

Laborbericht: Messtechnik und Fehlerrechnung

Helen Klos
Matrikelnummer: 2222449

Sandro Fahrion
Matrikelnummer: 6684592

29.-30.10.2024



Contents

Einführung und Überblick	3
1 Versuch 1: Kapazitätsmessung eines unbekannten Kondensators (Black Box)	4
1.1 Zielsetzung	4
1.2 Bauteile und Messgeräte	4
1.3 Messkonzept	5
1.4 Messergebnisse	7
2 Versuch 2: Passiver Zweipol (Black Box)	9
2.1 Zielsetzung	9
2.2 Bauteile und Messgeräte	9
2.3 Messkonzept	10
2.4 Messergebnisse	11
3 Versuch 3: Leistungsaufnahme eines elektrischen Widerstands	12
3.1 Zielsetzung	12
3.2 Bauteile und Messgeräte	12
3.3 Messkonzept	13
3.4 Messergebnisse	13
4 Versuch 4: Widerstandsmessung mittels Vierdrahtmethode	13
4.1 Zielsetzung	13
4.2 Bauteile und Messgeräte	13
4.3 Messkonzept	15
4.4 Messergebnisse	15
5 Versuch 5: Statistik	15
5.1 Zielsetzung	15
5.2 Bauteile und Messgeräte	15
5.3 Messkonzept	16
5.4 Messergebnisse	16
6 Versuch 6: Aktiver Tiefpass erster Ordnung	16
6.1 Zielsetzung	16
6.2 Bauteile und Messgeräte	17
6.3 Messkonzept	18
6.4 Messergebnisse	18
7 Diskussion	18

Einführung und Überblick

Die moderne Messtechnik bildet die Grundlage zahlreicher technischer sowie naturwissenschaftlicher Erkenntnisse. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass Messergebnisse niemals vollständig fehlerfrei sind. Die Ursachen für Messfehler und -ungenauigkeiten sind vielfältig. Als Ursachen für Messfehler und -ungenauigkeiten können beispielsweise eine fehlende Kalibrierung, Linearität und Stabilität der verwendeten Messinstrumente oder eine mangelnde Qualität des Messobjekts genannt werden. Des Weiteren kann auch der*die Messende selbst als Ursache in Betracht gezogen werden, welcher, zum Beispiel durch eine mögliche Sehschwäche oder einen ungünstigen Winkel, die Messwerte ungenau abliest. Nicht angepasste oder unvollkommene Messmethoden können ebenfalls zu einer Verfälschung der Messung führen.

Genannte Ursachen können zu drei verschiedenen Fehlerarten führen: grobe, statistische und systematische Fehler.

In diesem Laborbericht werden Versuche beschrieben, welche die Genauigkeit verschiedener Bauteile ermitteln. Des Weiteren beschäftigen sich diese mit Fehlerrechnung

1 Versuch 1: Kapazitätsmessung eines unbekannten Kondensators (Black Box)

1.1 Zielsetzung

Das Ziel des ersten Versuchs bestand darin, die Kapazität eines unbekannten Kondensators in einer Black-Box zu bestimmen.

1.2 Bauteile und Messgeräte

Messgeräte

- Teledyne Technologies Funktionsgenerator T3AFG80 80 MHz
- Keysight Oszilloskop (DSOX1102A)
- Fluke 87 V True RMS Multimeter
- Oszilloskop BNC Tastkopf mit Messklemme
- Steckkabel (mehrere)
- Tru Components Steckbrett
- Bananenkabel (schwarz und rot)
- Sicherheits-Klemmprüf spitze (2 Stück)

Bauteile

- Black-Box (Nr. 18-30)
- Widerstand Nominalwert 4,7 k Ω

1.3 Messkonzept

Zu Beginn wurde die Formel der Ladekurve $u_c = U(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$ und der Entladekurve $u_c = U e^{-\frac{t}{RC}}$) grafisch am Computer dargestellt (siehe Figure 1).

