

1 Spannungs- und Stromteiler

1.1 Aufgabenstellung

Die Spannungs- und Stromteilerregel ist ein wesentlichen Bestandteil der Schaltungsanalyse. In dieser Aufgabe sollen Ströme und Spannungen einer einfachen Schaltung (Abbildung 1.4) 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.

1.2 Verwendete Materialien und Einstellungen

1.3 Theoretische Überlegung

In der Angabe sind 3 Varianten von Widerständen (Abbildung 1.3) 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 1: 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 μA Bereich), wodurch das Messergebnis ungenau wird. Daher wird Variante *B* gewählt.

1.4 Schaltungsaufbau

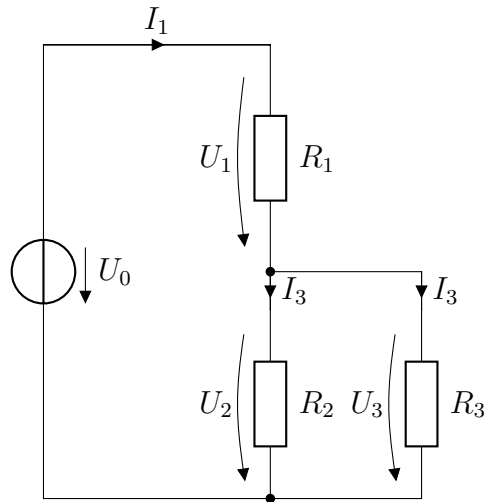


Figure 1: Schaltung Spannungs- und Stromteiler

1.5 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.

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

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

$$U_1 = I_1 * R_1$$

$$U_2 = U_3 = U_0 - U_1$$

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

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

1.6 Durchführung

- Die Widerstandswerte der Widerstände werden mit dem Gerät mit der Ohmmeter Einstellung gemessen. Die Messergebnisse sind in Abbil-

dung 1.7 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 1.7 zu finden.
- Die Spannungen werden mit dem Gerät XXX mit der Einstellung *Gleichspannung* parallel zu den Widerständen gemessen.
- Die Ströme werden mit dem Gerät XXX mit der Einstellung *mA* (Milli-Ampere) gemessen. Die Messwerte sind in Abbildung 1.7 zu finden.

1.7 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 2: Messung der Widerstände mit Ohmmeter

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

	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 3: Vergleich Berechnung und Messung der Ströme und Spannungen

1.8 Diskussion

1.8.1 Messwerte der Widerstände

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

1.8.2 Unterschied berechnete und gemessene Spannungen und Ströme

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

2 Superpositionsprinzip

2.1 Aufgabenstellung

In dieser Messübung soll das Superpositionsprinzip verifiziert werden.

2.2 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.

2.3 Berechnung

Die Spannungen und die Ströme werden für die Schaltung aus Abbildung 2.3 berechnet. Hierbei wird eine ideale Spannungsquelle mit Innenwiderstand 0Ω 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 4: Berechnung der Schaltung mittels Superpositionsprinzip

2.4 Schaltungsaufbau

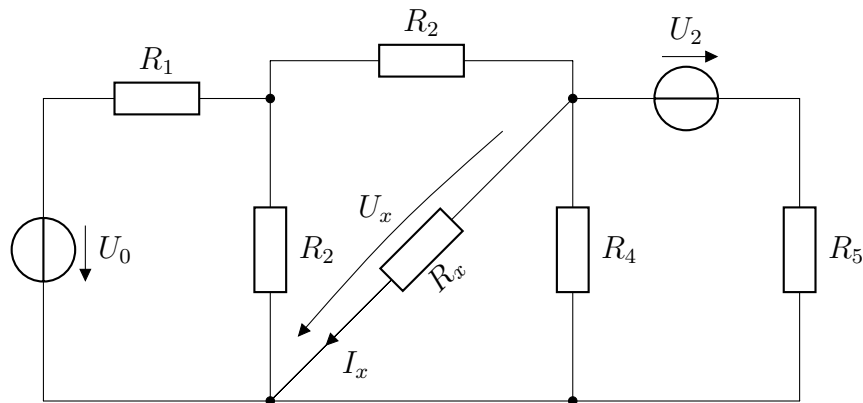


Figure 2: Schaltungsaufbau

2.5 Durchführung

1. Die Schaltung aus Abbildung wird auf einem Steckbrett aufgebaut.
2. Die Schaltung wird von der Spannungsquelle U_2 getrennt und kurzgeschlossen.
3. Die Schaltung wird mit dem Netzteil XXX verbunden.
4. Auf dem Gerät wird eine Spannung von 10V eingestellt.
5. Die Spannungsmessung erfolgt mit dem Gerät XXX mit der Einstellung XXX.
6. Die Spannung wird parallel zum Widerstand R_X gemessen.
7. Der Strom wird in Serie mit dem Widerstand R_X gemessen.
8. Die gleichen Messungen erfolgen analog mit der Spannungsquelle U_1 kurzgeschlossen und mit beiden Spannungsquellen angeschlossen.
9. Die Messwerte sind in Abbildung 2.6 zu finden.

