



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN  
Vienna University of Technology

# Elektrotechnische Grundlagen der Informatik (LU 182.692)

## Protokoll der 1. Laborübung: "Messtechnik"

Gruppennr.: 22      Datum der Laborübung: 04.05.2017

Matr. Nr.	Kennzahl	Name
1614835	033 535	Jan Nausner
1633068	033 535	David Pernerstorfer

<b>Kontrolle</b>	✓
stromrichtige Messschaltung	
spannungsrichtige Schaltung	
Spannungs- Stromteilerschaltung	
Superpositionsprinzip	
Erste Messung mit Oszilloskop	
Arbitrary Waveforms	
X/Y-Betrieb	
Diodenkennlinie	

# Contents

<b>1</b>	<b>Innenwiderstand der Messgeräte</b>	<b>2</b>
1.1	Aufgabenstellung . . . . .	2
1.2	Innenwiderstand des Amperemeters . . . . .	2
1.2.1	Verwendete Materialien und Einstellungen: . . . . .	2
1.2.2	Schaltungsaufbau . . . . .	2
1.2.3	Durchführung . . . . .	2
1.2.4	Ergebnis . . . . .	3
1.3	Innenwiderstand des Voltmeters . . . . .	3
1.3.1	Verwendete Materialien und Einstellungen: . . . . .	3
1.3.2	Schaltungsaufbau . . . . .	4
1.3.3	Durchführung . . . . .	4
1.3.4	Ergebnis . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Belastungsfehler</b>	<b>5</b>
2.1	Aufgabenstellung . . . . .	5
2.2	Verwendete Materialien und Einstellungen: . . . . .	5
2.3	Schaltungsaufbau . . . . .	5
2.4	Durchführung . . . . .	6
2.5	Ergebnis . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Spannungs- und Stromteiler</b>	<b>8</b>
3.1	Aufgabenstellung . . . . .	8
3.2	Theoretische Überlegung . . . . .	8
3.3	Verwendete Materialien und Einstellungen . . . . .	8
3.4	Schaltungsaufbau . . . . .	9
3.5	Berechnung Spannungen und Ströme . . . . .	9
3.6	Durchführung . . . . .	9
3.7	Ergebnisse . . . . .	10
3.8	Diskussion . . . . .	10
3.8.1	Messwerte der Widerstände . . . . .	10
3.8.2	Unterschied berechnete und gemessene Spannungen und Ströme . . . . .	10
<b>4</b>	<b>Superpositionsprinzip</b>	<b>11</b>
4.1	Aufgabenstellung . . . . .	11
4.2	Theoretische Überlegung . . . . .	11
4.2.1	Berechnung Spannungen und Ströme . . . . .	11
4.3	Verwendete Materialien und Einstellungen . . . . .	11
4.4	Schaltungsaufbau . . . . .	12
4.5	Durchführung . . . . .	12
4.6	Ergebnisse . . . . .	12
4.7	Diskussion . . . . .	13

<b>5</b>	<b>Erste Messung mit Oszilloskop</b>	<b>14</b>
5.1	Aufgabenstellung . . . . .	14
5.2	Theoretische Überlegung . . . . .	14
5.2.1	Berechnung Periodendauer . . . . .	14
5.3	Schaltungsaufbau . . . . .	14
5.4	Verwendete Materialien und Geräte . . . . .	14
5.5	Durchführung . . . . .	14
5.6	Ergebnisse . . . . .	16
5.7	Diskussion . . . . .	17
<b>6</b>	<b>Arbitrary Waveform</b>	<b>18</b>
6.1	Aufgabenstellung . . . . .	18
6.2	Verwendete Materialien und Einstellungen: . . . . .	18
6.3	Schaltungsaufbau . . . . .	18
6.4	Durchführung . . . . .	18
6.5	Ergebnis . . . . .	19
<b>7</b>	<b>X/Y-Betrieb</b>	<b>20</b>
7.1	Aufgabenstellung . . . . .	20
7.2	Schaltungsaufbau . . . . .	20
7.3	Verwendete Materialien und Geräte . . . . .	20
7.4	Durchführung . . . . .	20
7.5	Ergebnisse . . . . .	22
7.6	Diskussion . . . . .	23
7.6.1	Entstehung des Kreises . . . . .	23
7.6.2	Änderung der Frequenz . . . . .	23
<b>8</b>	<b>Diodenkennlinie</b>	<b>25</b>
8.1	Aufgabenstellung . . . . .	25
8.2	Verwendete Materialien und Einstellungen: . . . . .	25
8.3	Schaltungsaufbau . . . . .	25
8.4	Durchführung . . . . .	25
8.5	Ergebnis . . . . .	26

# 1 Innenwiderstand der Messgeräte

## 1.1 Aufgabenstellung

In dieser Messung müssen die Innenwiderstände der verwendeten Messgeräte durch geeignete Aufbauten bestimmt werden.

## 1.2 Innenwiderstand des Amperemeters

### 1.2.1 Verwendete Materialien und Einstellungen:

- Netzteil: Agilent U8031A
- Versorgungsspannung:  $1V$
- Amperemeter: Amprobe 37XR-A
- Voltmeter: Amprobe 37XR-A
- Vorwiderstand:  $1k\Omega$  (gemessen  $0,983k\Omega$ ),  $P_{tot} = \frac{1}{4}W$

### 1.2.2 Schaltungsaufbau

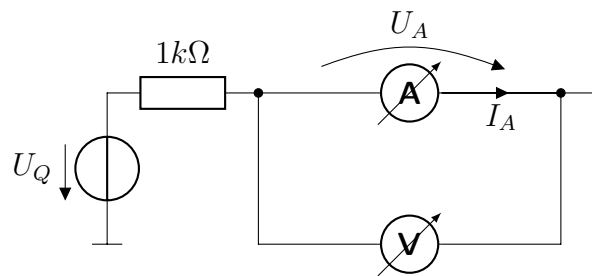


Figure 1: Messung  $R_A$

### 1.2.3 Durchführung

Das Amperemeter wird in Serie zu dem Vorwiderstand (zur Begrenzung des Stroms) geschaltet und das Voltmeter parallel zum Amperemeter. An die gesamte Schaltung wird eine Spannung von  $1V$  angelegt. Mit dem Voltmeter wird der Spannungsabfall am Amperemeter und mit dem Amperemeter der fließende Strom für die jeweiligen Messbereiche gemessen.

### 1.2.4 Ergebnis

$U_Q$	$I_A$	$U_A$
1V	504,3 $\mu A$	503,3 mV
5V	5,013 mA	56,4 mV
20V	0,022 A	0,7 mV

Table 1: Gemessene Werte

Der Innenwiderstand  $R_A$  des Amperemeters kann jetzt über das Ohmsche Gesetz berechnet werden:  $R_A = \frac{U_A}{I_A}$ .

Messbereich	$R_A$ (gerundet)
$\mu A$	998 $\Omega$
mA	11,25 $\Omega$
A	0,032 $\Omega$

Table 2: Innenwiderstände

Der Innenwiderstand bei einem idealen Amperemeter wäre  $R_A = 0 \Omega$ . Dieser Wert ist jedoch nicht zu erreichen, da dies einem Kurzschluss gleichkommen würde. Bei den verschiedenen Messbereichen werden verschiedene Widerstände benötigt, da z.B. bei kleinen Strömen meist große Widerstände zum Einsatz kommen, wohingegen bei großen Strömen die Widerstände meist klein sind. So wird sichergestellt, dass die Messergebnisse so gering wie möglich verfälscht werden. Trotzdem muss man sich bei Messungen der ohmschen Eigenschaft des Amperemeters und derer möglichen Auswirkungen bewusst sein.