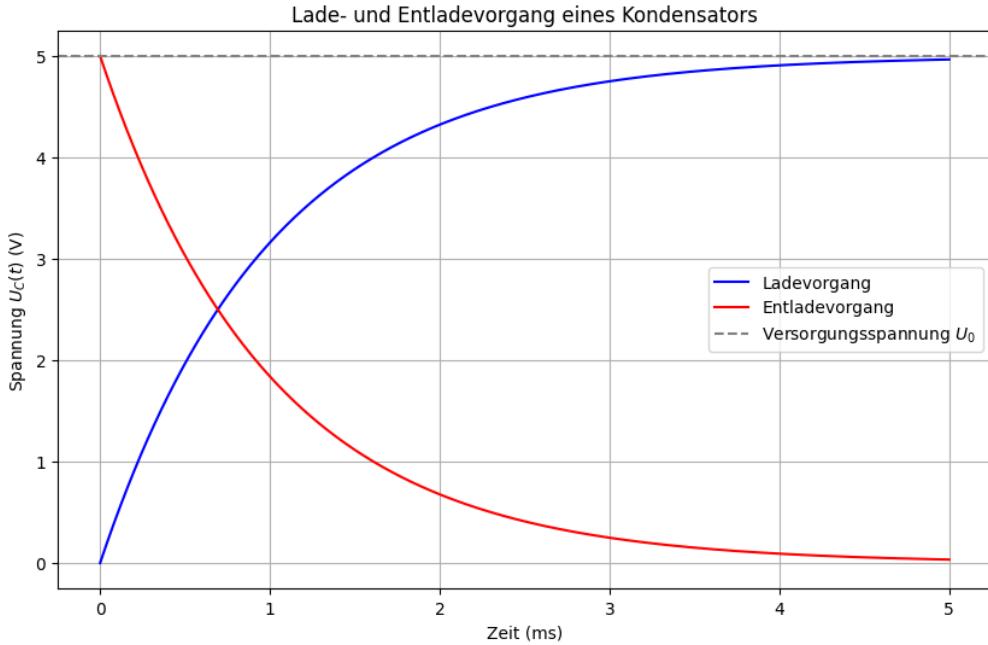


Figure 1: Ladekurve (blau) und Entladekurve (rot) eines Kondensators

Diese sollte in den folgenden Schritten mit dem Oszilloskop sichtbar gemacht werden. Hierzu wurde sich zunächst überlegt, wie der Funktionsgenerator einzustellen ist. Diese Einstellungen sind Table 1 zu entnehmen. Für die verwendete Frequenz muss dabei gelten, dass...!!!, warum einstellungen so?

Frequenz	Signalform	Amplitude	Offset
500 Hz	Rechtecksignal	5 V _{pp}	2.5 V _{dc}

Table 1: Einstellungen des Funktionsgenerators

Nachdem der Funktionsgenerator korrekt eingestellt war, wurde die Schaltung für die Messungen aufgebaut. Dabei wurde sich an der in Figure 2 dargestellten Skizze orientiert. Der, in der Skizze dargestellte, 50Ω Widerstand ist der Innenwiderstand des Funktionsgenerators. Dieser muss bei späteren Rechnungen berücksichtigt werden.

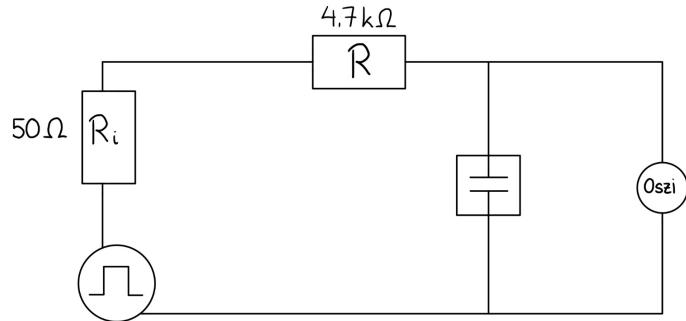


Figure 2: Schaltungsskizze

Für den Schaltungsaufbau wurde zunächst der Funktionsgenerator mit einem ""kabel, mit Masse an die Black-Box mit der Nummer 24, und mit der Versorgungsspannung an das Steckbrett angeschlossen. An den Anschluss, an dem die Versorgungsspannung anliegt, wurde ein Steckkabel angeschlossen, welches dann den 4.7Ω in Reihe schaltet. Die Black-Box wurde nun ebenfalls mit dem Steckbrett, hinter den Widerstand, verschaltet. Das Oszilloskop wurde nun parallel zur Black-Box angeschlossen. Hierfür wurde ein Oszilloskop BNC Tastkopf mit Messklemme verwendet. Die Masseklemme wurde an die Black-Box-Masse verbunden. Die Messklemme wurde mit einem weiteren Steckkabel am Steckbrett eingehakt, welches parallel zum Kondensator verläuft. Der Schaltungsaufbau ist in Figure 3 drgestellt.

