

6. Aufgabenblatt mit Lösungsvorschlag

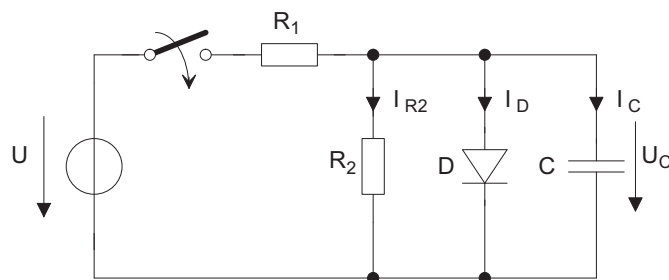
25.05.2010

Schaltungen mit Halbleiterdioden

Aufgabe 1: Ausgleichsvorgänge und Dioden

Der Schalter S der nebenstehenden Schaltung werde zum Zeitpunkt $t = 0$ geschlossen. Der Kondensator sei vor diesem Zeitpunkt ungeladen.

Die Diode D sei eine technisch ideale Diode mit der Knickspannung U_K .



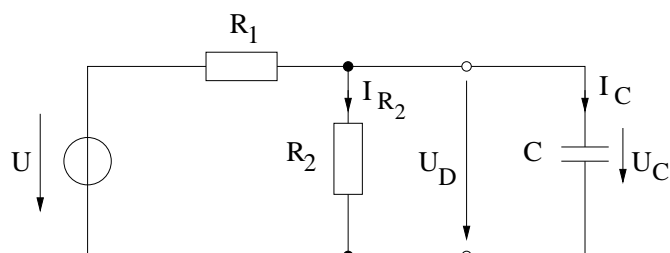
Gegeben sind: $U = 6 \cdot U_K$, $R_1 = R_2 = R$

- Berechnen Sie $U_C(t)$, $I_C(t)$ und $I_{R_2}(t)$ für den Zeitbereich $t \geq 0$ und geben Sie die Ersatzschaltung der jeweiligen Diodenzustände an.
- Bestimmen Sie den Zeitpunkt $t_1 > 0$, bis zu dem durch die Diode kein Strom fließt.
- Skizzieren Sie $U_C(t)$, $I_C(t)$ und $I_{R_2}(t)$.

Lösungsvorschlag:

a) Berechnung der Größen $U_C(t)$, $I_C(t)$ und $I_{R_2}(t)$:

- Erstes Zeitintervall $0 < t \leq t_1$
Diode gesperrt!

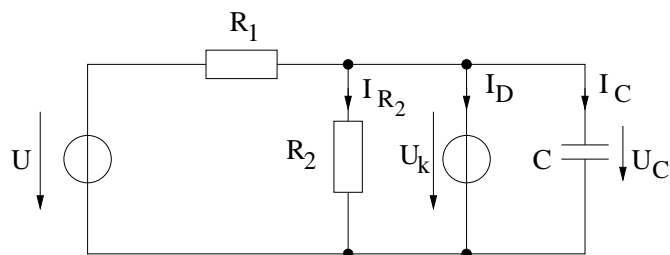


$$\begin{aligned}
 U_C(0+) &= 0 & U_C(\infty) &= \frac{R_2}{R_1+R_2} \cdot U = 3U_K \\
 I_{R_2}(0+) &= 0 & I_{R_2}(\infty) &= \frac{3U_K}{R_2} = \frac{3U_K}{R} \\
 I_C(0+) &= \frac{U}{R_1} = \frac{6U_K}{R} & I_C(\infty) &= 0
 \end{aligned}$$

Berechnung mit Hilfe der Einspeicherformel:

$$\begin{aligned}
 U_C(t) &= 3U_K - (3U_K - 0) \cdot e^{(-t/\tau)} \\
 &= 3U_K \cdot (1 - e^{(-t/\tau)}) \\
 I_{R_2}(t) &= \frac{3U_K}{R} \cdot (1 - e^{(-t/\tau)}) \\
 I_C(t) &= \frac{6U_K}{R} \cdot e^{(-t/\tau)} \\
 \tau &= \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot C = \frac{1}{2} \cdot R \cdot C
 \end{aligned}$$

- Zweites Zeitintervall $t > t_1$
Diode leitend!