2.6 Ergebnisse

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

Table 5: Strom und Spannungsmessung am Widerstands R_X

2.7 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 μ A. Dies ist mit der Messtoleranz des Amperemeters zu begründen, welches lt. Spezifikation eine Messtoleranz von $\pm 0.5\%$ bei der Einstellung 2m hat.

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

3 Erste Messung mit Oszilloskop

3.1 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.

3.2 Schaltungsaufbau

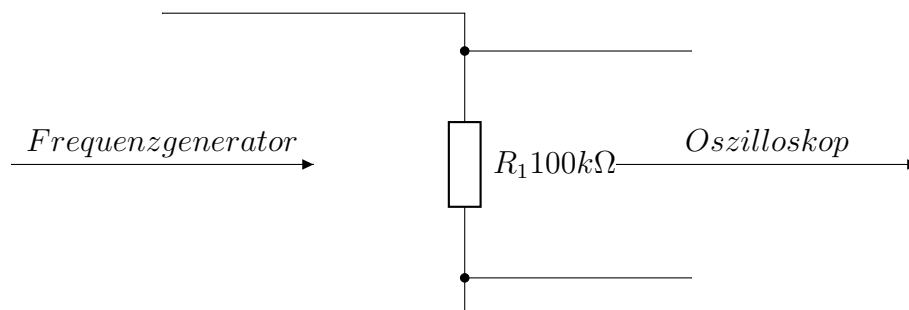


Figure 3: Oszilloskop und Frequenzgenerator

3.3 Verwendete Materialien und Geräte

3.4 Berechnung

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.

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

3.5 Durchführung

- Die Schaltung aus Abbildung 3.2 wird auf einem Steckbrett aufgebaut.
- Am Funktionsgenerator werden folgende Einstellungen vorgenommen:
 1. Funktionsart: Rechteck (Taste *Square*)
 2. Frequenz: $5,27MHz \Leftrightarrow \sim 190ns$ (Softkey *Freq Period*)
 3. $3,3V_{PP}$ (Softkey *Ampl HiLevel*)
 4. Offset $1V$ (Softkey *Offset LoLevel*)
 5. Duty Circle 25% (Softkey *Duty Circle*)
 6. 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 3.6).
- 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 3.6)
- Mittels Quick-Measure Funktion werden Effektivwert, Mittelwert und der Pk-Pk-Wert gemessen. Dazu werden folgende Measurements am Oszilloskop hinzugefügt (Softkey *Add Measurement*).

1. Effektivwert: *DC RMS-Cyc.*
2. Mittelwert: *Avg-Cyc.*
3. Pk-Pk-Wert: *Pk-Pk*

Aus Abbildung 3.6 werden die Messwerte abgelesen (Abbildung 3.6).

- Am Funktionsgenerator wird die Lastimpedanz auf 50Ω 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 $50k\Omega$ Widerstand ausgetauscht.
- Mittels Quick-Measure Funktion werden die nochmals die gleichen Messwerte am Oszilloskop gemessen. Aus Abbildung 3.6 werden die Messwerte 3.6 abgelesen.

3.6 Ergebnisse

	Spannung [V]		Periodendauer [s]
0 - pos. Amplitude	2,46250V	ΔY	190ns
0 - neg. Amplitude	-2,56250V		