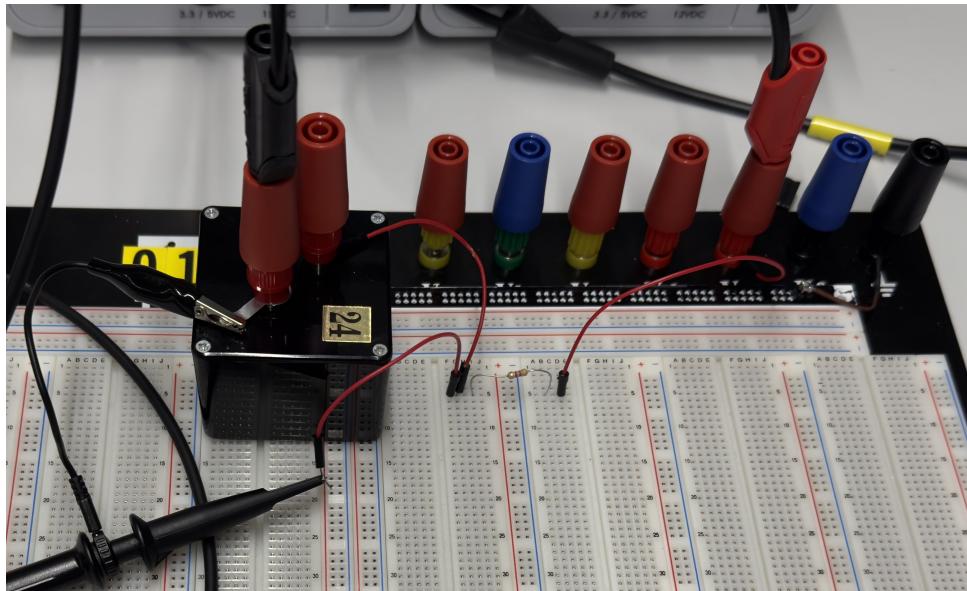


Figure 3: Schaltungsaufbau

Der Verlauf der Lade- und der Entladekurve konnte nun am Oszilloskop abgelesen werden (siehe Figure 4). Diese wurde reingezoomt (siehe Figure 5), um die Zeitkonstante Tau (τ) zu ermitteln. !!!

Anschließend an die Tau-Ermittlung sollte die Kapazität C_x des Kondensators bestimmt werden. Hierzu wurde zuerst der ohm'sche Widerstand ($4.7 \text{ k}\Omega$) mit dem Digital-Multimeter (DMM) nachgemessen. Der Widerstand wurde mit den Sicherheits-Klemmprüfspitzen, wie in Figure 6 gezeigt, gemessen. Mit diesem Widerstand, dem

Innenwiderstand des Funktionsgenerators und der ermittelten Zeitkonstante konnte nun die Kapazität des Kondensators mit der Formel $\tau = R \cdot C$ ausgerechnet werden.

$$C_x = \frac{\tau}{R} = \frac{34.2 \cdot 10^{-6} \text{s}}{4611 \Omega + 50 \Omega} = 7337 \text{ pF}$$

In Table 2 sind alle in der Schaltung und der Messanordnung vorkommenden absoluten bzw. relativen Einzelfehler aufgelistet!!!

