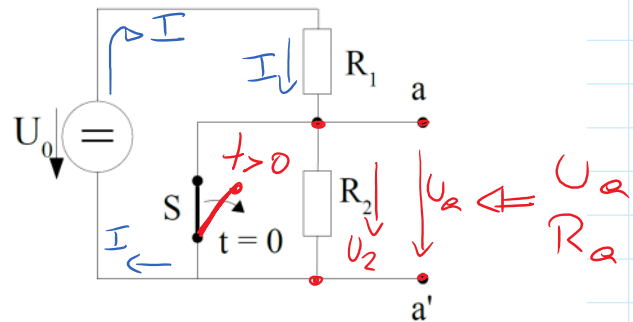


Gegeben ist die Schaltung nach nebenstehender Abbildung 2a. Die Schaltung enthält neben der Spannungsquelle U_0 die Widerstände R_1 und R_2 sowie einen Schalter S . Der Schalter S war für alle $t < 0$ geschlossen und wird nun zum Zeitpunkt $t = 0$ geöffnet.

Abbildung 2a



- a) Bestimmen Sie für $t > 0$ (geöffneter Schalter) die Ersatzspannungsquelle der Schaltung bezüglich der Klemmen $a-a'$!

(3 Punkte)

$$\begin{aligned} U_0 &= 10\text{V} \\ R_1 &= 2\text{ k}\Omega \\ R_2 &= 3\text{ k}\Omega \end{aligned}$$

- Widerstand bzgl. Klemmen: R_1 und R_2 parallel

$$\hookrightarrow R_a = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2\text{ k}\Omega \cdot 3\text{ k}\Omega}{2\text{ k}\Omega + 3\text{ k}\Omega} = \underline{\underline{1,2\text{ k}\Omega}}$$

- Spannung U_a : Klemmen parallel zu $R_2 \rightarrow U_a = U_2$

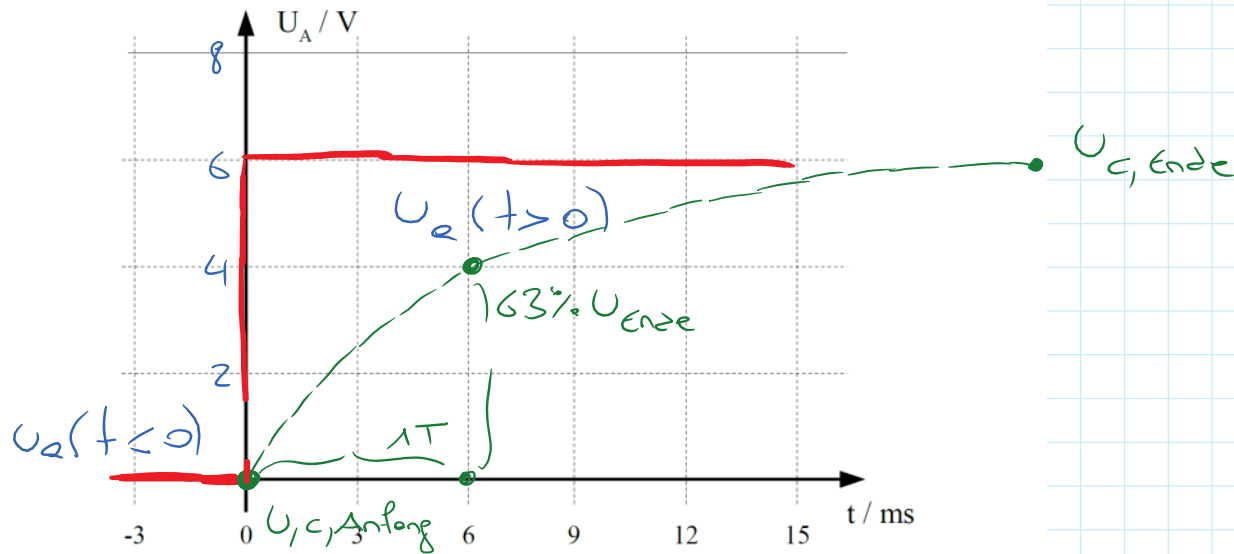
$$R_{\text{ges}} = R_1 + R_2 = 2\text{ k}\Omega + 3\text{ k}\Omega = \underline{\underline{5\text{ k}\Omega}}$$

$$I_{\text{ges}} = \frac{U_0}{R_{\text{ges}}} = \frac{10\text{V}}{5\text{ k}\Omega} = \underline{\underline{2\text{ mA}}}$$

$$U_a = U_2 = R_2 \cdot I_{\text{ges}} = 3\text{ k}\Omega \cdot 2\text{ mA} = \underline{\underline{6\text{ V}}}$$

b) Skizzieren Sie den Spannungsverlauf $U_A(t)$ in folgendem Diagramm!