## 1.3 Innenwiderstand des Voltmeters

### 1.3.1 Verwendete Materialien und Einstellungen:

- Netzteil: Agilent U8031A
- Versorgungsspannung: 20V
- Amperemeter: Amprobe 37XR-A
- Voltmeter: Amprobe 37XR-A

### 1.3.2 Schaltungsaufbau

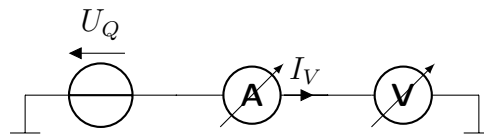


Figure 2: Messung  $R_V$

### 1.3.3 Durchführung

Das Amperemeter und das Voltmeter werden in Serie geschaltet und an die gesamte Schaltung wird eine Spannung von  $20V$  angelegt. Mit dem Amperemeter wird der fließende Strom gemessen. Das gewählte Voltmeter hat nur einen Messbereich.

### 1.3.4 Ergebnis

$U_Q$	$I_V$
$20V$	$2,25\mu A$

Table 3: Gemessener Wert

Der Innenwiderstand  $R_V$  des Voltmeters kann jetzt über das Ohmsche Gesetz berechnet werden:  $R_V = \frac{U}{I_V} = \frac{20V}{2,25\mu A} \approx 8,9M\Omega$

Der Innenwiderstand bei einem idealen Voltmeter wäre  $R_V = \infty\Omega$ . Dieser Wert ist jedoch nicht zu erreichen, da dies einer Unterbrechung gleichkommen würde. Bei Messungen muss man sich der ohmschen Eigenschaft des Voltmeters und derer möglichen Auswirkungen bewusst sein.

## 2 Belastungsfehler

### 2.1 Aufgabenstellung

Die Werte der gegebenen Widerstände sollen jeweils mittels sowohl spannungsrichtiger und stromrichtiger Schaltung als auch per Direktmessung mit dem Multimeter bestimmt werden. Weiters sollen die unterschiedlichen Messbereiche verwendet werden.

### 2.2 Verwendete Materialien und Einstellungen:

- Netzteil: Agilent U8031A
- Amperemeter: Amprobe 37XR-A
- Voltmeter: Amprobe 37XR-A
- diverse Widerstände (siehe Tabelle)

$R_1$	$U_Q$
$10\ \Omega$	$1\ V$
$10\ k\Omega$	$10\ V$
$1\ M\Omega$	$10\ V$

Figure 3: Widerstände und Quellspannungen

### 2.3 Schaltungsaufbau

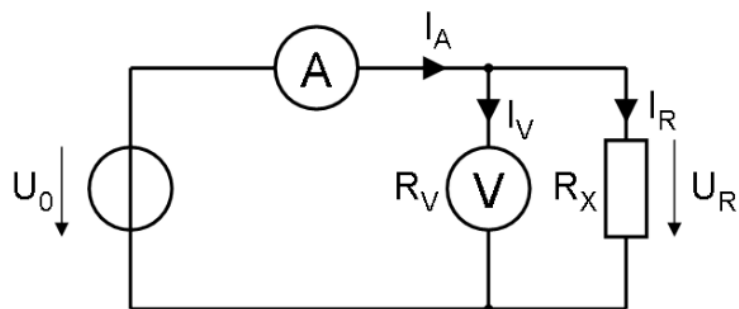


Figure 4: Spannungsrichtige Messung

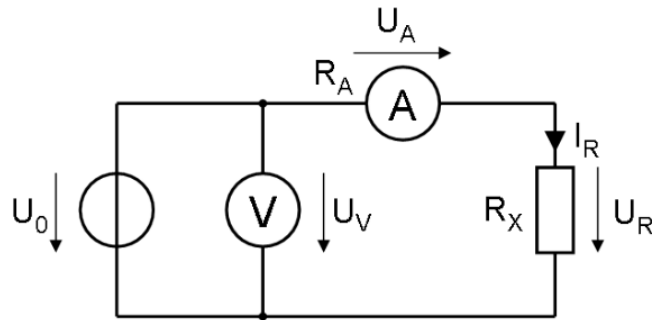


Figure 5: Stromrichtige Messung

## 2.4 Durchführung

Es wird jeweils die Strom- bzw. Spannungsrichtige Schaltung aufgebaut. Für jeden Widerstand wird die jeweilige Quellspannung eingestellt, danach werden die Werte am Volt- und Amperemeter abgelesen (auch bei unterschiedlichen Messbereichen). Zum Schluss erfolgt noch eine Direktmessung der Widerstände mittels Ohmmeter.

## 2.5 Ergebnis

$U_0$	$R_1$	$U_R$	$I_A$
1V	$10\Omega$	454,2mV	46,16mA
1V	$10\Omega$	983,7mV	0,1A
10V	$10k\Omega$	9,062V	924,9μA
10V	$10k\Omega$	9,975V	1,016mA
10V	$1M\Omega$	9,975V	11,22μA
10V	$1M\Omega$	9,986V	0,01mA

Table 4: Spannungsrichtige Messergebnisse

$U_0$	$R_1$	$U_V$	$I_R$
1V	$10\Omega$	0,999V	38,36mA
1V	$10\Omega$	0,999V	0,1A
10V	$10k\Omega$	9,986V	924,1μA
10V	$10k\Omega$	9,986V	1,015mA
10V	$1M\Omega$	9,987V	10,15μA
10V	$1M\Omega$	9,986V	0,009mA

Table 5: Stromrichtige Messergebnisse

Die Berechnung des gemessenen Widerstandes  $R_m$  mithilfe der spannungsrichtigen Schaltung wird über das ohmsche Gesetz durchgeführt:



$$R_m = \frac{U_R}{I_A}$$

Um den echten Widerstand  $R_x$  zu berechnen, muss man berücksichtigen, dass der gemessene Strom verfälscht ist, da das Voltmeter mit dem Widerstand einen Stromteiler bildet ("spannungsrichtig"). Daraus ergibt sich folgende Formel:

$$R_X = \frac{U_R}{I_R} = \frac{U_R}{I_A - I_V} = \frac{U_R}{I_A - (U_R/R_V)}$$

Die Berechnung des gemessenen Widerstandes  $R_m$  mithilfe der stromrichtigen Schaltung wird über das ohmsche Gesetz durchgeführt:

$$R_m = \frac{U_V}{I_R}$$

Um den echten Widerstand  $R_X$  zu berechnen, muss man berücksichtigen, dass die gemessene Spannung verfälscht ist, da das Amperemeter mit dem Widerstand einen Spannungsteiler bildet ("stromrichtig"). Daraus ergibt sich folgende Formel:

$$R_X = \frac{U_R}{I_R} = \frac{U_V - U_A}{I_R} = \frac{U_V - (R_A * I_R)}{I_R}$$

$R_{nominell}$	$R_{spannungsrichtig}$	$R_{stromrichtig}$	$R_{Multimeter}$
$10\Omega$	$9,83\Omega$	$26\Omega$	$9,8\Omega$
$1k\Omega$	$9,82k\Omega$	$10,8k\Omega$	$9,82k\Omega$
$1M\Omega$	$0,89M\Omega$	$0,98M\Omega$	$985,5k\Omega$

Table 6: Auswertung der Messergebnisse (gerundet)

Etwaige Abweichungen entstehen möglicherweise durch Ungenauigkeiten der Messgerät, aber auch durch Ungenauigkeiten bei den Widerstandswerten. Bei Variante 1 muss die Versorgungsspannung auf  $1V$  reduziert werden, da sonst ein zu starker Strom durch den Widerstand fließen würde (z.B. bei  $10V$   $1A$ , was eine Leistung von  $10W$  ergeben würde!). Wenn man den Messbereich des Multimeters verstellt, erkennt man, dass manche Messbereiche zu ungenau (out of range oder overflow) sein können.

Anhand der Ergebnisse kann man deutlich erkennen, dass die spannungsrichtige Messung für kleine Widerstände (bis zu  $k\Omega$ ) genauer und daher besser geeignet ist, da das Voltmeter hier aufgrund seines hohen Innenwiderstandes den gemessenen Strom kaum verfälscht. Für höhere Widerstandswerte ist die stromrichtige Messung genauer, da hier der geringe Innenwiderstand des Amperemeters keine große Verfälschung der Spannung verursacht.