1.4 Messergebnisse

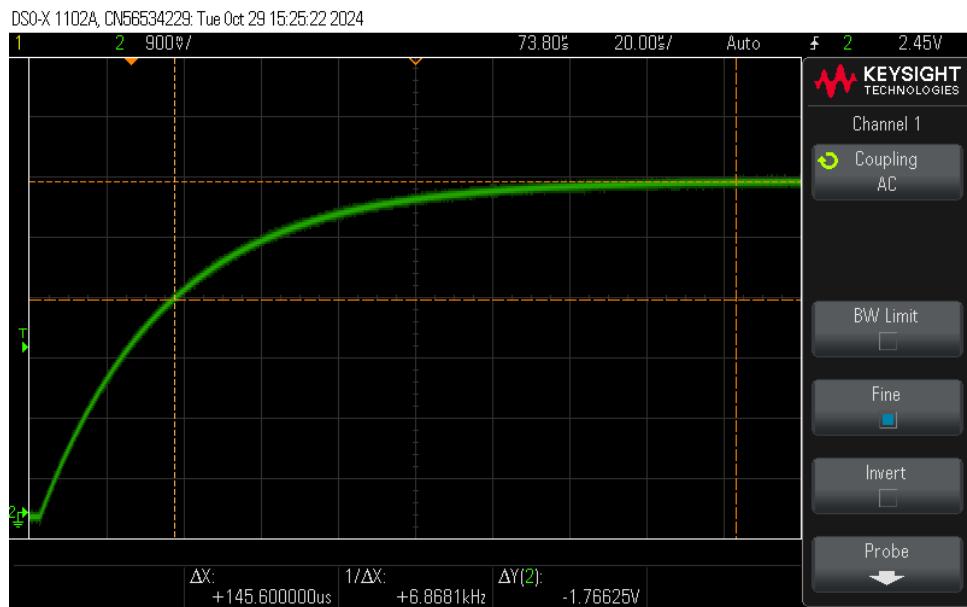


Figure 4: Ladekurve des Kondensators



Figure 5: reingezoomte Ladekurve des Kondensators für Tau-Bestimmung

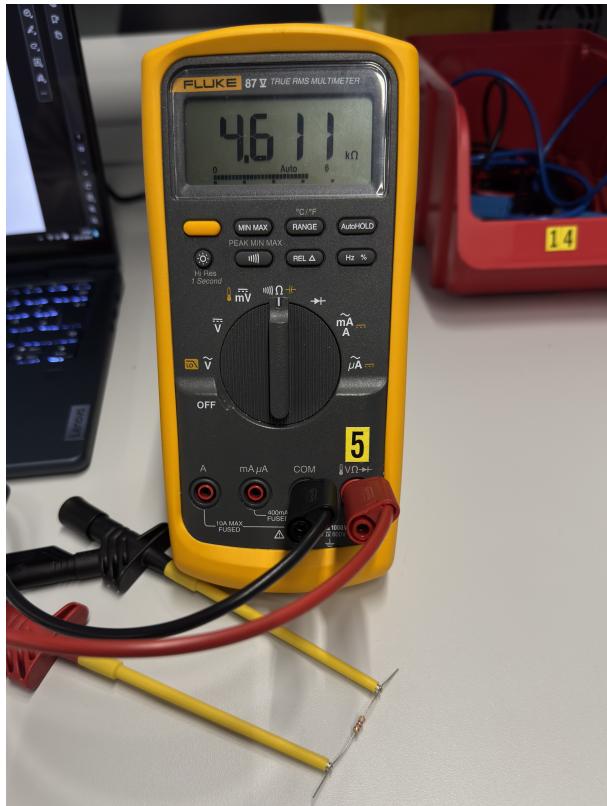


Figure 6: Messung ohm'scher Widerstand mit dem DMM

Fehlerquelle	Einfluss	typische Größe	stat. oder sys.	Berücksichtigung?	relevant?
$R = 4.7 \text{ k}\Omega$	DMM-Messung	% siehe Datenblatt	statistisch	Fehlerrechnung	Ja
Oszilloskop	R_i, C_i Tastkopf (10x) x, y - Messung Curser	$10 \mu\Omega, \sim pF$ $\approx 3 \%$ Datenblatt! Steigung beachten	systematisch statistisch statistisch	Nein < 0.5% Fehlerrechnung Fehlerrechnung	Nein Ja Ja
Funktionsgenerator	Anstiegszeit R_i Amplitude, Offset	einige ns 50Ω $\Delta R_i (\approx 1\%)$ -	systematisch systematisch statistisch systematisch	$\approx 1 \%$ Korrektur $1\% \Rightarrow \pm 0.5 \Omega$ relativ	Nein Ja Nein Nein
Kabel +5 V	Widerstand	$\approx 20 \text{ m}\Omega$	systematisch	zu klein	Nein

Table 2

2 Versuch 2: Passiver Zweipol (Black Box)

2.1 Zielsetzung

Bestimmung der Bauteil-Typen (Möglichkeiten: R, L oder C) und deren Anordnung innerhalb einer Black Box.

