

# PROTOKOLL

zur Laborübung

## *Schmitttrigger*

(v2)

**HTL**  
St. Pölten

**EL**

Gruppe / Klasse  <b>5 / 3BHEL</b>	Protokollführer  <b>HOFSTÄTTER A.</b>	Unterschrift
Übungs- / Abgabedatum  10. April 2014 11. April 2014	Mitarbeiter  <b>PAAL M.</b>	Unterschrift
Lehrer  Bochdansky	Mitarbeiter	Unterschrift
Note	Mitarbeiter	Unterschrift

## *Schmitttrigger*

**LM358**

## Verwendete Geräte

Nr.	Gerät	Hersteller	Typ	Platznummer
1.	Funktionsgenerator	TTi	TG330	20-3.4
2.	Netzgerät	Mc Voice	NG1620-BL	20-3.6
3.	Netzgerät	Mc Voice	NG1620-BL	20-3.7
4.	Oszilloskope	Tektronix	TDS 1002	24-5.3

## 1 Inhaltsverzeichnis

---

<b>1</b>	<b>INHALTSVERZEICHNIS .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>VARIATIONEN DER AUFBAUTEN .....</b>	<b>3</b>
2.1.1	INVERTIERENDER VERSTÄRKER.....	3
2.1.2	NICHTINVERTIERENDER VERSTÄRKER .....	3
<b>2.2</b>	<b>GRUNDSCHALTUNGEN.....</b>	<b>3</b>
2.2.1	INVERTIERENDER VERSTÄRKER.....	3
2.2.1.1	Verstärker.....	3
2.2.1.2	Schmitttrigger.....	3
2.2.2	NICHTINVERTIERENDER VERSTÄRKER .....	4
2.2.2.1	Verstärker.....	4
2.2.2.2	Schmitttrigger.....	4
<b>3</b>	<b>INVERTIERENDER SCHMITTTIGGER.....</b>	<b>4</b>
3.1.1	FUNKTIONSTEST OPV .....	4
3.1.2	FUNKTIONSTEST SCHMITTTIGGER .....	4
<b>3.2</b>	<b>MESSUNG DER HYSTERESESPEANUNG.....</b>	<b>5</b>
3.2.1	DYNAMISCH .....	5
3.2.2	STATISCH .....	5
<b>3.3</b>	<b>ASTABILER MULTIVIBRATOR .....</b>	<b>6</b>
<b>3.4</b>	<b>ASTABILER MULTIVIBRATOR MIT SÄGEZAHNSIGNAL.....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>NICHT INVERTIERENDER SCHMITTTIGGER .....</b>	<b>8</b>
4.1.1	FUNKTIONSTEST OPV .....	8
4.1.2	FUNKTIONSTEST SCHMITTTIGGER .....	8
<b>4.2</b>	<b>MESSUNG DER HYSTERESESPEANUNG.....</b>	<b>9</b>
4.2.1	DYNAMISCH .....	9
4.2.2	STATISCH .....	9
<b>4.3</b>	<b>ASTABILER MULTIVIBRATOR .....</b>	<b>10</b>
<b>4.4</b>	<b>ASTABILER MULTIVIBRATOR MIT SÄGEZAHNSIGNAL.....</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>12</b>

## 2 Aufgabenstellung

Erstes Ziel der Laborübung war es einen nicht invertierenden Verstärker zu Testzwecken aufzubauen. Dieser wurde anschließend zu einem Schmitttrigger umgebaut. Die Hysteresenspannung wurde anfänglich über ein dynamisches Messverhalten und anschließend über statisches.  
Dieser Schmitttrigger wurde anschließend über mehrere Verfahren (Integrierverstärker bzw. RC-Tiefpass) zu einem astabilen Multivibrator umfunktioniert.

Alle Messungen und Gutachten wurden bei einem nicht invertierendem und einem invertierendem Operationsverstärker aufgebaut getestet und durchgeführt. Als physikalisches Bauelement wurde immer ein LM358 verwendet. Die Pin-Kompatibilität zu anderen OPVs erlaube hier z.B. auch andere OPVs (z.B. TL082).

