

Protokollant: Name ☒

Kurs: Anfängerpraktikum 2

Zusammenarbeit¹ mit: Name ☐

Assistent: Name

Datum: 15. März 2021

Versuch-Nr.: 8

Ab **HIER** vom Assistenten auszufüllen:

Eingangsstempel:



Rückgabedatum: _____

Bemerkungen:

☐ Protokoll OK

☐ Protokoll **nicht** OK

2. Abgabedatum: _____

Rückgabedatum: _____

Bemerkungen:

☐ Protokoll OK

☐ Protokoll **nicht** OK

3. Abgabedatum: _____

Rückgabedatum: _____

Bemerkungen:

☐ Protokoll OK

☐ Protokoll **nicht** OK

☐ Versuch bestanden

☐ Versuch **NICHT BESTANDEN**

Unterschrift Assistent: _____

Inhaltsverzeichnis

1 Schaltbild	2
2 Bestimmung der Kapazitäten	2
2.1 Messergebnisse	2
2.2 Berechnungen	3
3 Graphen	3
3.1 Kondensator C_1	3
3.2 Kondensator C_2	4
3.3 Parallelschaltung	4
3.4 Reihenschaltung	5
4 Halblogarithmische Auswertung	5

1 Schaltbild

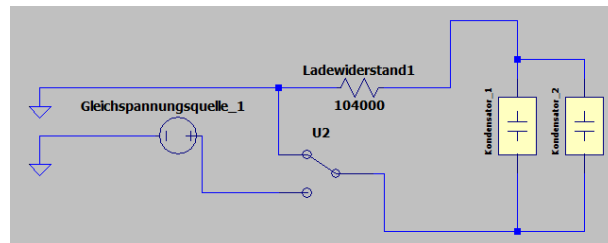


Abbildung 1: Schaltbild der Simulationssoftware

Das Schaltbild (Abbildung 1) zeigt das Simulationsschaltbild für die Parallelschaltung der Kondensatoren. Die anderen Schaltungen sind analog zu diesem aufgebaut.

2 Bestimmung der Kapazitäten

Wir bestimmen die Kapazität mittels des Stromes I , der an dem jeweiligen Kondensator(en) anliegt. Dabei gehen wir so vor, dass wir zunächst den maximalen Stromfluss ablesen und dann den Zeitpunkt bestimmen, wann dieser Strom auf seinen e -ten Teil abgefallen ist. Für diese Zeitdifferenz t zwischen den beiden Messpunkten gilt:

$$t = R \cdot C \Rightarrow C = \frac{t}{R} \quad (1)$$

Dabei nehmen wir wie bereits erwähnt $I_1(t) = \max(I(t))$, da dieser Punkt sehr einfach abzulesen ist (geringer Fehler!). Anschließend berechnen wir den e -ten Teil und bestimmen die Zeitdifferenz mit:

$$\frac{I_2(t)}{I_1(t)} = \frac{1}{e} \Rightarrow I_2(t) = \frac{I_1(t)}{e} \quad (2)$$

2.1 Messergebnisse

Wir führen die Messungen zur Bestimmung der Kapazität beim Aufladen des Kondensators durch. Die Berechnungen beim Entladen sind (fast - Formeln nicht) identisch und führen zu den gleichen Ergebnissen und somit redundant.

Tabelle 1: Messergebnisse

Kapazität	$I_1(t)[\mu A]$	$I_2(t)[\mu A]$	$t_1[s]$	$t_2[s]$	$t_{diff}[s]$
C_1	95.648	≈ 35.187	0.6	11	10.4
C_1	95.659	≈ 35.191	0.6	11.25	10.65
$C_1 \parallel C_2$	48.5195	≈ 17.849	0.6	21.657	21.057
$C_1 - C_2$	96.138	≈ 35.367	0.551	5.8146	5.2636

Anhand der Messwerte aus Tabelle 1 ist bereits zu erkennen, dass C_1 und C_2 gleiche Kapazitäten besitzen. Weiterhin ist zu sehen, dass die Zeitdifferenz des Abfalls des Stromes bei der Parallelschaltung in etwa das Doppelte der Zeitdifferenz für C_1 bzw. C_2 und bei der Reihenschaltung etwa die Hälfte beträgt.