2.2 Bauteile und Messgeräte

Messgeräte

- Teledyne Technologies Funktionsgenerator T3AFG80 80 MHz
- Keysight Oszilloskop (DSOX1102A)
- Netzgerät (NEP-8323)?
- Fluke 87 V True RMS Multimeter
- Oszilloskop BNC Tastkopf mit Messklemme
- Steckkabel (mehrere)
- Tru Components Steckbrett
- Bananenkabel (schwarz und rot)
- Sicherheits-Klemmprüf spitze (2 Stück)

Bauteile

- Black-Box (Nr. 1-17)
- Widerstand Nominalwert $4,7\text{ k}\Omega$

2.3 Messkonzept

Der Schaltungsaufbau des ersten Versuchs konnte so beibehalten werden. Es musste lediglich die Black-Box des ersten Versuchs durch eine Black-Box mit einer Nummer zwischen 1 und 17 ersetzt werden. In diesem Versuchsbericht wurde Nummer 6 verwendet. Diese konnte identisch zur vorherigen angeschlossen werden. Bevor die Schaltung aufgebaut wurde, wurde zunächst der Widerstand der verwendeten Black-Box mit dem DMM gemessen (siehe Figure 8). Nun wurde die Black-Box in der Schaltung integriert. Um herauszufinden, welche Bauteile sich in der Black-Box befinden und wie diese miteinander verschaltet sind, sollten die Frequenzen des Rechtecksignals verändert werden und dabei der Verlauf der Funktion auf dem Oszilloskop beobachtet werden. An dem Verlauf, welcher in Figure 9 zu sehen ist konnte mithilfe der Cursor abgelenkt werden, dass die Eingangsamplitude 5 V und die Ausgangsamplitude 2,96 V entspricht. Dazu kommt, dass es sich um ein periodisches Verhalten handelt und ein Lade- und ein Entladevorgang erkennbar sind. Daraus lässt sich schließen, dass es sich in jedem Fall um einen Kondensator handeln muss. Da bei der Widerstands-Messung der Black-Box!!!

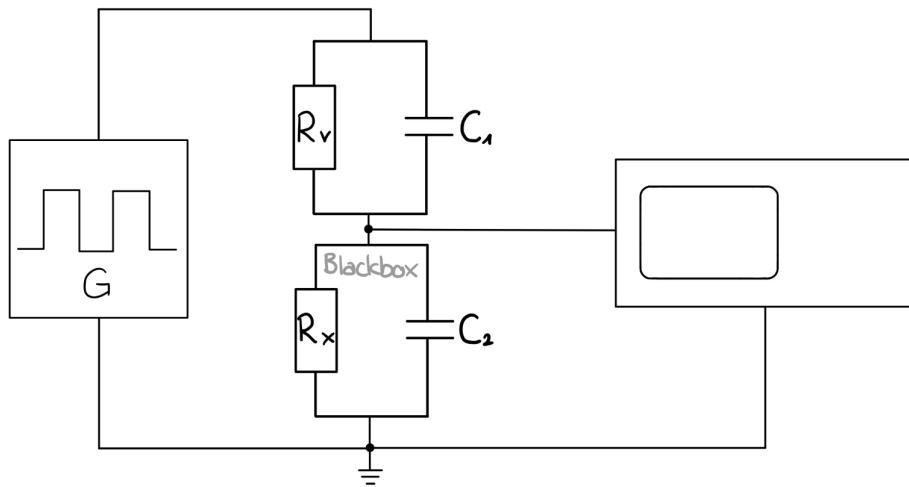


Figure 7: Schaltskizze

2.4 Messergebnisse

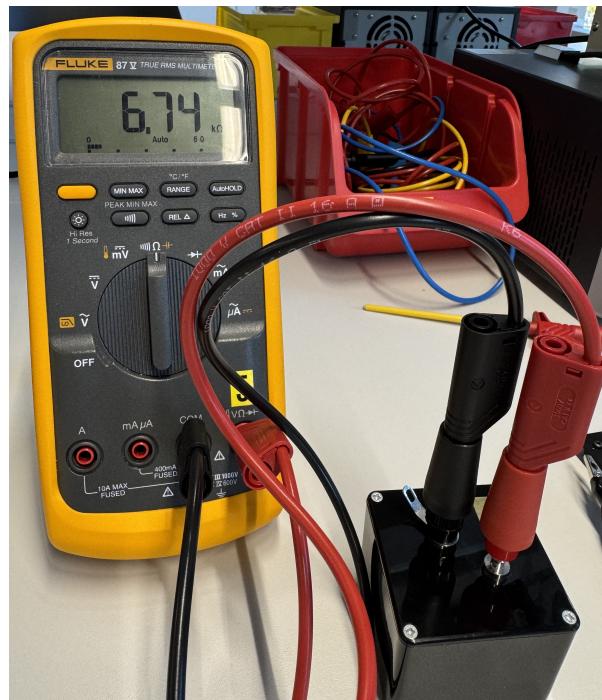


Figure 8: ...