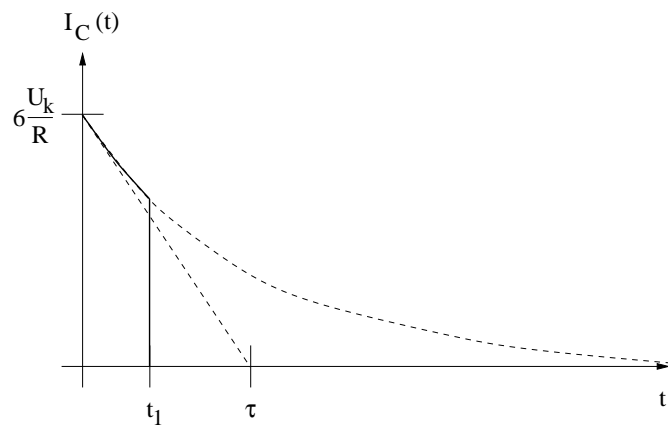
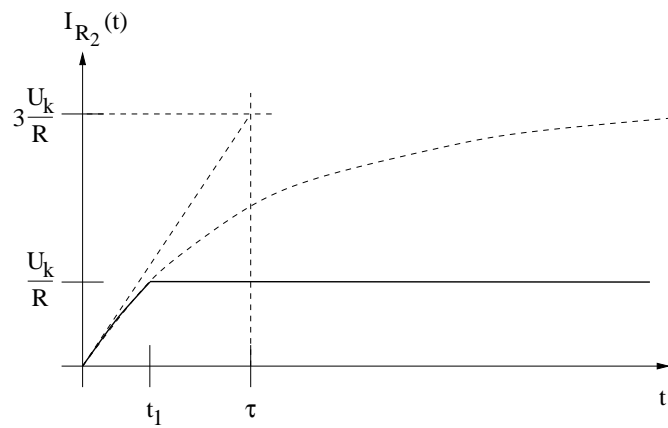
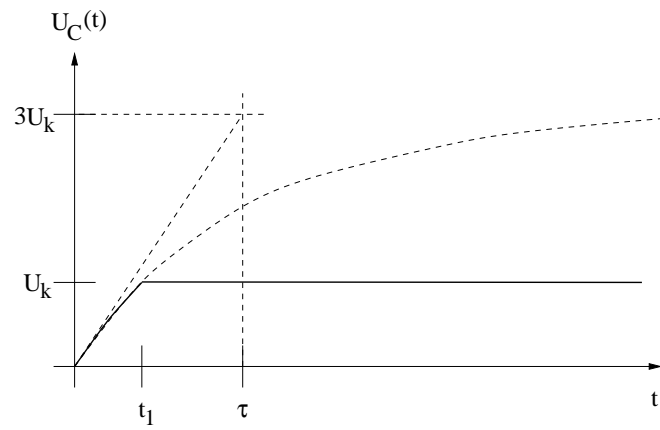


$$\begin{aligned}
 U_C(t) &= U_K \\
 I_{R_2}(t) &= \frac{U_K}{R_2} = \frac{U_K}{R} \\
 I_C(t) &= 0
 \end{aligned}$$

b) Bestimmung des Zeitpunktes t_1

$$\begin{aligned}
 U_C(t_1) &= U_K = 3U_K \cdot (1 - e^{(-t_1/\tau)}) \\
 \Rightarrow 1 - e^{(-2t_1/RC)} &= \frac{1}{3} \Rightarrow e^{(-2t_1/RC)} = \frac{2}{3} \Rightarrow e^{(2t_1/RC)} = \frac{3}{2} \Rightarrow \frac{2}{RC} \cdot t_1 = \ln\left(\frac{3}{2}\right) \\
 \Rightarrow t_1 &= \frac{RC}{2} \cdot \ln\left(\frac{3}{2}\right)
 \end{aligned}$$