Table 6: Messwerte Amplitude und Periodendauer

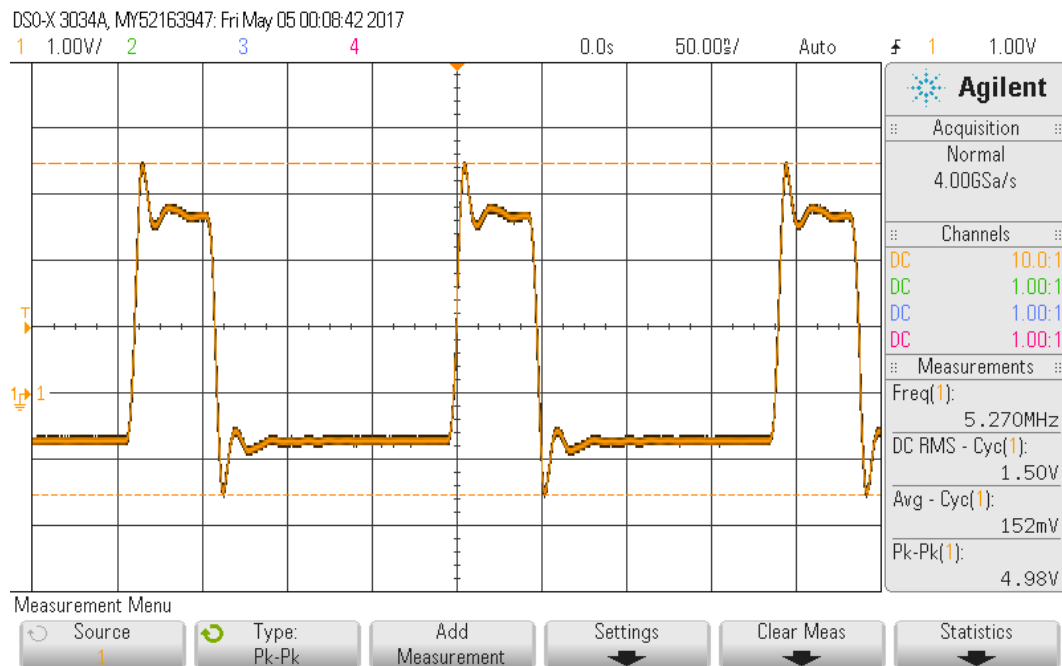


Figure 4: Oszilloskop Rechtecksignal bei $100k\Omega$

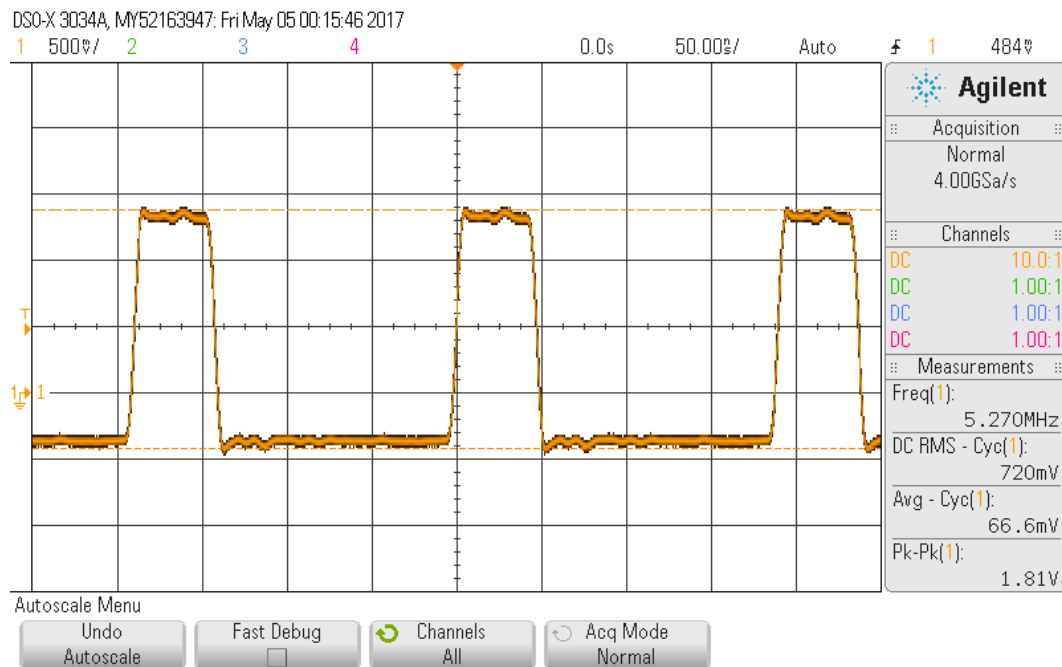


Figure 5: Oszilloskop Rechtecksignal bei 50Ω

	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 7: Messwerte Effektivwert, Mittelwert und Pk-Pk-Wert

3.7 Diskussion

In Abbildung 3.6 sieht man an der positiven Flanke des Rechtecks eine Überschwingung. Dieses Verhalten wird Gibbsches 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 Überschwingung ist ein Nebeneffekt dieser Überlagerung.

TODO Warum sind die Messwerte genauer mit einem 50Ω Widerstand?