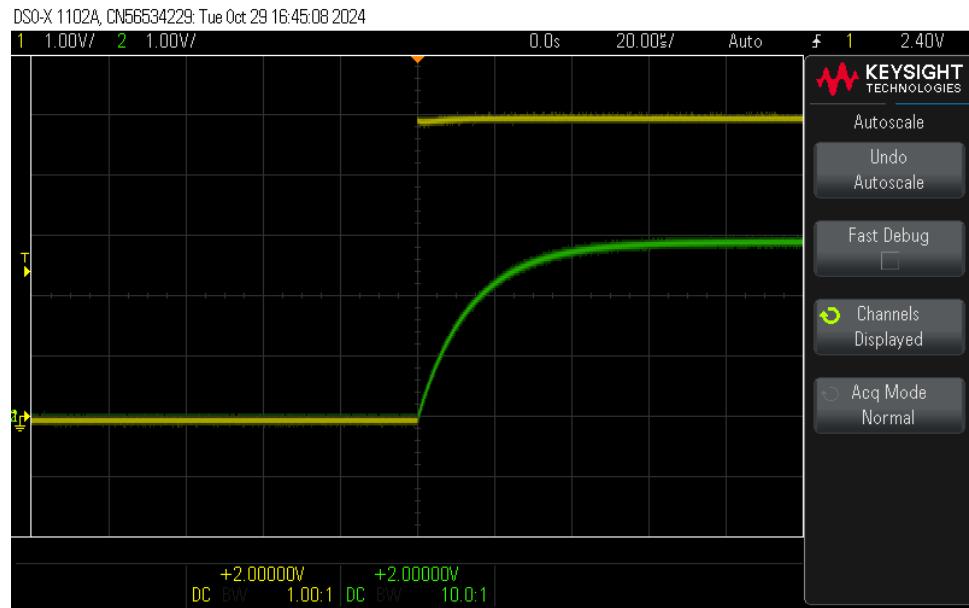


Figure 9: ...

3 Versuch 3: Leistungsaufnahme eines elektrischen Widerstands

3.1 Zielsetzung

Es soll die elektrische Leistung bestimmt werden, die bei Stromdurchfluss in einem Widerstand R anfällt.

3.2 Bauteile und Messgeräte

Messgeräte

- Netzgerät (NEP-8323)
- Fluke 87 V True RMS Multimeter
- Steckkabel (mehrere)
- Tru Components Steckbrett
- Bananenkabel (schwarz und rot)
- Sicherheits-Klemmprüf spitze (2 Stück)

Bauteile

- Widerstand Nominalwert $1 \text{ k}\Omega$ (2 Stück)

3.3 Messkonzept

Zu Beginn dieses Versuchs, wurden die beiden Widerstände mit dem DMM nachgemessen (siehe Table 3), um die Genauigkeit der darauf folgenden Messungen zu steigern.

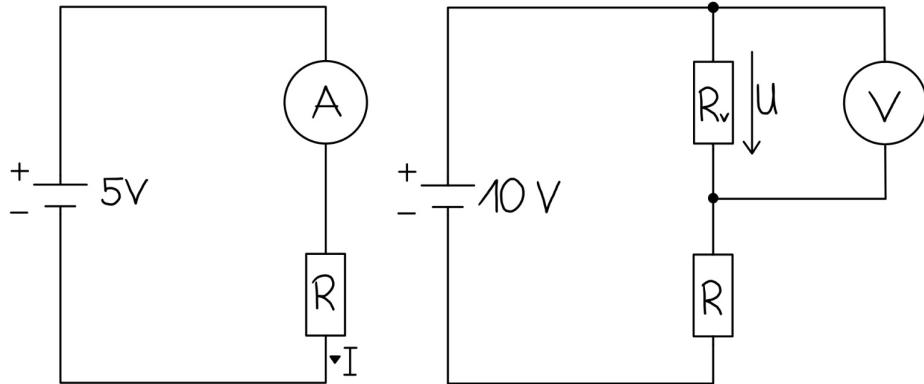


Figure 10: ...