### 2.1 Variationen der Aufbauten

#### 2.1.1 Invertierender Verstärker

- Schmitttrigger
- Astabiler Multivibrator (Rechteck- u. Dreiecksignal)
- Astabiler Multivibrator (Rechteck- u. Sägezahnsignal)

#### 2.1.2 Nichtinvertierender Verstärker

- Schmitttrigger
- Astabiler Multivibrator (Rechteck- u. Dreiecksignal)
- Astabiler Multivibrator (Rechteck- u. Sägezahnsignal)

### 2.2 Grundsaltungen

Es wurde eine symmetrische Versorgung mit  $\pm 10\text{ V}$  gewählt. Die Ausgangsspannung hatte somit eine maximale Aussteuerbarkeit von  $20\text{ V}$  symmetrisch um  $0\text{ V}$  liegend.

Die Verstärkung, welche über das Widerstandsverhältnis zwischen  $R1$  und  $R2$  geregelt wurde lag bei  $10$  – beim invertierenden- bzw.  $11$  beim nicht invertierendem Verstärker. Diese Unterschiede ergaben sich durch die für die Verstärkung ( $V$ ) zuständigen kontinuierlichen Widerstandswerte, welche zwischen den Schaltungen erhalten blieben.

Die Tastköpfe wurden in allen nachfolgenden Messungen immer wie folgt beschalten: Ch1:  $U_e(t)$ ; Ch2:  $U_a(t)$

#### 2.2.1 Invertierender Verstärker

$$V = -\frac{R2}{R1} = \frac{10\text{ k}\Omega}{1\text{ k}\Omega} \rightarrow V = 10$$

##### 2.2.1.1 Verstärker

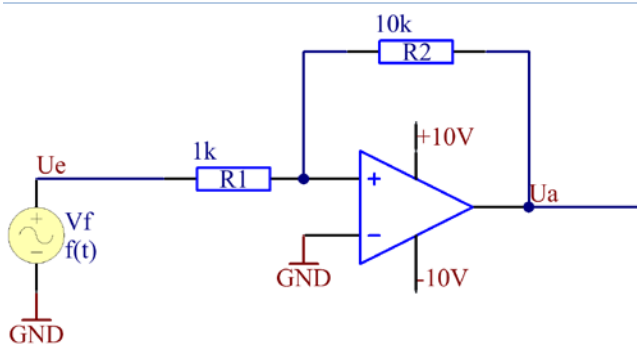


Abbildung 1. - Invertierender Verstärker

##### 2.2.1.2 Schmitttrigger

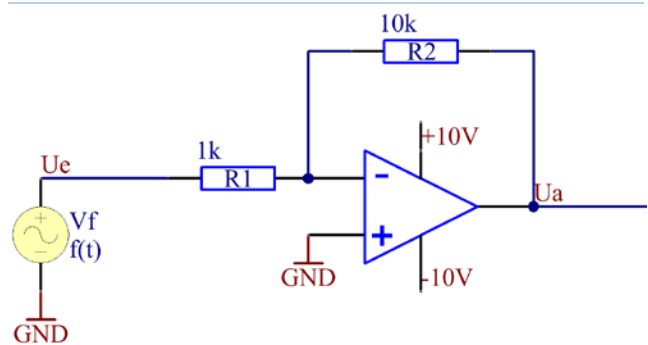


Abbildung 2. - Invertierender Schmitttrigger

## 2.2.2 Nichtinvertierender Verstärker

$$V = \frac{R2}{R1 + R2} = 1 + \frac{R2}{R1} = 1 + \frac{10\text{ k}\Omega}{1\text{ k}\Omega} \rightarrow V = 11$$