c) Skizzen



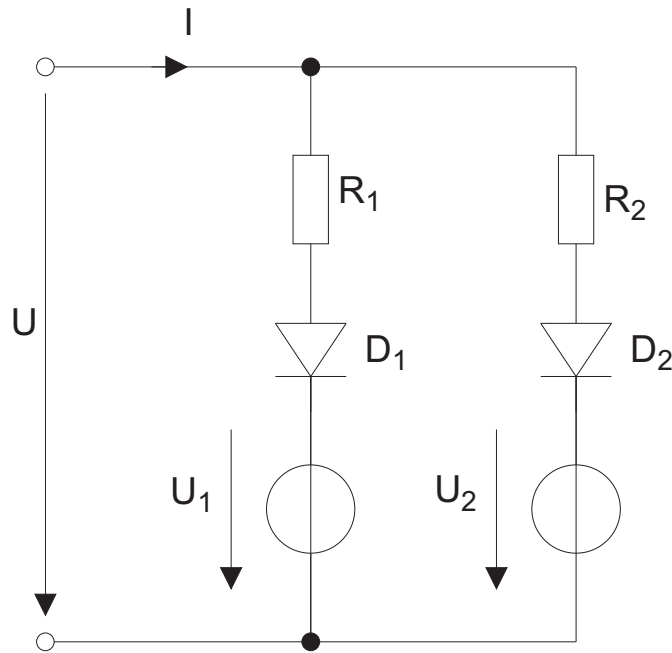
Aufgabe 2: Netzwerk mit Dioden

Gegeben sei untenstehendes Netzwerk mit den Größen:

$$U_2 = 2 \cdot U_1$$

$$R_1 = 2 \cdot R$$

$$R_2 = R$$



Bestimmen Sie I für $-\infty \leq U \leq +\infty$ unter der Annahme, D_1 und D_2 seien:

- a) ideale Dioden
- b) technisch ideale Dioden mit der Knickspannung U_K

Lösungsvorschlag:

a) ideale Dioden: $U_K = 0V$

$$D_1: -\infty \leq U < U_1 : D_1 \text{ sperrt,} \quad U_1 \leq U \leq +\infty : D_1 \text{ leitet}$$

$$D_2: -\infty \leq U < 2U_1 : D_2 \text{ sperrt,} \quad 2U_1 \leq U \leq +\infty : D_2 \text{ leitet}$$

1) $-\infty \leq U < U_1$: D_1, D_2 sperren:

$$I = 0A$$

2) $U_1 \leq U < 2U_1$: D_1 leitet und D_2 sperrt mit $U_{D_1} = U_K = 0V$:

$$I = I_1 = \frac{U - U_{D_1} - U_1}{R_1} = \frac{U - U_1}{R_1} = \frac{U - U_1}{2R}$$

3) $2U_1 \leq U \leq +\infty$: D_1, D_2 leiten mit $U_{D_1} = U_{D_2} = U_K = 0V$:

$$I = I_1 + I_2 = \frac{U - U_{D_1} - U_1}{R_1} + \frac{U - U_{D_2} - U_2}{R_2} = \frac{U - U_1}{R_1} + \frac{U - U_2}{R_2} =$$

$$\frac{U - U_1}{2R} + \frac{U - 2U_1}{R} = \frac{3U - 5U_1}{2R}$$

b) technisch ideale Dioden: $U_K > 0V$

$$D_1: -\infty \leq U < U_1 + U_K : D_1 \text{ sperrt,} \quad U_1 + U_K \leq U \leq +\infty : D_1 \text{ leitet}$$

$$D_2: -\infty \leq U < 2U_1 + U_K : D_2 \text{ sperrt,} \quad 2U_1 + U_K \leq U \leq +\infty : D_2 \text{ leitet}$$

1) $-\infty \leq U < U_1 + U_K$: D_1, D_2 sperren:

$$I = 0A$$

2) $U_1 + U_K \leq U < 2U_1 + U_K$: D_1 leitet und D_2 sperrt mit $U_{D_1} = U_K > 0V$:

$$I = I_1 = \frac{U - U_{D_1} - U_1}{R_1} = \frac{U - U_K - U_1}{R_1} = \frac{U - (U_K + U_1)}{2R}$$

3) $2U_1 + U_K \leq U \leq +\infty$: D_1, D_2 leiten mit $U_{D_1} = U_{D_2} = U_K > 0V$:

$$\begin{aligned} I = I_1 + I_2 &= \frac{U - U_{D_1} - U_1}{R_1} + \frac{U - U_{D_2} - U_2}{R_2} = \frac{U - U_K - U_1}{R_1} + \frac{U - U_K - U_2}{R_2} \\ &= \frac{U - (U_K + U_1)}{2R} + \frac{U - (U_K + 2U_1)}{R} = \frac{3U - 3U_K - 5U_1}{2R} \end{aligned}$$