2.2 Berechnungen

Mit den ermittelten Messergebnissen (Tabelle 1) können wir nun die Kapazitäten mit Formel 1 bestimmen. In unserem Simulationsversuch beträgt der Widerstand dabei $R = 104k\Omega = 104000\Omega$ (fest).

$$\begin{aligned}
 C_1 &= \frac{t_{diff,C_1}}{R} = \frac{10.4s}{104000\Omega} = 1 \cdot 10^{-4}F = 100\mu F \\
 C_2 &= \frac{t_{diff,C_2}}{R} = \frac{10.65s}{104000\Omega} \approx 1.024 \cdot 10^{-4}F \approx 102\mu F \\
 C_{para} &= \frac{t_{diff,C_{para}}}{R} = \frac{21.057s}{104000\Omega} \approx 2.025 \cdot 10^{-4}F = 203\mu F \\
 C_{reihe} &= \frac{t_{diff,C_{reihe}}}{R} = \frac{5.2636s}{104000\Omega} \approx 5,061 \cdot 10^{-5}F = 51\mu F
 \end{aligned}$$

Wir erkennen, dass die Kapazität der Kondensatoren C_1 und C_2 nahezu identisch ist. Wir können annehmen, dass es sich um kapazitätsgleiche Kondensatoren handelt (Im folgenden werden C_1 und C_2 als C_1 bezeichnet).

Weiterhin ist zu erkennen, dass die Kapazität der reihenschaltung doppelt so groß ist wie die von C_1 und die Kapazität der Reihenschaltung halb so groß.

3 Graphen

Die im Folgenden gezeigten Graphen sind mit dem Simulationsprogramm **LTSpice** entstanden.

3.1 Kondensator C_1

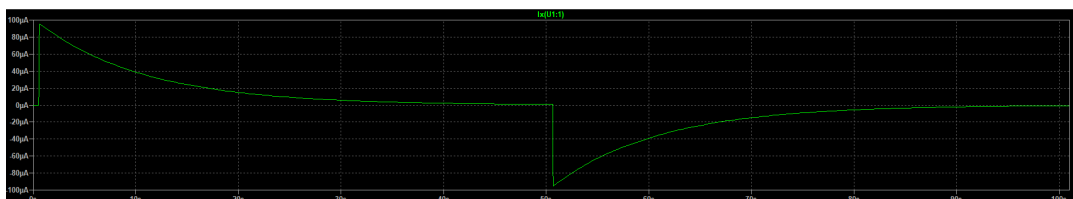


Abbildung 2: Strom beim Auf- und Entladen des Kondensatoren C_1 .

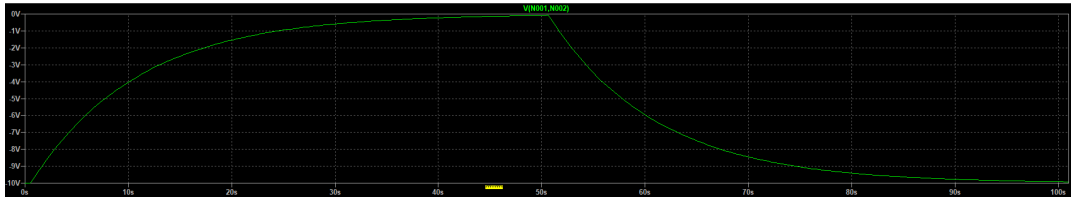


Abbildung 3: Spannung des Kondensators C_1 beim Auf- und Entladen.

3.2 Kondensator C_2



Abbildung 4: Strom beim Auf- und Entladen des Kondensatoren C_2 .

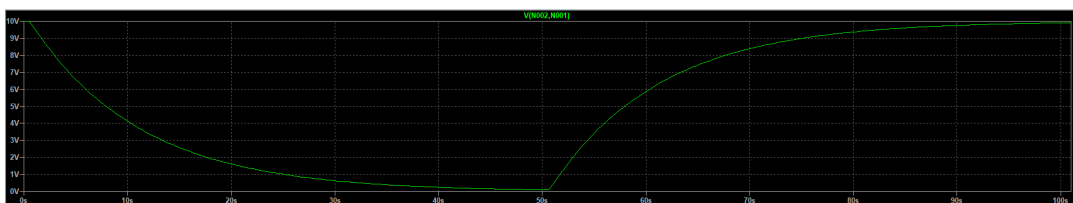


Abbildung 5: Spannung des Kondensators C_2 beim Auf- und Entladen.

3.3 Parallelschaltung

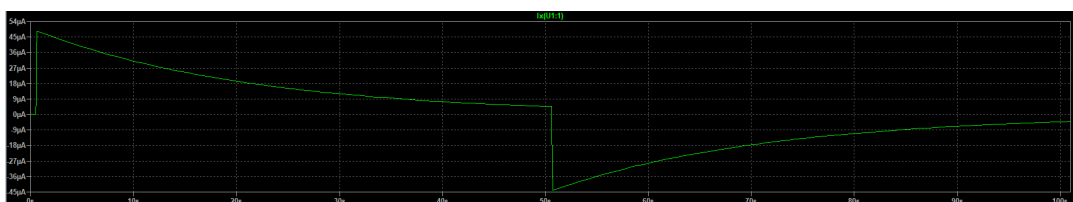


Abbildung 6: Strom beim Auf- und Entladen des Kondensatoren C_{para} .

