = \frac{U}{R_{\text{ers}}} = \frac{R_2 + R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} U = \underline{\underline{1,36 \text{ A}}}$$

Somit mit Stromteilerregel

$$I_2 = \frac{R_3}{R_2 + R_3} \cdot I = \underline{\underline{303 \text{ mA}}}$$

$$I_3 = \frac{R_2}{R_2 + R_3} \cdot I = \underline{\underline{455 \text{ mA}}}$$

Spannungen:

$$U_1 = R_1 \cdot I = \underline{\underline{40,9 \text{ V}}}$$

$$U_2 = R_2 \cdot I_2 = \underline{\underline{3,1 \text{ V}}}$$

$$U_3 = R_3 \cdot I_3 = \underline{\underline{3,1 \text{ V}}}$$

- ② im Sperrrichtung, d.h. $I_3 = 0$

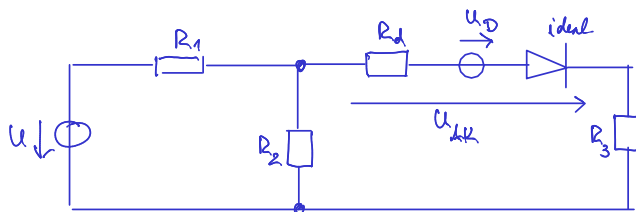
$$\rightarrow I = I_2 = \frac{U}{R_1 + R_2} = \underline{\underline{-1,25 \text{ A}}}$$

$$U_1 = R_1 \cdot I = \underline{\underline{-37,5 \text{ V}}}$$

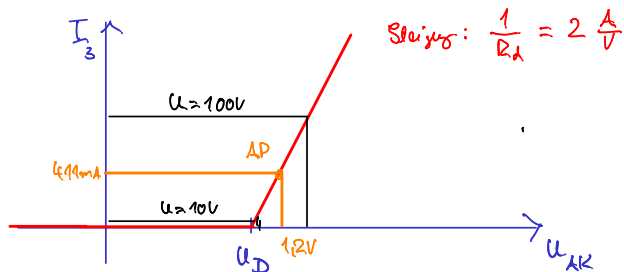
$$U_2 = R_2 \cdot I = \underline{\underline{-12,5 \text{ V}}}$$

Reale Diode linearisiert

- ③ Ersatzschaltweg linearisierte Diode



Es gilt $I_3 = \frac{1}{R_d} U_{AK} - \frac{1}{R_d} U_D = \frac{2}{\Omega} U_{AK} - \frac{2}{\Omega} \cdot 1V$



④ Bestimmung von I_3 :

rechte Masche: $U_2 = U_D + U_d + U_3 \rightarrow R_2 I_2 = I_3 (R_d + R_3) + U_D$ (1)

linke Masche: $U = U_1 + U_2 \rightarrow I_2 = \frac{U - R_1 I}{R_2}$ (2)

Blendenregel: $I = I_2 + I_3 \rightarrow I_2 = I - I_3$ (3)

aus (2) und (3): $(I - I_3) R_2 = U - R_1 I$

$$I = \frac{U + R_2 I_3}{R_1 + R_2}$$

in (1) mit (2):

$$R_2 \cdot \frac{U - R_1 I}{R_2} = I_3 (R_d + R_3) + U_D$$

$$U - R_1 \frac{U + R_2 I_3}{R_1 + R_2} = I_3 (R_d + R_3) + U_D$$

$$U R_2 - U_D (R_1 + R_2) = I_3 ((R_d + R_3)(R_1 + R_2) + R_1 R_2)$$

$$I_3 = \frac{R_2 U - U_D (R_1 + R_2)}{(R_d + R_3)(R_1 + R_2) + R_1 R_2} \quad (4)$$

$$\underline{\underline{I_3 \approx 4.11 \text{ mA}}} = I_{AP}$$

Mit der linearisierten Diodengleichung:

$$I_{AP} = \frac{1}{R_d} U_{AP} - \frac{1}{R_d} U_D \rightarrow U_{AP} = R_d I_{AP} + U_D \quad (5)$$

$$\rightarrow \underline{\underline{U_{AP} \approx 1.205 \text{ V}}}$$

⑤ Wird nun U geändert, dann liefert dies direkt mit (4) und (5) den Strom I_3 und die Spannung U_{AK} an der Diode

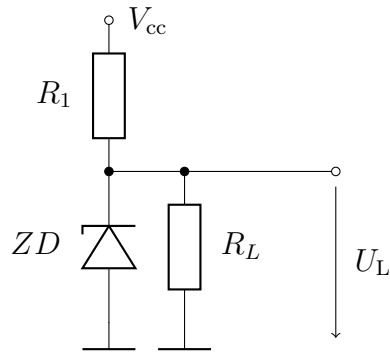
$$U = 10V: \quad I_3 = 54\text{mA} \quad U_{AK} = 1,027V$$

$$U = 100V: \quad I_3 = 857\text{mA} \quad U_{AK} = 1,428V$$

Aufgabe 27: Zenerdiode

Mit der untenstehenden Schaltung soll die Ausgangsspannung U_L am Lastwiderstand stabilisiert werden.

Zahlenwerte: $V_{cc} = 10\text{ V}$, $U_{ZD} = 4,7\text{ V}$, $P_{ZD} = 1\text{ W}$



27.1 Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild dieser Schaltung. Bestimmen Sie den maximal möglichen Strom I_{max} an der Zenerdiode, sowie den zugehörigen Widerstand $R_{1,I_{max}}$.