## 3 Spannungs- und Stromteiler

### 3.1 Aufgabenstellung

Die Spannungs- und Stromteilerregel ist ein wesentlichen Bestandteil der Schaltungsanalyse. In dieser Aufgabe sollen Ströme und Spannungen einer einfachen Schaltung (Abbildung 6) berechnet werden. Anschließend soll diese Schaltung auf einem Steckbrett aufgebaut und die Ströme und Spannungen gemessen werden. Die berechneten Werte sollen verifiziert werden, indem sie mit den Messwerten gegenübergestellt werden.

### 3.2 Theoretische Überlegung

In der Angabe sind 3 Varianten von Widerständen (Abbildung 7) gegeben. Es soll die Sinnvollste gewählt werden.

Variante	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$U_0$
A	$22k\Omega$	$33k\Omega$	$27k\Omega$	$10V$
B	$22k\Omega$	$33k\Omega$	$27k\Omega$	$10V$
C	$22k\Omega$	$33k\Omega$	$27k\Omega$	$10V$

Table 7: Parameter für Spannungs- und Stromteiler

Bei Variante A sind die Widerstände sehr klein, wodurch die thermische Belastbarkeitsgrenze ( $P_{tot} < \frac{1}{4}W$ ) überschritten wird. Bei Variante C wird der zu messende Strom sehr gering (im  $\mu A$  Bereich), wodurch die Messergebnisse ungenau werden. Daher wird Variante B gewählt.

### 3.3 Verwendete Materialien und Einstellungen

- Netzteil: Agilent U8031A
- Amperemeter: Amprobe 37XR-A
- Voltmeter: Amprobe 37XR-A
- Ohmmeter: Amprobe 37XR-A
- Widerstände ( $22k\Omega$ ,  $33k\Omega$ ,  $27k\Omega$ )

### 3.4 Schaltungsaufbau

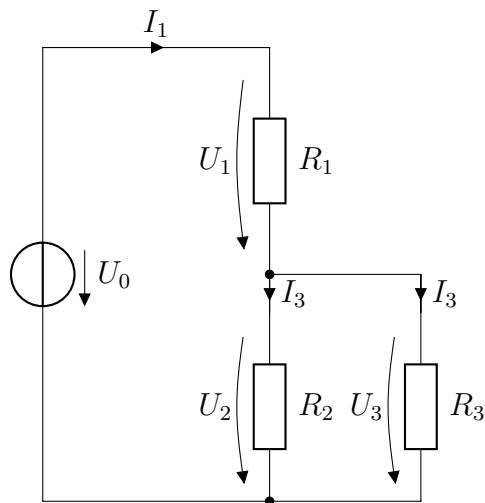


Figure 6: Schaltung Spannungs- und Stromteiler

### 3.5 Berechnung Spannungen und Ströme

Da die Aufgabe vorsieht, die Spannungen und Ströme der Schaltung mit den gemessenen Widerstandswerten zu berechnen, wird hier der Rechenweg erläutert.

$$R_{ges} = R_1 + \frac{R_2 * R_3}{R_2 + R_3}$$

$$I_1 = \frac{U_0}{R_{ges}}$$

$$U_1 = I_1 * R_1$$

$$U_2 = U_3 = U_0 - U_1$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3}$$

### 3.6 Durchführung

- Die Widerstandswerte der Widerstände werden mit dem Ohmmeter gemessen. Die Messergebnisse sind in Abbildung 8 zu finden.
- Die Spannungen  $U_1$ ,  $U_2$  und  $U_3$  sowie die Ströme  $I_1$ ,  $I_2$  und  $I_3$  werden berechnet. Dazu werden die gemessenen Widerstandswerte berücksichtigt. Die berechneten Werte sind in Abbildung 9 zu finden.

- Die Spannungen werden mit dem Voltmeter mit der Einstellung *Gleichspannung* parallel zu den Widerständen gemessen. Die Messwerte sind in Abbildung 9 zu finden.
- Die Ströme werden mit dem Amperemeter mit der Einstellung *mA* (Milli-Ampere) gemessen. Die Messwerte sind in Abbildung 10 zu finden.

### 3.7 Ergebnisse

	Widerstandswert lt. Farbcode	gemessener Widerstandswert
$R_1$	$22k\Omega$	$21,75k\Omega$
$R_2$	$33k\Omega$	$32,53k\Omega$
$R_3$	$47k\Omega$	$46,72k\Omega$

Table 8: Messung der Widerstände mit Ohmmeter

	Spannung berechnet	Spannung gemessen
$U_1$	$5,31V$	$5,300V$
$U_2$	$4,69V$	$4,673V$
$U_3$	$4,69V$	$4,673V$

Table 9: Vergleich Berechnung und Messung der Spannungen

	Strom berechnet	Strom gemessen
$I_1$	$244,3\mu A$	$238,50\mu A$
$I_2$	$144,04\mu A$	$141,10\mu A$
$I_3$	$99,67\mu A$	$98,49\mu A$

Table 10: Vergleich Berechnung und Messung der Ströme

### 3.8 Diskussion

#### 3.8.1 Messwerte der Widerstände

Die gemessenen Widerstandswerte sind nicht exakt, jedoch liegen die Messwerte in der jeweilig angegebenen Toleranzgrenze. Ein anderer Faktor für die Abweichung vom eigentlichen Widerstandswert ist die Messtoleranz des Ohmmeters, welches lt. Spezifikation bis  $1k\Omega$  eine Toleranz von  $\pm 0.5\%$  bzw. bis  $10M\Omega$  eine Toleranz von  $\pm 1.0\%$  hat.

#### 3.8.2 Unterschied berechnete und gemessene Spannungen und Ströme

Der Unterschied zwischen berechneten und gemessenen Spannungen und Strömen ist auf die Messtoleranz des Messgeräts zurückzuführen.

## 4 Superpositionsprinzip

### 4.1 Aufgabenstellung

In dieser Messübung soll das Superpositionsprinzip verifiziert werden.

### 4.2 Theoretische Überlegung

Das Superpositionsprinzip wird verwendet um Schaltkreise mit mehreren Spannungs- und Stromquellen zu berechnen. Die Berechnung der Spannungen und Ströme erfolgt für jede Quelle getrennt. Dabei werden alle anderen Quelle von der Schaltung getrennt und kurzgeschlossen. Danach werden die Teilergebnisse überlagert, das heißt die Stöme und Spannungen werden jeweils summiert.

#### 4.2.1 Berechnung Spannungen und Ströme

Die Spannungen und die Ströme werden für die Schaltung aus Abbildung 11 berechnet um die Plausibilität der Messwerte zu verifizieren. Hierbei wird eine ideale Spannungsquelle mit Innenwiderstand  $0\Omega$  angenommen.