(2 Punkte)



Die Schaltung wird nun durch einen Kondensator C ergänzt (Abbildung 2b). Ansonsten gelten die gleichen Bedingungen wie oben:

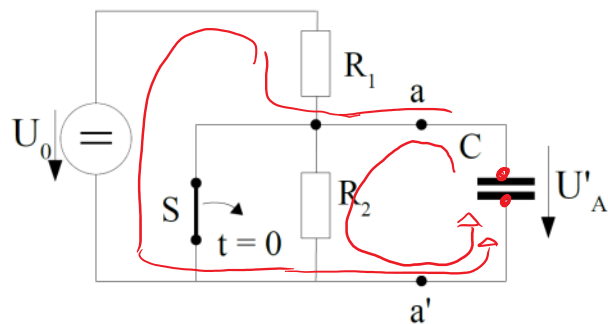
$t < 0$: Schalter geschlossen

$t > 0$: Schalter geöffnet

c) Bestimmen Sie die Kennwerte des Ausgleichsvorganges, der durch Öffnen des Schalters ausgelöst wird!

(3 Punkte)

Abbildung 2b



$$C = 5 \mu\text{F}$$

Kennwerte: $U_{C, \text{Anfang}}$; $U_{C, \text{Ende}}$; T ; $I_{\text{max}, C}$

$$U_{C, \text{Anfang}} = U_A(t < 0) = \underline{\underline{0 \text{ V}}}$$

$$U_{C, \text{Ende}} = U_A(t > 0) = \underline{\underline{6 \text{ V}}}$$

$$\text{Zeitkonstante: } T = R_C \cdot C$$

R bzgl. Kondensator, C parallel zu Klemmen

nach 1. T:

63% $(U_{\text{Ende}} - U_{\text{Anfang}})$ ←

$$= \overset{10^3}{1,2 \text{ k}\Omega} \cdot \overset{10^{-6}}{5 \text{ }\mu\text{F}} \overset{\text{As}}{\overset{\checkmark}{-}} = \underline{\underline{6 \text{ ms}}}$$

↳ siehe a)

• max. Strom: $I_{\text{max},c} = \frac{U_{C,\text{Ende}} - U_{C,\text{Anfang}}}{R_c}$

$$= \frac{5 \text{ V} - 0 \text{ V}}{1,2 \text{ k}\Omega} = \underline{\underline{5 \text{ mA}}}$$

- d) Skizzieren Sie den Spannungsverlauf $U'_A(t)$ in das Diagramm der Teilaufgabe b)!
(3 Punkte)

Gegeben ist die Schaltung gemäß Abbildung 2a mit der Spannungsquelle $U_0 = 2,5 \text{ V}$, dem Kondensator $C = 10 \mu\text{F}$, dem Widerstand $R = 1 \text{ k}\Omega$ sowie mit der Diode D und dem Schalter S .

Die Kennlinie der Diode D ist in der Abbildung 2b dargestellt.

Der Schalter befindet sich für $t < 0$ in der Position 'a' und wird zum Zeitpunkt $t = 0$ auf die Position 'b' umgeschaltet.