($I_{max} = 0.212\text{ A}$, $R_{1,I_{max}} = 25\ \Omega$)

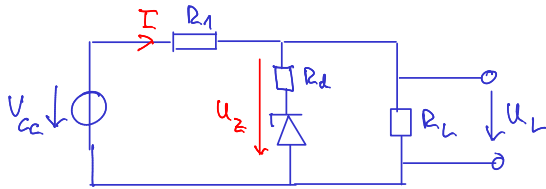
27.2 Dimensionieren Sie den Vorwiderstand R_1 nun so, dass die Zenerdiode zwischen Leerlauf ($R_L \rightarrow \infty$) und Kurzschluss ($R_L = 0$) nicht überlastet wird und ein möglichst großer Eingangsspannungsbereich abgedeckt wird (d.h. setzen Sie dazu den maximalen Diodenstrom auf $I_{max}/2$). Wie groß ist dann die maximale Eingangsspannung V_{cc} ($R_1 = 50\ \Omega$, $V_{cc} = 15.3\text{ V}$)

27.3 Führen Sie für das Ersatzschaltbild aus Teil 1 eine Ersatzspannungsquelle bestehend aus V_{cc} , R_1 und R_L ein.

27.4 Nun sei ZD eine ideale Zenerdiode ($R_d = 0\ \Omega$). In welchem Bereich kann die Eingangsspannung bei einem Lastwiderstand von $R_L = 50\ \Omega$ schwanken, ohne dass sich die Ausgangsspannung um mehr als $\pm 0,5\text{ V}$ ändert? ($8.4\text{ V} \leq V_{CC} \leq 15.7\text{ V}$)

Lösung

① Ersatzschaltbild



Maximale Leistung an ZD: $P_{max} = 1W$

$$\rightarrow \text{mit } P_{ZD} = U_Z \cdot I \quad \rightarrow \quad I_{max} = \frac{P_{max}}{U_Z} = \underline{\underline{0,212 A}}$$

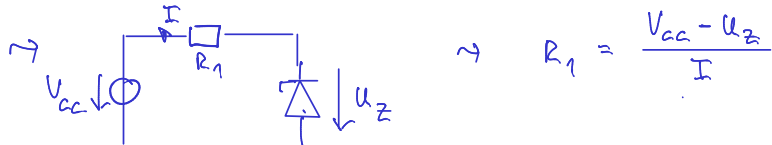
Damit folgt $R_{1,I_{max}}$

$$V_{cc} = R_{1,I_{max}} \cdot I_{max} + U_Z \quad \rightarrow \quad R_{1,I_{max}} = \frac{V_{cc} - U_Z}{I_{max}} = \underline{\underline{25 \Omega}}$$

② Sturzschleif: $R_L = 0$

d.h. kein Strom an Diode. Ist o.k.

Leerlauf $R_L = \infty$



$$\rightarrow R_1 = \frac{V_{cc} - U_Z}{I}$$

$$\text{nun soll } I = \frac{I_{max}}{2} = 0,106 A \text{ sein}$$

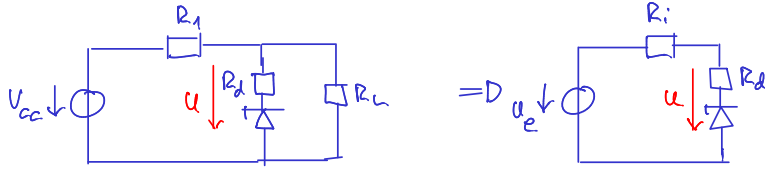
$$\rightarrow R_1 = 2 \cdot R_{1,I_{max}} = \underline{\underline{50 \Omega}}$$

$\rightarrow$ maximale Eingangsspannung:

$$P = U_Z \cdot I = 1W \quad \rightarrow \quad U_Z \cdot \frac{V_{cc} - U_Z}{R_1} = 1W$$

$$\rightarrow V_{cc} = \frac{R_1 \cdot 1W}{U_Z} + U_Z = \left(\frac{50}{4,7} + 4,7 \right) V = \underline{\underline{15,3V}}$$

③ Ersatzspannungsquelle



Im Leerlauf: $U = U_L$

$$U = R_L \cdot I$$

$$U = \frac{R_L}{R_1 + R_L} \cdot V_{CC}$$

$$U = U_e$$

$$\rightarrow U_e = \frac{R_L}{R_1 + R_L} \cdot V_{CC}$$

Stromvergleich: $I_k = \frac{U_1}{R_1} = \frac{V_{CC}}{R_1}$

$$I_k = \frac{U_i}{R_i} = \frac{U_e}{R_i}$$

$$\rightarrow \frac{V_{CC}}{R_1} = \frac{U_e}{R_i}$$

$$R_i = \frac{U_e}{V_{CC}} R_1 = \frac{R_L R_1}{R_L + R_1}$$

④ ideale ZD :

also mit $R_L = 50 \Omega$ $R_1 = 50 \Omega \rightarrow R_i = 25 \Omega$

$$U_e = \frac{1}{2} V_{CC}$$

Für eine ideale ZD ist $R_d = 0$, also folgt bei einer Schwankung von $U_Z \pm 0,5V$ (dies ist Spannung, die an R_L abfällt, also Ausgangsspannung)

$$I = \frac{U_e - U_Z}{R_i} = \frac{\frac{1}{2} V_{CC} - (U_Z \pm 0,5V)}{25 \Omega}$$

V_{CE} minimal für $I = 0$ und " $u_z = 0,5V$ "

$$0 = \frac{\frac{1}{2}V_{CC} - (u_z - 0,5)}{R_i}$$

$$\rightarrow V_{CC} = 2u_z - 1V = \underline{\underline{8,4V}}$$

V_{CC} maximal für $I = 106mA$ und " $u_z = 0,5V$ "

$$V_{CC} = 2(I \cdot R_i + u_z) + 1V = \underline{\underline{16,7V}}$$

(um dies zu ermöglichen wurde Dimensionierung
in ② durchgeführt)