	Spannung $U_{RX}$	Strom $I_{RX}$
Stromquelle $U_1$ kurzgeschlossen	$0,33V$	$331,92\mu A$
Stromquelle $U_2$ kurzgeschlossen	$2,55V$	$2,55mA$
Summe	$2,88V$	$2,88mA$

Table 11: Berechnung der Schaltung mittels Superpositionsprinzip

### 4.3 Verwendete Materialien und Einstellungen

- Netzteil: Agilent U8031A
- Amperemeter: Amprobe 37XR-A
- Voltmeter: Amprobe 37XR-A
- Ohmmeter: Amprobe 37XR-A
- diverse Widerstände (siehe Abbildung 12)

$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	$R_5$	$R_X$
$6,8k\Omega$	$3,3k\Omega$	$3,3k\Omega$	$6,8k\Omega$	$2,2k\Omega$	$1k\Omega$

Table 12: Verwendete Widerstände

## 4.4 Schaltungsaufbau

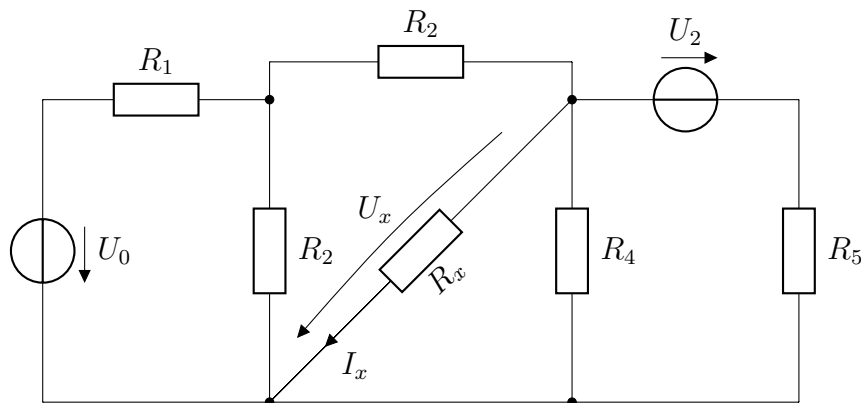


Figure 7: Schaltungsaufbau

## 4.5 Durchführung

- Die Schaltung aus Abbildung wird auf einem Steckbrett aufgebaut.
- Die Schaltung wird von der Spannungsquelle  $U_2$  getrennt und kurzgeschlossen.
- Die Schaltung wird mit dem Netzteil verbunden.
- Auf dem Gerät wird eine Spannung von  $10V$  eingestellt.
- Die Spannungsmessung erfolgt mit dem Voltmeter mit der Einstellung Gleichspannung.
- Die Spannung wird parallel zum Widerstand  $R_X$  gemessen.
- Der Strom wird in Serie mit dem Widerstand  $R_X$  gemessen.
- Die gleichen Messungen erfolgen analog mit der Spannungsquelle  $U_1$  kurzgeschlossen und mit beiden Spannungsquellen angeschlossen.
- Die Messwerte sind in Abbildung 13 zu finden.

## 4.6 Ergebnisse

	Spannung $U_{R_X}$	Strom $I_{R_X}$
Stromquelle $U_1$ kurzgeschlossen	2,541V	2,611mA
Stromquelle $U_2$ kurzgeschlossen	330,9mV	237,9μA
beide Stromquellen angeschlossen	2,872V	2,901mA

Table 13: Strom und Spannungsmessung am Widerstands  $R_X$

## 4.7 Diskussion

Bei der Messung des Stromes am Widerstand  $R_X$  ergibt sich im Vergleich *Summe Spannungsmesswerte mit jeweils einer Stromquelle getrennt* zu *Spannungsmessung mit beiden Stromquellen aktiv* eine Differenz von  $51\mu A$ . Dies ist mit der Messtoleranz des Amperemeters zu begründen.

Bei der gleichen Gegenüberstellung im Bezug auf die Spannung wurde keine Abweichung festgestellt.

## 5 Erste Messung mit Oszilloskop

### 5.1 Aufgabenstellung

In dieser Messübung soll der Umgang mit Oszilloskop und Frequenzgenerator geübt werden. Dazu soll eine einfache Schaltung aufgebaut und ein Signal erzeugt und gemessen werden.

### 5.2 Theoretische Überlegung

#### 5.2.1 Berechnung Periodendauer

In der Angabe ist eine Frequenz von  $5,27MHz$  angegeben. Da am Funktionsgenerator für die Funktionsart *Square* nur die Periodendauer eingestellt werden kann, wird diese berechnet.

$$T = \frac{1}{5,27MHz} \approx 190ns \quad (1)$$

### 5.3 Schaltungsaufbau

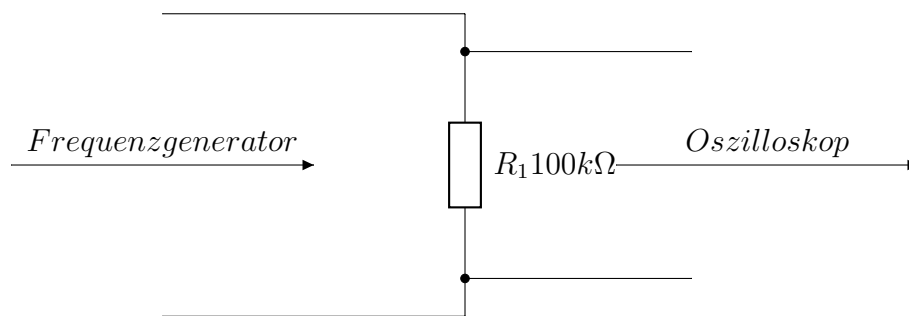


Figure 8: Oszilloskop und Frequenzgenerator

### 5.4 Verwendete Materialien und Geräte

- Oszilloskop: Agilent InfiniiVision MSO-X 3054A
- BNC Kabel
- Funktionsgenerator: Agilent 33220A
- Widerstände:  $100k\Omega$  und  $50\Omega$

### 5.5 Durchführung

- Die Schaltung aus Abbildung 8 wird auf einem Steckbrett aufgebaut.
- Am Funktionsgenerator werden folgende Einstellungen vorgenommen:



- Funktionsart: Rechteck (Taste *Square*)
  - Frequenz:  $5,27\text{MHz} \Leftrightarrow \sim 190\text{ns}$  (Softkey *Freq Period*)
  - $3,3V_{PP}$  (Softkey *Ampl HiLevel*)
  - Offset  $1V$  (Softkey *Offset LoLevel*)
  - Duty Circle 25% (Softkey *Duty Circle*)
  - Lastimpedanz: HighZ (*Utility*  $\rightarrow$  *OUTPUT-Setup*)
- Der Funktionsgenerator und das Oszilloskop werden mit der Schaltung lt. Schaltplan verbunden.
  - Die *Auto-Scale* Taste wird gedrückt. Dadurch wird das Oszilloskop so konfiguriert, dass das Eingangssignal bestmöglich dargestellt wird.
  - Mittels Cursorfunktion wird die Amplitude gemessen. Dazu wird ein Y-Cursor am Minimum und ein Y-Cursor am Maximum angelegt. Es wird jeweils der Abstand des Cursors zur X-Achse angezeigt (Abbildung 14).
  - Mittels Cursorfunktion wird die Periodendauer gemessen. Dazu wird ein X-Cursor am positiven Sprung des Rechtecksignals und ein zweiter X-Cursor an der gleichen Stelle eine Periode später angelegt (Abbildung 14)
  - Mittels Quick-Measure Funktion werden Effektivwert, Mittelwert und der Pk-Pk-Wert gemessen. Dazu werden folgende Measurements am Oszilloskop hinzugefügt (Softkey *Add Measurement*).
    - Effektivwert: *DC RMS-Cyc.*
    - Mittelwert: *Avg-Cyc.*
    - Pk-Pk-Wert: *Pk-Pk*

Aus Abbildung 9 werden die Messwerte abgelesen (Abbildung 15).

- Am Funktionsgenerator wird die Lastimpedanz auf  $50\Omega$  geändert (*Utility*  $\rightarrow$  *OUTPUT-Setup*).
- Am Funktionsgenerator wird unter der Einstellung *Amplitude* nun  $V_{PP} = 1,65V$  angezeigt.
- Die Anzeige am Oszilloskop bleibt unverändert.
- Der  $100k\Omega$  Widerstand wird nun durch einen  $50\Omega$  Widerstand ausgetauscht.
- Mittels Quick-Measure Funktion werden nochmals die gleichen Messwerte am Oszilloskop gemessen. Aus Abbildung 10 werden die Messwerte 15 abgelesen.