4 X/Y-Betrieb

4.1 Aufgabenstellung

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

4.2 Theoretische Überlegung

4.3 Schaltungsaufbau

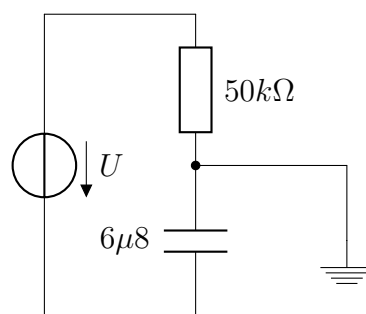


Figure 6: Oszilloskop und Frequenzgenerator

4.4 Verwendete Materialien und Geräte

BNC Kabel

4.5 Durchführung

- Die Schaltung aus Abbildung 4.3 wird auf einem Steckbrett aufgebaut.
- Am Kanal 1 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 Kanal 2 des Oszilloskops wird die Spannung am Kondensator gemessen. Dazu wird er 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.
 1. Um in den X/Y-Betrieb zu wechseln, wird die Taste *Horiz.* gedrückt.
 2. Auf der X-Achse wird das Signal von Kanal 1 eingestellt. Außerdem wird hier das Signal invertiert geschaltet.
 3. Auf der Y-Achse wird das Signal von Kanal 2 eingestellt.
- Das geometrische Ergebnis dieser Einstellung ist ein Kreis (Abbildung 4.6).
- Die Frequenz wird am Funktionsgenerator erhöht ($900Hz$) und am Oszilloskop entsteht eine in X-Richtung gestreckte Ellipse (Abbildung 4.6).
- Die Frequenz wird am Funktionsgenerator verringert ($300Hz$) und am Oszilloskop entsteht eine in Y-Richtung gestreckte Ellipse (Abbildung 4.6).