Abbildung 2a:

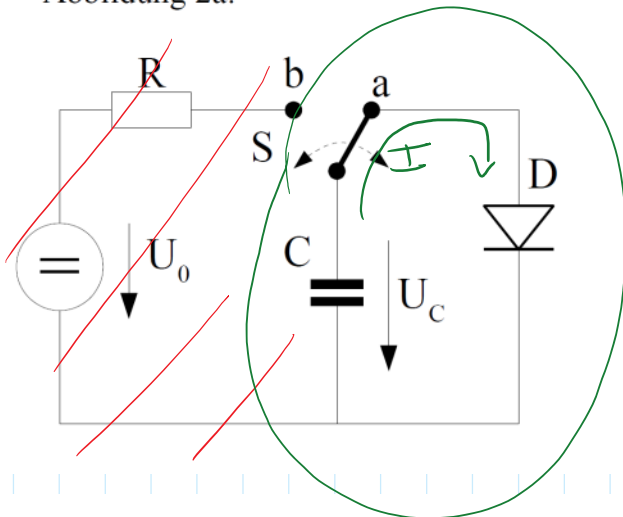
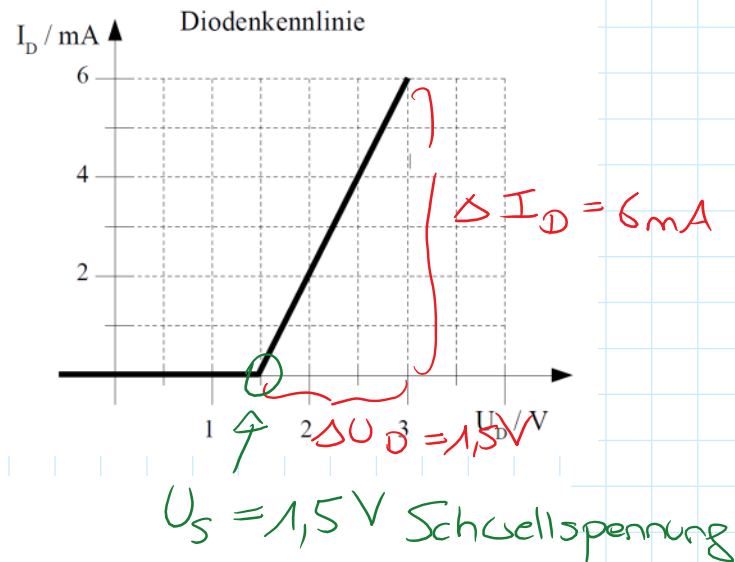


Abbildung 2b:



- a) Berechnen Sie die Zeitkonstante des Ladevorganges!
(1 Punkte)

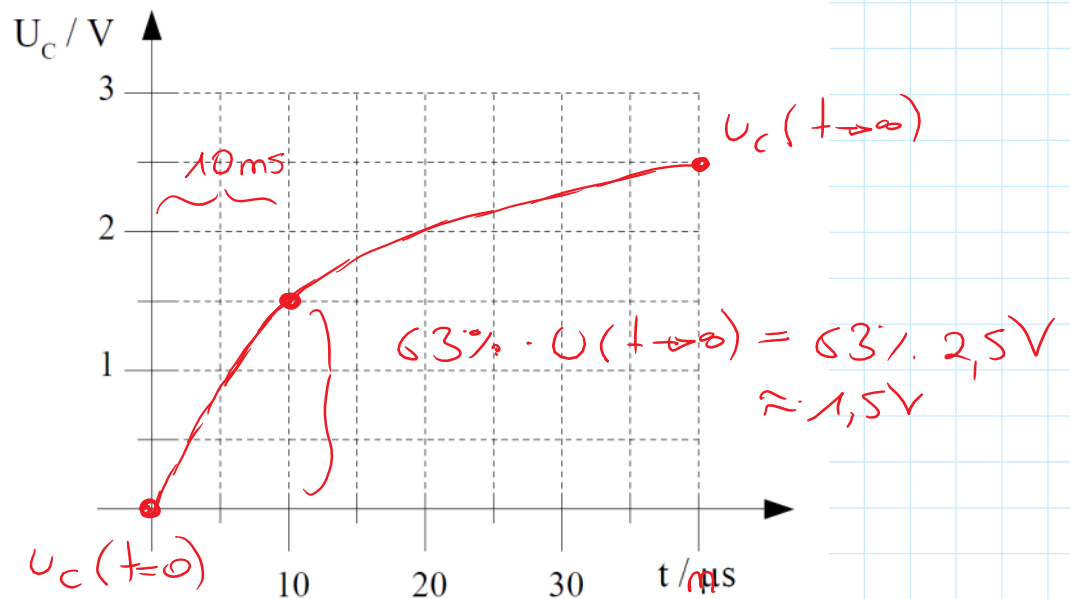
$$T = R_C \cdot C = 1 \text{ k}\Omega \cdot 10 \mu\text{F} = \underline{\underline{10 \text{ ms}}}$$