Figure 11: ...

3.4 Messergebnisse

	gemessener Widerstand
R	988 Ω
R_v	996 Ω

Table 3: Nachmessung der Widerstände

4 Versuch 4: Widerstandsmessung mittels Vierdrahtmethode

4.1 Zielsetzung

Es soll der (sehr niederohmige) Übergangswiderstand eines Kabels inclusive seiner Steckverbinder mittels der Vierdrahtmethode gemessen werden.

4.2 Bauteile und Messgeräte

- Netzgerät (NEP-8323)
- Fluke 87 V True RMS Multimeter
- Keysight Oszilloskop (DSOX1102A)

- Bananenkabel (mehrere: rot, blau, schwarz)
 - Sicherheits-Klemmprüf spitze (2 Stück)
 - Oszilloskop BNC Tastkopf mit Messeklemme
 - Steckkabel (mehrere: im Idealfall verschiedene Farben)
 - Steckbrett
-
- A/D Converter - ADC080x
 - 10 Segment LED-Bar - OSX10201-B

- Kondensatoren:
 - 10 μF "Tantalum"
 - 0,1 μF (2 Stück)
 - 150 pF
- Widerstände:
 - 1k Ω
 - 10k Ω
 - 8 x 1 k Ω Widerstandsnetzwerk

4.3 Messkonzept

...

Figure 12: ...

4.4 Messergebnisse

...

5 Versuch 5: Statistik

5.1 Zielsetzung

Bestimmung einer gemessenen Zufallsverteilung und ihrer Eigenschaften (Momente). Hierbei stellt das vorgegebene Los von Widerständen eine willkürlich entnommene Stichprobe einer vom Hersteller erzeugten Grundgesamtheit dar.

5.2 Bauteile und Messgeräte

- Netzgerät (NEP-8323)
- Fluke 87 V True RMS Multimeter
- Keysight Oszilloskop (DSOX1102A)
- Bananenkabel (mehrere: rot, blau, schwarz)
- Sicherheits-Klemmprüfspitze (2 Stück)
- Oszilloskop BNC Tastkopf mit Messeklemme
- Steckkabel (mehrere: im Idealfall verschiedene Farben)
- Steckbrett
- A/D Converter - ADC080x
- 10 Segment LED-Bar - OSX10201-B

- Kondensatoren:
 - 10 μF "Tantalum"
 - 0,1 μF (2 Stück)
 - 150 pF
- Widerstände:
 - 1k Ω
 - 10k Ω
 - 8 x 1 k Ω Widerstandsnetzwerk

5.3 Messkonzept

...

Figure 13: ...

5.4 Messergebnisse

Widerstand	Wert in k Ω	Widerstand	Wert in kOhm
1	1.183	14	1.183
2	1.181	15	1.180
3	1.186	16	1.183
4	1.181	17	1.180
5	1.186	18	1.182
6	1.183	19	1.184
7	1.182	20	1.183
8	1.181	21	1.184
9	1.187	22	1.187
10	1.181	23	1.182
11	1.188	24	1.179
12	1.186	25	1.187
13	1.179	-	-

Table 4: ...

6 Versuch 6: Aktiver Tiefpass erster Ordnung

6.1 Zielsetzung

Bestimmung der frequenzabhängigen Verstärkung eines aktiven Tiefpasses

6.2 Bauteile und Messgeräte

- Netzgerät (NEP-8323)
 - Fluke 87 V True RMS Multimeter
 - Keysight Oszilloskop (DSOX1102A)
 - Bananenkabel (mehrere: rot, blau, schwarz)
 - Sicherheits-Klemmprüfspitze (2 Stück)
 - Oszilloskop BNC Tastkopf mit Messeklemme
 - Steckkabel (mehrere: im Idealfall verschiedene Farben)
 - Steckbrett
-
- A/D Converter - ADC080x
 - 10 Segment LED-Bar - OSX10201-B

- Kondensatoren:
 - 10 μF "Tantalum"
 - 0,1 μF (2 Stück)
 - 150 pF
- Widerstände:
 - 1k Ω
 - 10k Ω
 - 8 x 1 k Ω Widerstandsnetzwerk

6.3 Messkonzept

...

Figure 14: ...

6.4 Messergebnisse

...

7 Diskussion

Was würden Sie nächstes Mal anders machen? Was hat besondere Schwierigkeiten bereitet?