## 5.6 Ergebnisse

	Spannung [V]		Periodendauer [s]
0 - pos. Amplitude	2,46250V	$\Delta Y$	190ns
0 - neg. Amplitude	-2,56250V		

Table 14: Messwerte Amplitude und Periodendauer

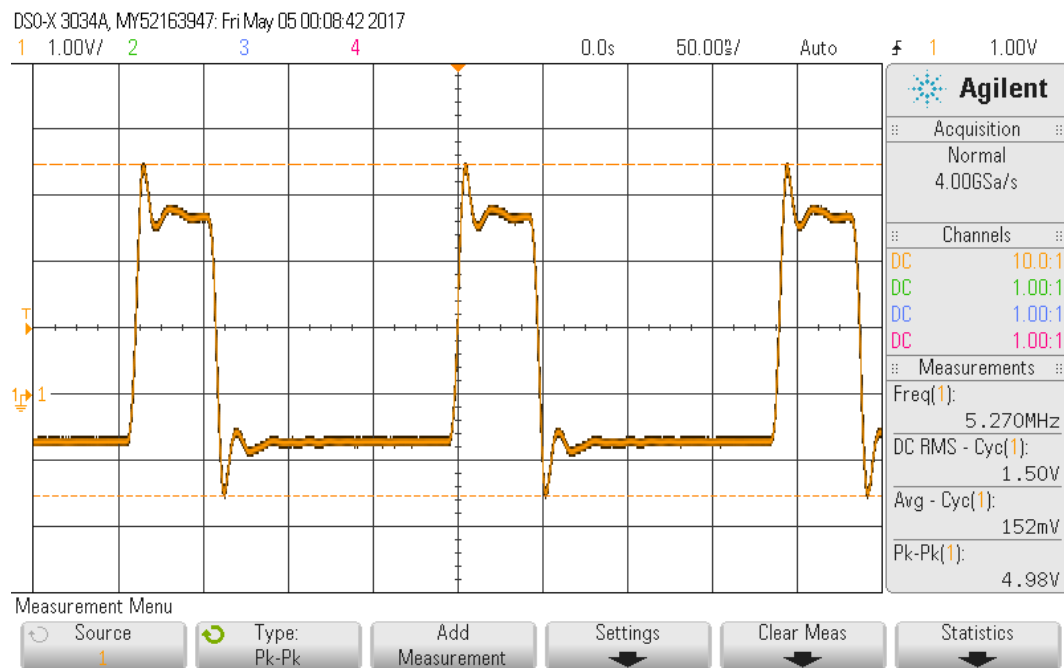


Figure 9: Oszilloskop Rechtecksignal bei 100k $\Omega$

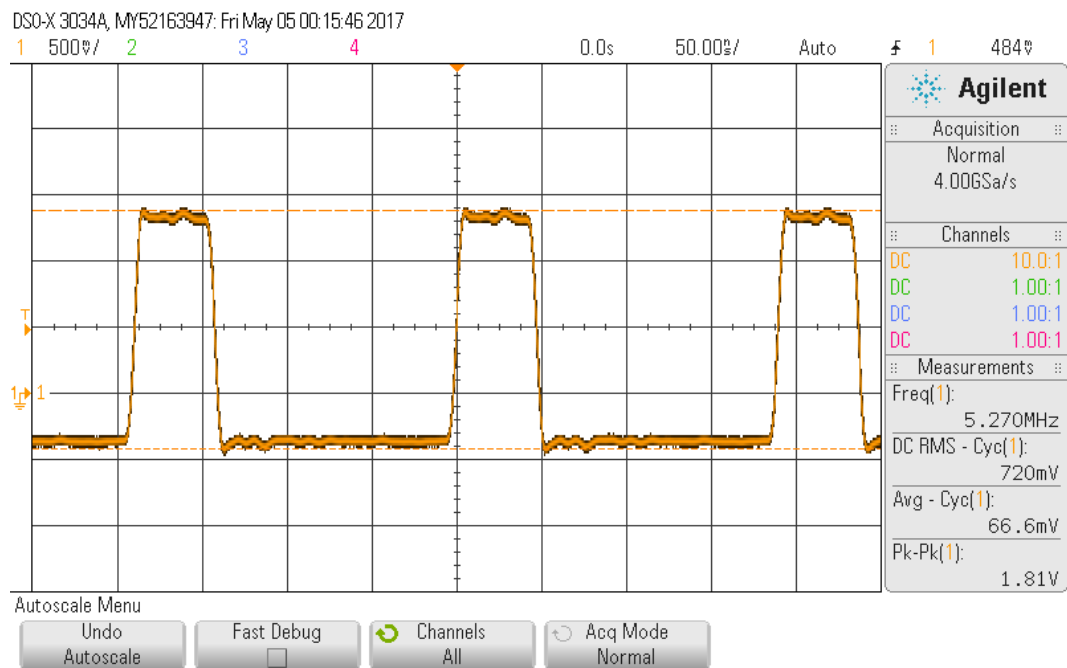


Figure 10: Oszilloskop Rechtecksignal bei  $50\Omega$

	Effektivwert [V]	Mittelwert [V]	Pk-Pk-Wert [V]
$R_1 = 100k\Omega$	1,50 V	1,49 mV	5,03 V
$R_1 = 50\Omega$	720 mV	70 mV	1,83 V

Table 15: Messwerte Effektivwert, Mittelwert und Pk-Pk-Wert

## 5.7 Diskussion

In Abbildung 9 sieht man an der positiven Flanke des Rechtecks eine Überschwungung. Dieses Verhalten wird Gibbssches Phänomen genannt. In der Praxis gibt es keine Möglichkeit eine exakte Rechteckfunktion zu erzeugen. Stattdessen wird die Funktion mit Überlagerung von Sinusfunktionen verschiedener Frequenzen möglichst genau approximiert. Die Überschwungung ist ein Nebeneffekt dieser Überlagerung.

## 6 Arbitrary Waveform

### 6.1 Aufgabenstellung

In diesem Beispiel soll ein moduliertes Signal durch Überlagerung zwei verschiedener Schwingungen erzeugt und dargestellt werden.

### 6.2 Verwendete Materialien und Einstellungen:

- Oszilloskop: Agilent InfiniiVision MSO-X 3054A
- Funktionsgenerator: Agilent 33220A
- Widerstand:  $100k\Omega$

### 6.3 Schaltungsaufbau

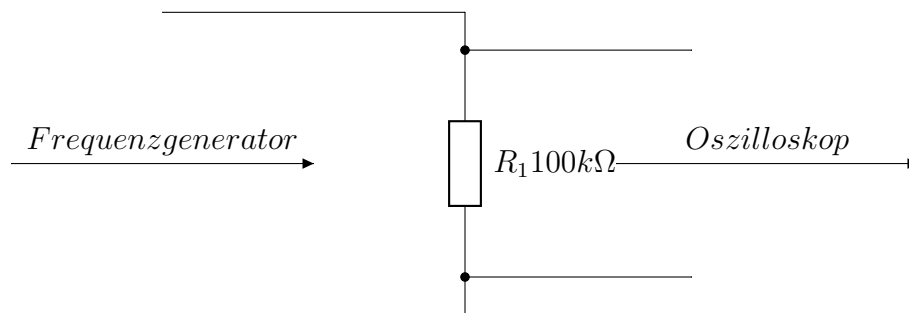


Figure 11: Oszilloskop und Frequenzgenerator

### 6.4 Durchführung

Am Frequenzgenerator (Lastwiderstand High Z) wird zuerst ein Dreieckssignal erzeugt. Dazu wird der Signaltyp Rämpäusgewählt, eine Frequenz von  $400Hz$  und eine Amplitude von  $1V$  eingestellt, sowie die Symmetrie auf 50% gesetzt (um den Sägezahn in ein Dreieck zu formen). Dann wird dem Dreieckssignal (mit Taste Mod) ein Sinus mit Periodendauer  $200\mu s$  ( $f = \frac{1}{200\mu s} = 5kHz$ ) ("AM Freq") und Amplitude  $100mV$  ("AM Depth") aufmoduliert. Die Schwingung wird am Oszilloskop dargestellt.