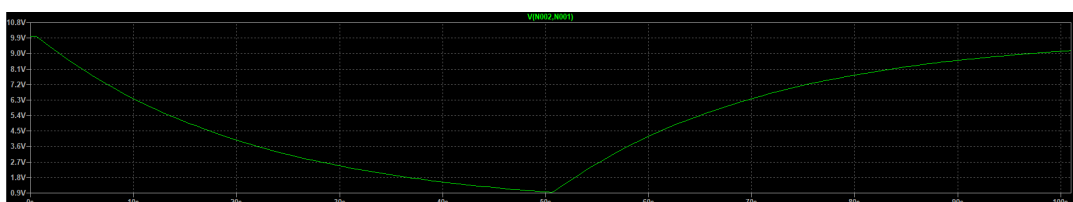


Abbildung 7: Spannung des Kondensators C_{para} beim Auf- und Entladen.

3.4 Reihenschaltung

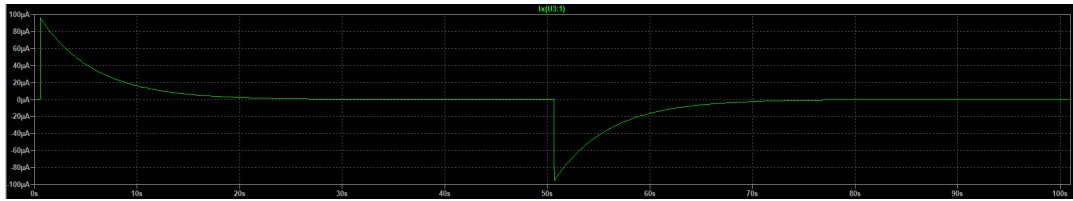


Abbildung 8: Strom beim Auf- und Entladen des Kondensators C_{reihe} .

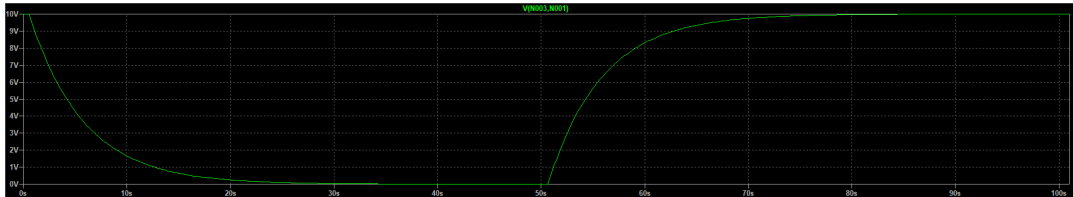


Abbildung 9: Spannung des Kondensators C_{reihe} beim Auf- und Entladen.

4 Halblogarithmische Auswertung

Die lineare Regression der halblogarithmischen Darstellung der oben gezeigten Graphen bietet eine weitere Möglichkeit die Kapazitäten der Kondensatoren zu bestimmen. Wir betrachten dieses Verfahren für die Kondensatoren C_1 und C_2 , wobei wir die Daten von Kondensator C_2 verwendet haben. Beide Kurven unterscheiden sich jedoch nur minimal (die Kapazitäten sind aber gleich).

Weiterhin sind die Darstellungen in zwei Graphen aufgeteilt für Strom und Spannung. Dabei sind jeweils die ersten 50 Sekunden der Daten genutzt, da bei der Simulation nach 50 Sekunden das Auf- und Entladen umgeschaltet wurde, wodurch sich die Kurvenverläufe ändern und **nicht** zusammen einer linearen Regression unterzogen werden können!