- b) Welche Spannung erreicht der Kondensator für $t \rightarrow \infty$?
(1 Punkte)

$$U_C(t \rightarrow \infty) = U_{C, \text{ende}} = \underline{\underline{2,5 \text{ V}}}$$

- c) Skizzieren Sie den Verlauf der Kondensatorspannung $U_C(t)$ in das Diagramm der Abbildung 2c!
(3 Punkte)

Abbildung 2c:



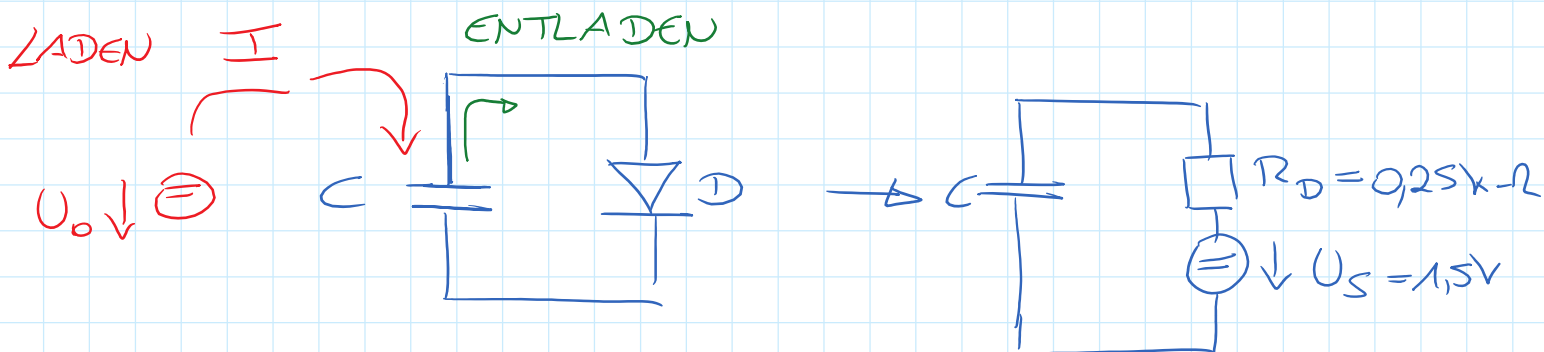
Nachdem die Kondensatorspannung näherungsweise den Endwert erreicht hat, wird der Schalter zurück in die Position 'a' geschaltet.

- d) Bestimmen Sie zunächst anhand der Kennlinie den Widerstand R_D und die Schwellspannung U_S der Diode!
(3 Punkte)

$$U_S = 1.5V$$

$$R_D = \frac{\Delta U_D}{\Delta I_D} = \frac{1.5V}{6mA} = \underline{\underline{0.25k\Omega}}$$

- e) Zeichnen Sie das vereinfachte Schaltbild für die aktuelle Schalterposition und ersetzen Sie dabei die Diode durch eine geeignete Ersatzschaltung!
(3 Punkte)



- f) Bestimmen Sie die Zeitkonstante und den Endwert des aktuellen Ausgleichsvorganges!
(1,5 Punkte)

$$\bullet \tau^* = \underset{\text{C}}{R_c^*} \cdot C = 0,25 \text{ k}\Omega \cdot 10 \mu\text{F} = \underline{\underline{2,5 \text{ ms}}}$$