# 6.5 Ergebnis

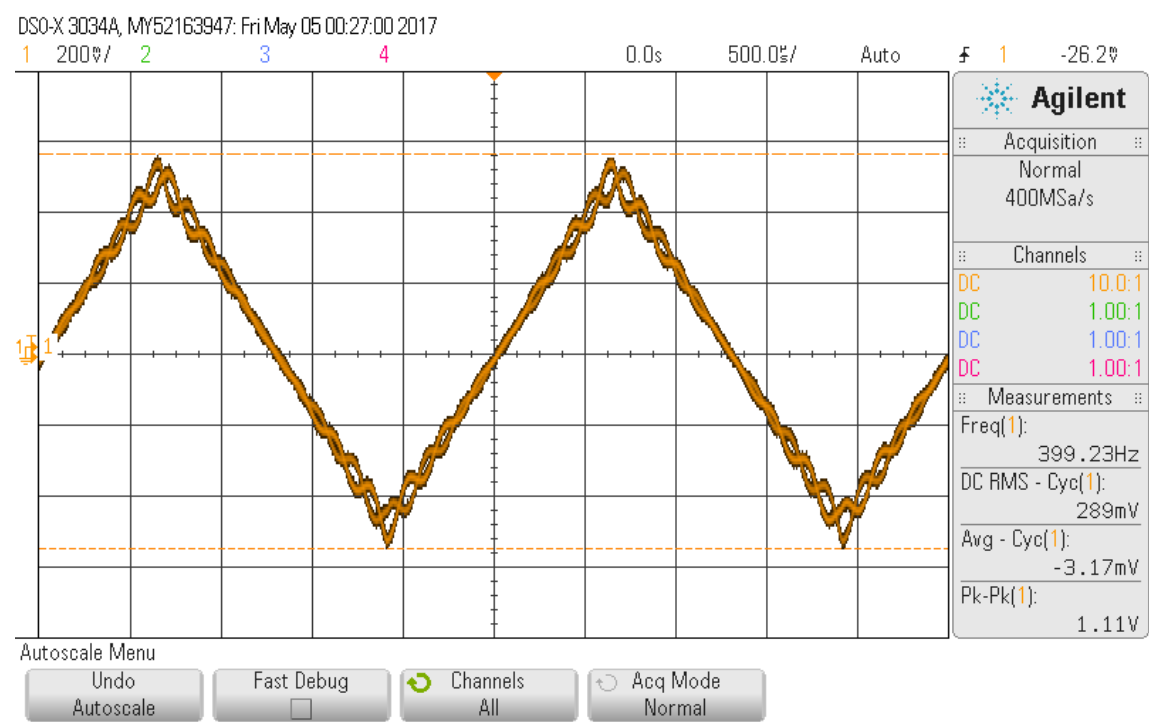


Figure 12: Moduliertes Signal

## 7 X/Y-Betrieb

### 7.1 Aufgabenstellung

In dieser Aufgabe soll man sich mit dem X/Y-Betrieb des Oszilloskops vertraut machen.

### 7.2 Schaltungsaufbau

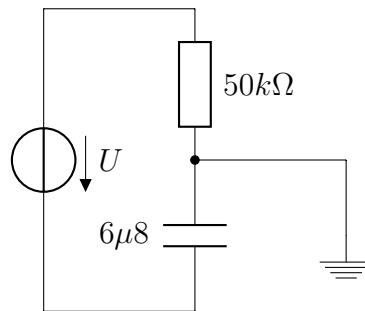


Figure 13: Oszilloskop und Frequenzgenerator

### 7.3 Verwendete Materialien und Geräte

- Oszilloskop: Agilent InfiniiVision MSO-X 3054A
- BNC Kabel
- Funktionsgenerator: Agilent 33220A
- Widerstand:  $50k\Omega$
- Kondensator:  $6,8\mu F$

### 7.4 Durchführung

- Die Schaltung aus Abbildung 13 wird auf einem Steckbrett aufgebaut.
- Am Kanal 1 des Oszilloskops wird die Spannung am Kondensator gemessen. Dazu wird der Pluspol des BNC Kabels in der Schaltung zwischen Spannungsquelle und Widerstand verbunden und der Minuspol zwischen Widerstand und Kondensator.
- Am Kanal 2 des Oszilloskops wird die Spannung am Widerstand gemessen. Dazu wird der Pluspol des BNC Kabels in der Schaltung zwischen Spannungsquelle und Widerstand verbunden und der Minuspol zwischen Widerstand und Kondensator.
- Am Funktionsgenerator werden folgende Einstellungen vorgenommen:
  - Funktionsart: Sinus (Taste *Sine*)

- $5V_{PP}$  (Softkey *Ampl HiLevel*)
  - Offset  $0V$  (Softkey *Offset LoLevel*)
  - Duty Circle  $50\%$  (Softkey *Duty Circle*)
- Mit der Taste *Output* am Funktionsgenerator wird die Spannungsquelle aktiviert.
- Am Oszilloskop wird ein Signal sichtbar.
- Nun wird die Frequenz am Funktionsgenerator so adjustiert, dass die Amplituden der beiden Kanäle in etwa gleich groß sind.
- Bei einer Frequenz von  $500Hz$  sind die Amplituden der beiden Signale in etwa gleich groß.
- Der Funktionsgenerator wird wie folgt eingestellt.
  - Um in den X/Y-Betrieb zu wechseln, wird die Taste *Horiz.* gedrückt.
  - Auf der X-Achse wird das Signal von Kanal 1 eingestellt. Außerdem wird hier das Signal invertiert geschaltet.
  - Auf der Y-Achse wird das Signal von Kanal 2 eingestellt.
- Das geometrische Ergebnis dieser Einstellung ist ein Kreis (Abbildung 14).
- Die Frequenz wird am Funktionsgenerator erhöht ( $900Hz$ ) und am Oszilloskop entsteht eine in X-Richtung gestreckte Ellipse (Abbildung 15).
- Die Frequenz wird am Funktionsgenerator verringert ( $300Hz$ ) und am Oszilloskop entsteht eine in Y-Richtung gestreckte Ellipse (Abbildung 16).