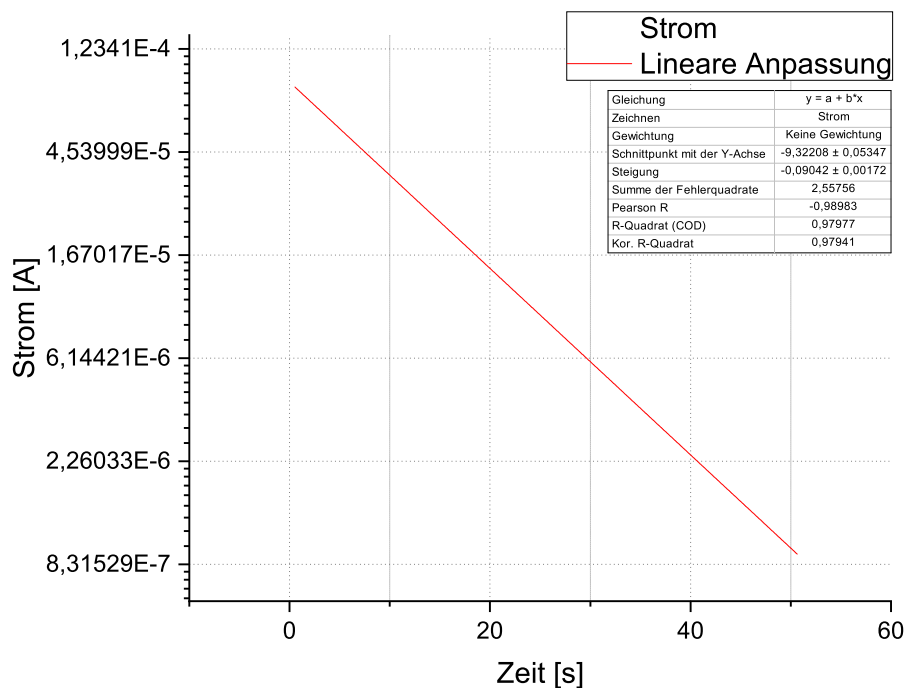
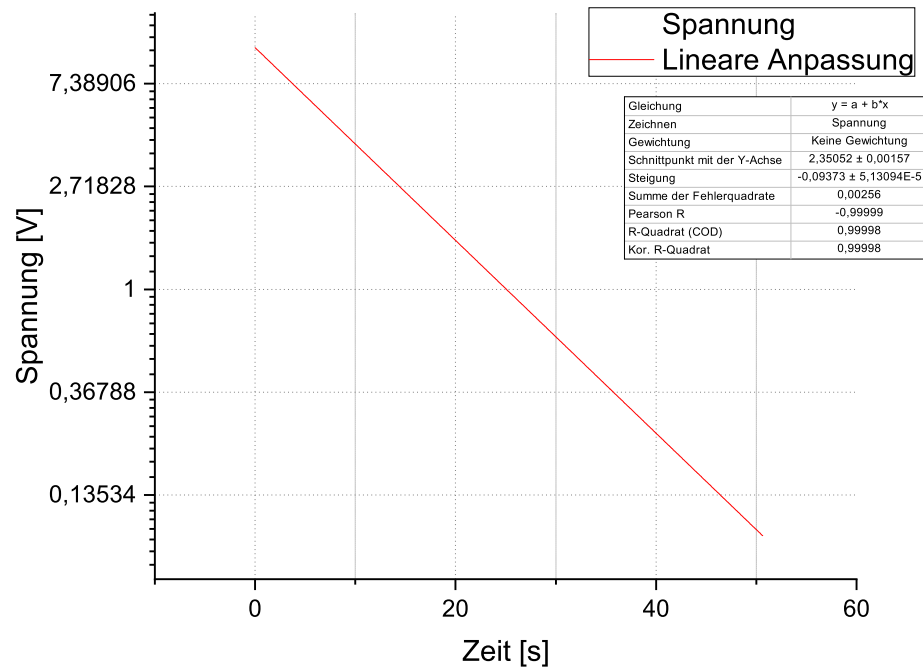


Abbildung 10: Halblogarithmische Darstellung des Stromes von Kondensator C_2 mit linearer Regression.


 Abbildung 11: Halblogarithmische Darstellung der Spannung von Kondensator C_2 mit linearer Regression.

Wir können nun mit der Steigung der Regressionsgeraden die Kapazität bestimmen. Dafür betrachten wir zunächst die Formeln für das Auf- (3) und Entladen (4) des Kondensators:

$$U_C(t) = U_0 \left(1 - e^{-\frac{1}{RC} \cdot t} \right) \quad I_C(t) = \frac{U_0}{R} e^{-\frac{1}{RC} \cdot t} \quad (3)$$

$$U_C(t) = U_0 e^{-\frac{1}{RC} \cdot t} \quad I_C(t) = -\frac{U_0}{R} e^{-\frac{1}{RC} \cdot t} \quad (4)$$

Hierbei ist schnell zu erkennen, dass $b = -\frac{1}{RC}$ gilt, wodurch sich die Kapazität in beiden (allen) Fällen aus der Steigung wie folgt berechnet:

$$b = -\frac{1}{RC} \Rightarrow C = -\frac{1}{R \cdot b}$$

Es ergibt sich dann:

Aus den Regressionen entnehmen wir $b_{Strom} = -0.09042 \pm 0.00172$ und $b_{Spannung} = -0.09373 \pm 5.13095 \cdot 10^{-5}$.

$$C_{Strom} = \frac{1}{R \cdot b_{Strom}} = \frac{1}{104000 \Omega \cdot (-0.09042)} \approx 1.06341347217 \cdot 10^{-4} F \approx 106.3 \mu F$$

$$C_{Spannung} = \frac{1}{R \cdot b_{Spannung}} = \frac{1}{104000 \Omega \cdot (-0.09373)} \approx 1.025859876 \cdot 10^{-4} F \approx 102.6 \mu F$$