4.6 Ergebnisse

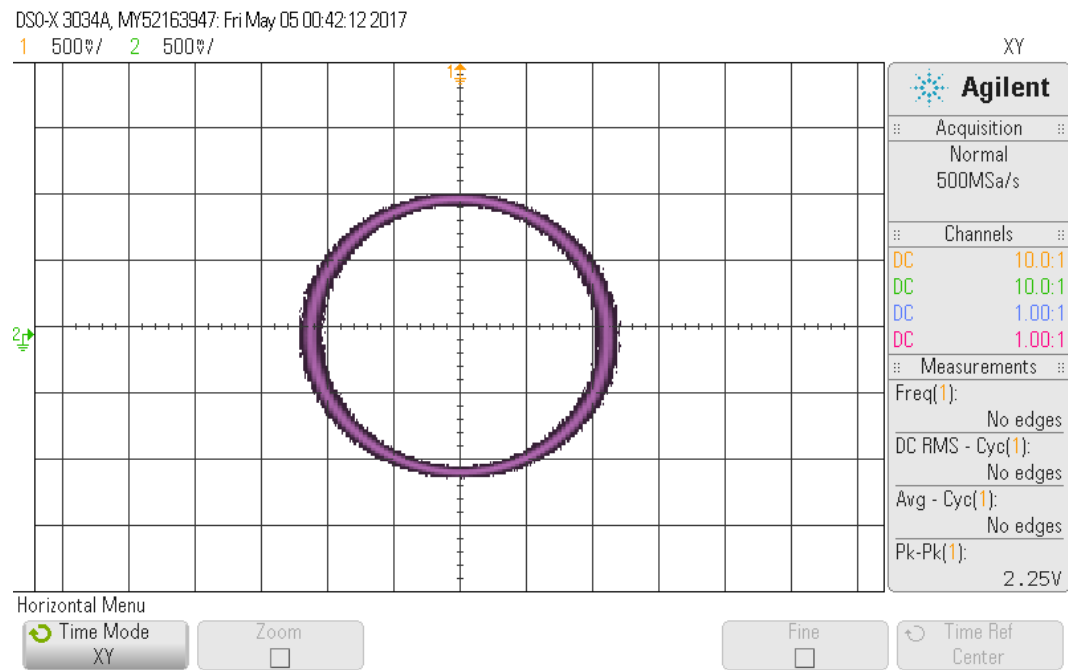


Figure 7: Oszilloskop X/Y-Betrieb bei Frequenz 500Hz

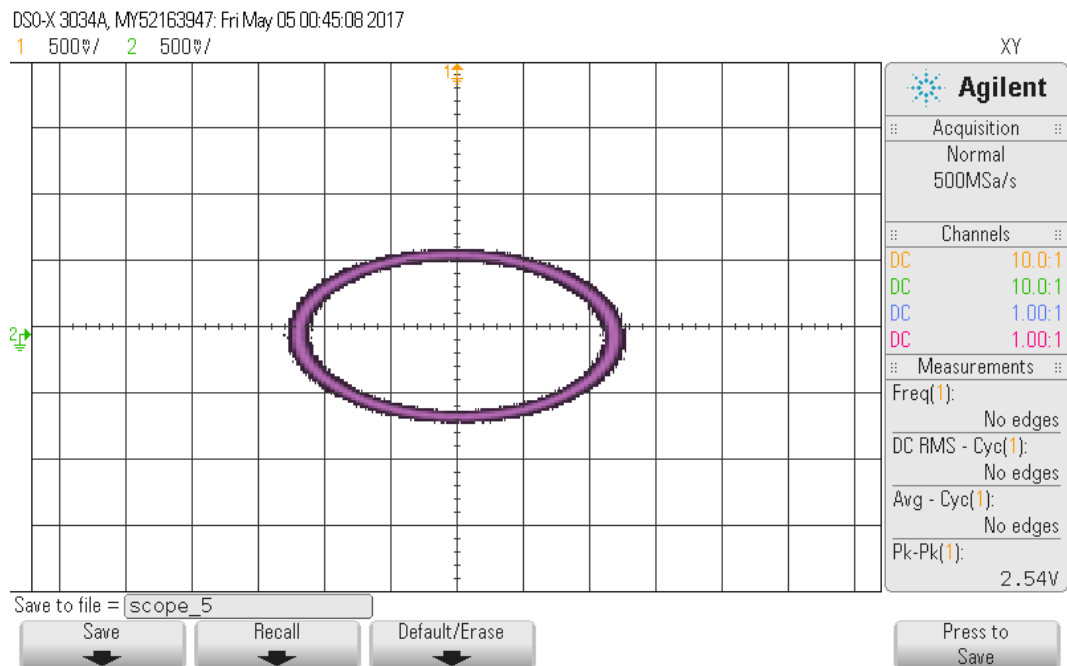


Figure 8: Oszilloskop X/Y-Betrieb bei Frequenz 900Hz

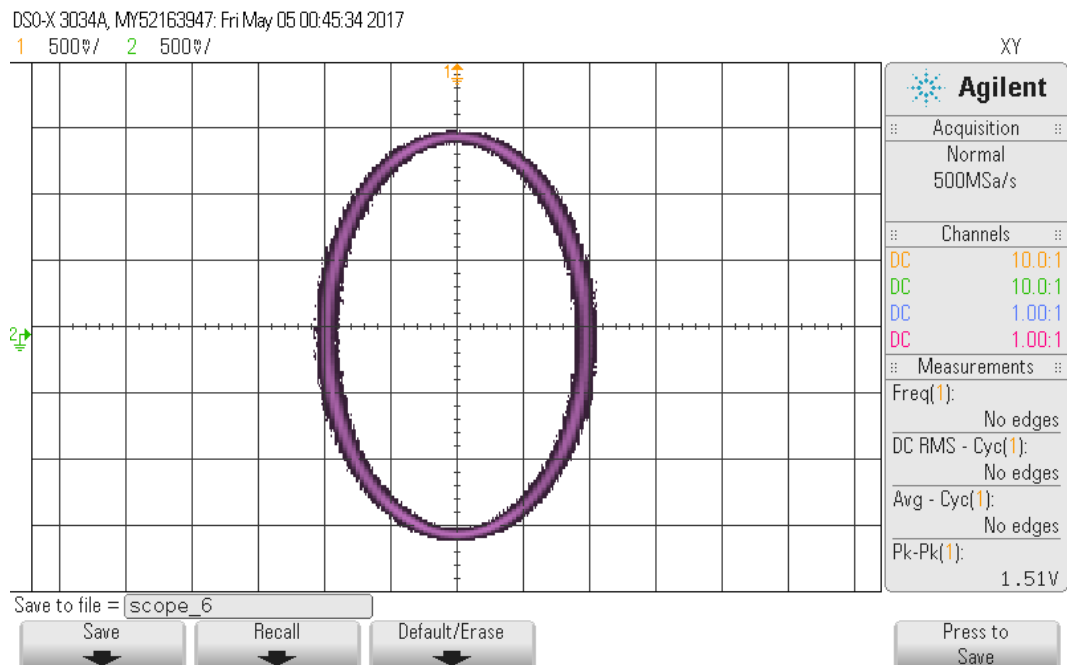


Figure 9: Oszilloskop X/Y-Betrieb bei Frequenz 300Hz

4.7 Diskussion

4.7.1 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 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.

4.7.2 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.

5 Quellen

- Specifications Amprobe 37XR-A True-rms Digital Multimeter <http://www.amprobe.com/amprobe/usen/digital-multimeters/Compact-Multimeters-/AMP-37XR-A.htm?PID=73036>