# 7.5 Ergebnisse

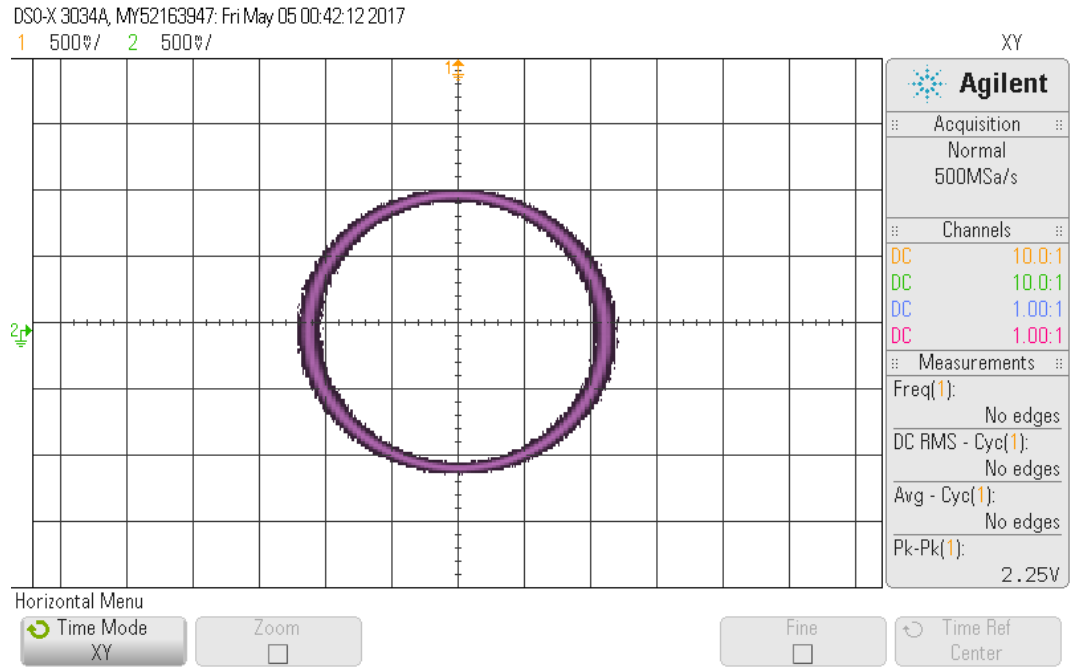


Figure 14: Oszilloskop X/Y-Betrieb bei Frequenz 500Hz

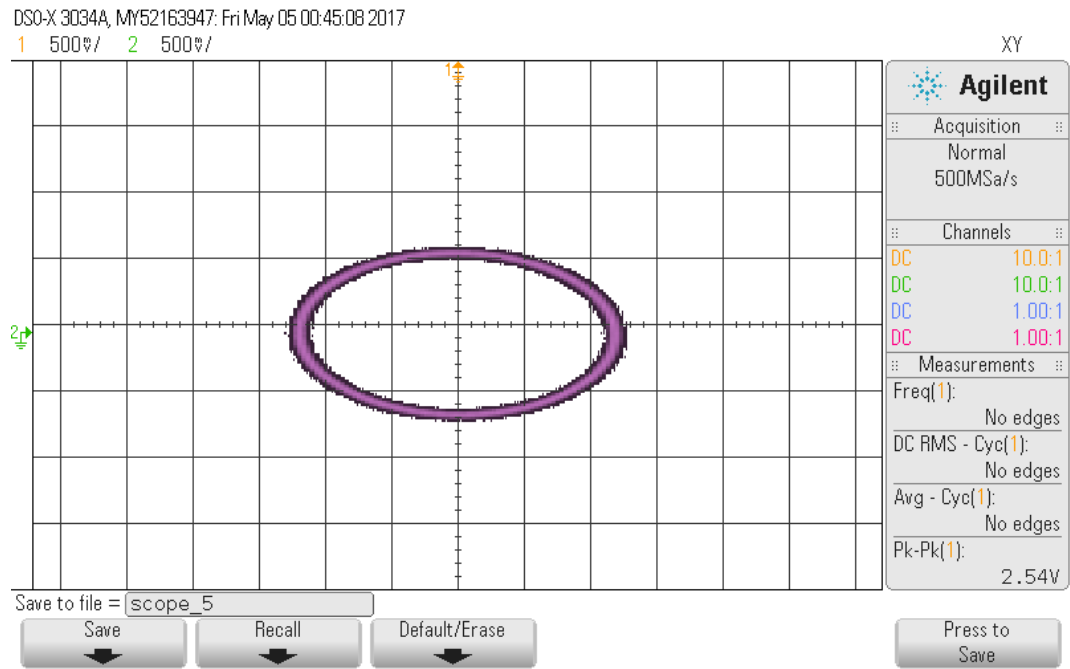


Figure 15: Oszilloskop X/Y-Betrieb bei Frequenz 900Hz



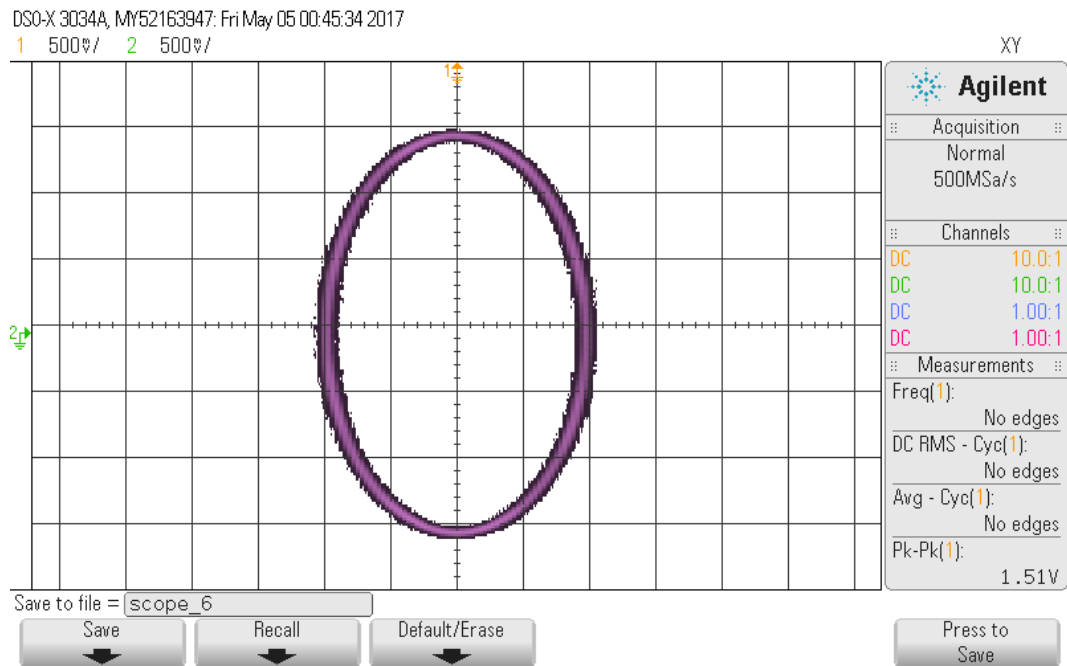


Figure 16: Oszilloskop X/Y-Betrieb bei Frequenz 300Hz

## 7.6 Diskussion

### 7.6.1 Entstehung des Kreises

Hier wird erläutert welche geometrische Form durch die gegebene Schaltung am Oszilloskop im X/Y-Betrieb erzeugt wird.

Durch die sinusförmige Eingangsspannung entsteht am Widerstand der selbe Spannungsverlauf. Mathematisch betrachtet ergibt sich also die folgende Funktion für die Spannung am Widerstand.

$$U_R(t) = A * \sin t$$

Am Kondensator ergibt sich ebenfalls eine sinusförmige Spannung, jedoch im Bezug zur Eingangsspannung um  $90^\circ$  verschoben. Mathematisch betrachtet ergibt sich also die folgende Funktion für die Spannung am Kondensator.

$$U_C(t) = A * \cos t$$

Bildet man nun aus den beiden Funktionen einen Graphen, wobei  $U_C$  auf der X-Achse und  $U_R$  auf der Y-Achse aufgetragen wird, so ergibt sich die geometrische Form eines Kreises. Da  $U_C(t)$  mit dem Minuspol der Wechselspannungsquelle verbunden ist, muss die Funktion noch zusätzlich invertiert werden.

### 7.6.2 Änderung der Frequenz

Bei Änderung der Frequenz der Eingangsspannung ändert sich die Amplitude der Spannung am Kondensator. Dadurch ergibt sich bei Erhöhung der Frequenz eine Streckung des Kreises

in Richtung X-Achse, bei Verringerung der Frequenz ergibt sich eine Streckung in Richtung Y-Achse.

## 8 Diodenkennlinie

### 8.1 Aufgabenstellung

Die Eigenschaften der Diode als nichtlineares Bauelement sollen in Form einer Kennlinie am Oszilloskop dargestellt werden.