$\hat{=}$ Innenwiderstand
Diode

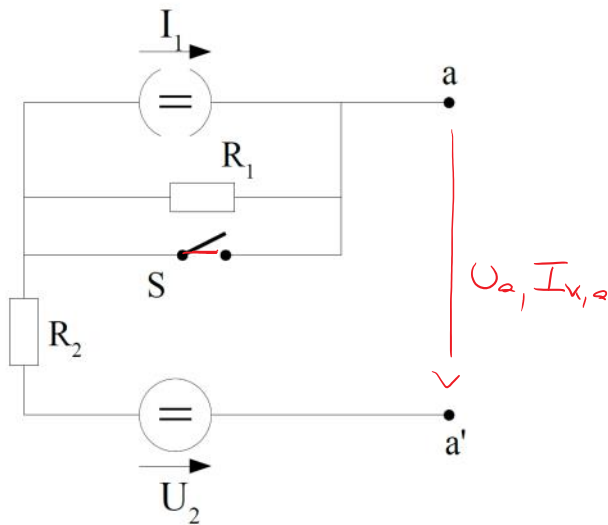
$$\bullet \text{ Endwert Kondensator: } U_{C, \text{Ende}} = 1,5 \text{ V}$$

Kondensator entlädt sich bis $U_S = 1,5 \text{ V}$ (Diode).

Darunter kein Stromfluss durch Diode

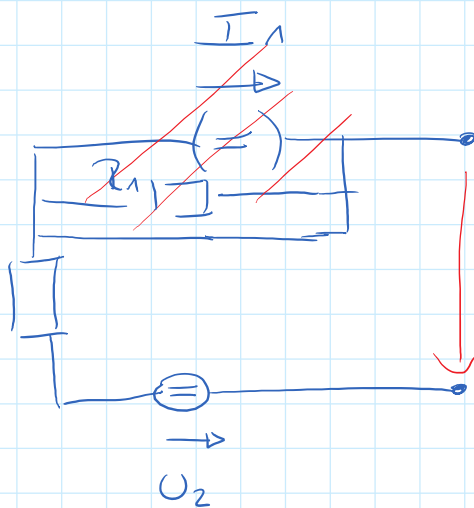
↳ Keine weitere Entladung

Die folgende Schaltung enthält neben der Stromquelle I_1 die Spannungsquelle U_2 , die Widerstände R_1 und R_2 sowie einen Schalter S .



$$\begin{aligned} I_1 &= 4 \text{ mA} \\ U_2 &= 6 \text{ V} \\ R_1 &= 1,5 \text{ k}\Omega \\ R_2 &= 500 \Omega \end{aligned}$$

- a) Berechnen Sie die Leerlaufspannung und den Kurzschlussstrom an den Klemmen $a-a'$ für den Fall, dass der Schalter S **geschlossen** ist!
(3 Punkte)



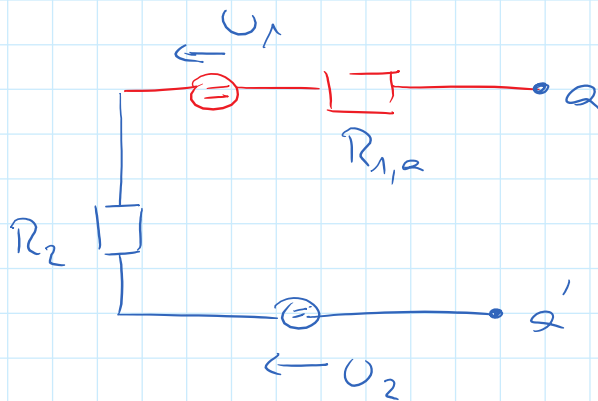
$$\begin{aligned} R_a &= R_2 = 500 \Omega \\ U_A &= U_2 = 6 \text{ V} \\ I_{K,a} &= \frac{U_2}{R_2} \\ &= \frac{6 \text{ V}}{0,5 \text{ k}\Omega} \\ &= 12 \text{ mA} \end{aligned}$$

- b) Ersetzen Sie die Schaltung bezüglich der Klemmen $a-a'$ durch eine Ersatzspannungsquelle für den Fall, dass der Schalter S **offen** ist. Geben Sie alle Kenngrößen der Ersatzspannungsquelle an!
(4 Punkte)

- Stromquelle in Spannungsquelle umrechnen:

$$R_{1,2} = R_1 = \underline{15\text{ k}\Omega}$$

$$U_{1,2} = R_1 \cdot I_1 = 15\text{ k}\Omega \cdot 0,4\text{ mA} = \underline{6\text{ V}}$$