### 8.2 Verwendete Materialien und Einstellungen:

- Oszilloskop: Agilent InfiniiVision MSO-X 3054A
- Funktionsgenerator: Agilent 33220A
- Widerstand:  $100\Omega$
- Dioden: LED rot, 1N4148

### 8.3 Schaltungsaufbau

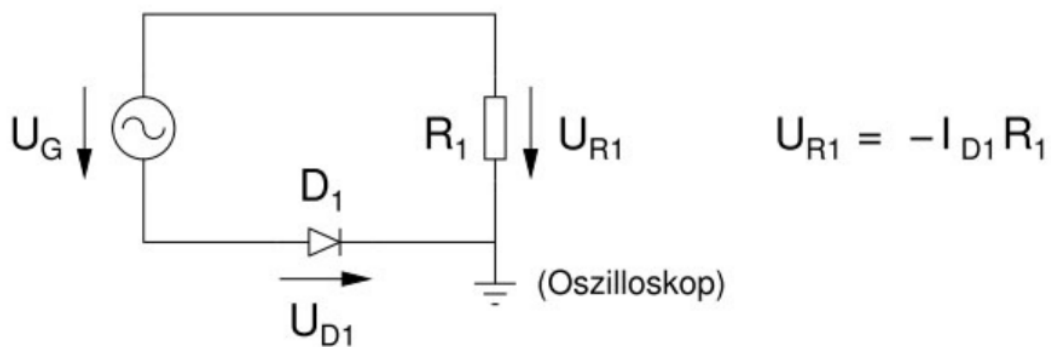


Figure 17: Diodenschaltung

### 8.4 Durchführung

Die Schaltung wird gemäß Plan zuerst mit einer roten LED und dann mit der 1N4148 Diode zur Vergleichsmessung in Serie mit einem  $100\Omega$  Widerstand aufgebaut. Kanal 1 des Oszilloskops misst die Spannung an der Diode, Kanal 2 die Spannung am Widerstand (muss aufgrund der Position der Erdung invertiert geschaltet werden). Das Oszilloskop befindet sich im XY-Betrieb, wodurch die Kennlinie sichtbar wird. Die Durchlassspannung wird mittels Cursor gemessen.

## 8.5 Ergebnis

Die Spannung wird mit Kanal 1 (X-Achse) an der Diode gemessen, der Strom mit Kanal 2 (Y-Achse) am Widerstand. Das Oszilloskop kann eigentlich nur Spannungen messen, da der Strom jedoch über den Widerstand direkt proportional zur Spannung ist, kann dieser leicht berechnet werden. Um eine gute Darstellung der Kennlinie zu erreichen, muss eine geeignete Skalierung der Y-Achse eingestellt werden. Wenn die Durchlassspannung erreicht ist, kann viel Strom fließen.

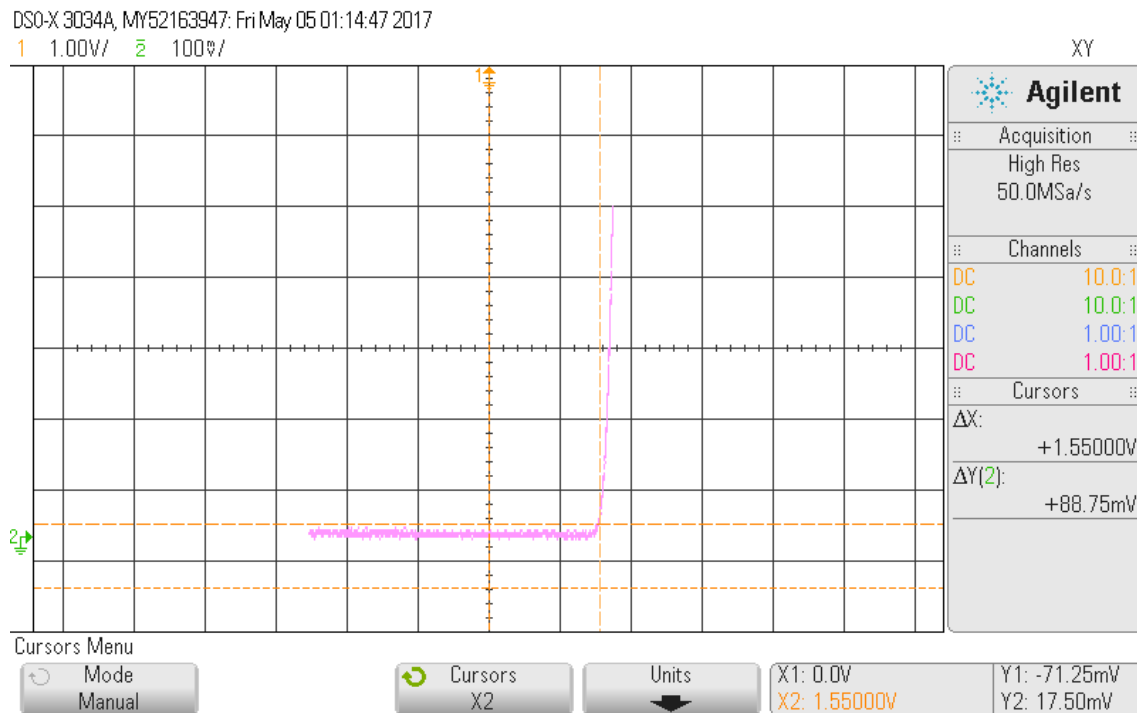


Figure 18: Kennlinie LED rot

Die Durchlassspannung der roten LED liegt laut Cursormessung bei 1,55V. Diese ist etwas höher als bei herkömmlichen Dioden (siehe unten), da mit niedrigeren Spannungen kein sichtbares Licht erzeugt werden kann.

DSO-X 3034A, MY52163947: Fri May 05 01:17:42 2017

1 500V/ 2 200V/

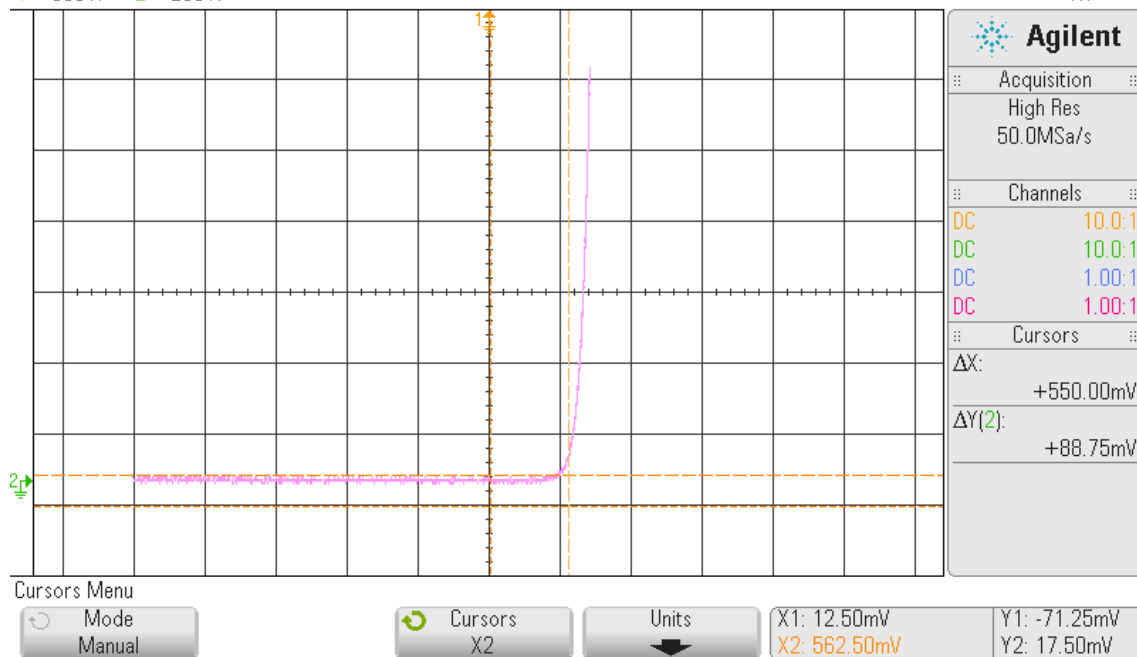


Figure 19: Kennlinie 1N4148

Die Durchlassspannung der 1N4148 Diode liegt laut Cursormessung bei 0,55V.