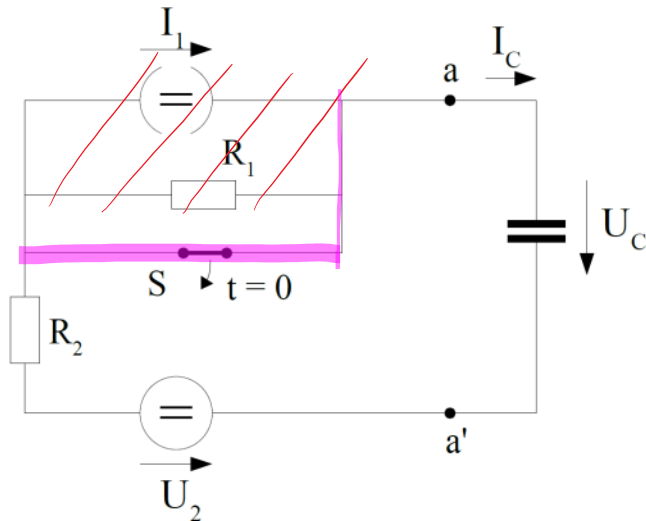


- Spannungsquellen zusammenfassen:

$$\begin{aligned} U_a &= U_1 + U_2 \\ &= 6\text{ V} + 6\text{ V} \\ &= \underline{12\text{ V}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_a &= R_1 + R_2 \\ &= 15\text{ k}\Omega + 0,5\text{ k}\Omega \\ &= \underline{15,5\text{ k}\Omega} \end{aligned}$$

Der Schalter S wird zunächst wieder geschlossen und an den Klemmen $a-a'$ wird gemäß Schaltbild ein Kondensator C eingefügt. Die restliche Schaltung bleibt unverändert.



$$\begin{aligned} I_1 &= 4 \text{ mA} \\ U_2 &= 6 \text{ V} \\ R_1 &= 1,5 \text{ k}\Omega \\ R_2 &= 500 \Omega \\ C &= 500 \text{ nF} \end{aligned}$$

- c) Welche Kondensatorspannung U_C stellt sich nach hinreichend langer Zeit ein, wenn der Schalter S geschlossen bleibt?

(3 Punkte)

$$U_C(t \rightarrow \infty) = U_2 = \underline{\underline{6 \text{ V}}}$$

- d) Berechnen Sie die Kondensatorspannung U_C und den Kondensatorstrom I_C unmittelbar nachdem der Schalter S geöffnet wurde ($t = 0$)!

(4 Punkte)

$$U_{C, \text{Anfang}} = U_C(t=0) = 6 \text{ V}, \quad U_{C, \text{Ende}} = U_C(t \rightarrow \infty) = \underline{\underline{12 \text{ V}}}$$

$$\begin{aligned} I_C &= \frac{U_{C, \text{Ende}} - U_{C, \text{Anfang}}}{R_1} \\ &= \frac{12 \text{ V} - 6 \text{ V}}{2 \text{ k}\Omega} \\ &= \frac{6 \text{ V}}{2 \text{ k}\Omega} = \underline{\underline{3 \text{ mA}}} \end{aligned}$$

- e) Welchen Wert erreicht die Kondensatorspannung U_C zum Zeitpunkt $t = 1ms$ nach Öffnen des Schalters? (Hinweis: $1-e^{-1} \approx 0,632$)
(4 Punkte)

$$\begin{aligned}\tau &= R_i \cdot C \\ &= 2k\Omega \cdot 500nF \\ &= 2 \cdot 10^3 \Omega \cdot 500 \cdot 10^{-9} F \\ &= 1000 \frac{V}{A} \cdot \frac{As}{V} \cdot 10^{-6} \\ &= \underline{\underline{1ms}}\end{aligned}$$

↳ Zeitpunkt $t = 1ms \hat{=} 1$ Zeitkonstante

↳ Kondensator auf 63% aufgeladen

$$\begin{aligned}U_C(t=1ms) &= (U_E - U_A) \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) + U_A \\ &= (12V - 6V) \cdot \left(1 - e^{-\frac{1ms}{1ms}}\right) + 6V \\ &= 6V (1 - e^{-1}) + 6V \\ &= 6V \cdot 0,63 + 6V \\ &= 3,78V + 6V \\ &= \underline{\underline{9,78V}}\end{aligned}$$