### 2.2.2.1 Verstärker

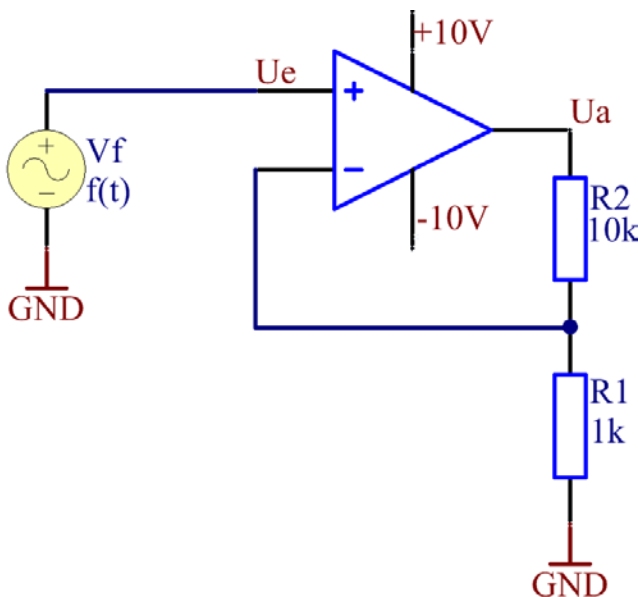


Abbildung 3. - Nicht invertierender Verstärker

### 2.2.2.2 Schmitttrigger

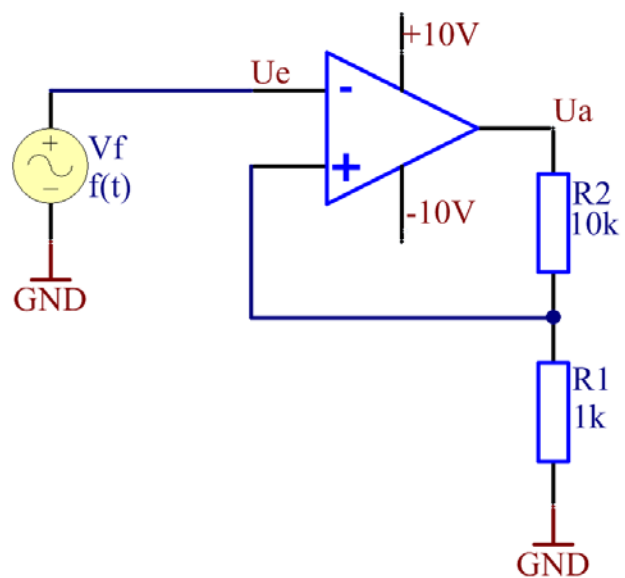
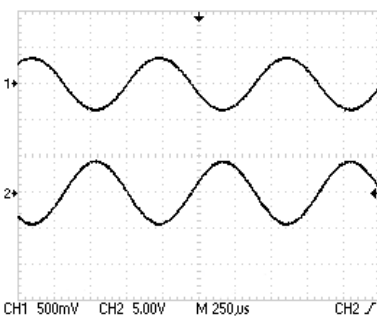


Abbildung 4. - Nicht invertierender Schmitttrigger

Gemessen wurde immer an den eingezeichneten Messpunkten: Ue – Eingang und Ua – Ausgang. Alle Messungen wurden gegen Masse durchgeführt.

## 3 Invertierender Schmitttrigger

### 3.1.1 Funktionstest OPV



Zu Beginn wurde mit dem Oszilloskop die grundsätzliche Funktion des Verstärkers getestet.

Am Eingang wurde ein Sinus mit 1 V eingespeist. Dieser wurde durch den Operationsverstärker wie geplant invertiert und um einen Faktor 10 verstärkt.

Ch1: Ue(t)      Ch2: Ua(t)

Abbildung 5. - Funktionstest Sinus, OPV

### 3.1.2 Funktionstest Schmitttrigger

Nach erfolgreicher Testung des OPVs wurde der Schmitttrigger auf seine korrekte Funktion geprüft. Der Am Eingang liegende Sinus mit 1V wurde vom Schmitttrigger zu einem invertierenden Rechteck.

Heißt, dass ab einer bestimmten Schaltschwelle (Hysterese) von logisch „LOW“ auf logisch „HIGH“ geschaltet wird. Der Anstieg am Ausgang erfolgte mit der Slew Rate von 1V/µs

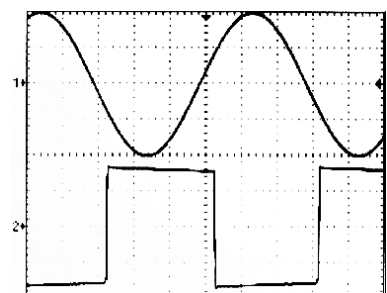


Abbildung 6. - Funktionstest Sinus, Schmitttrigger

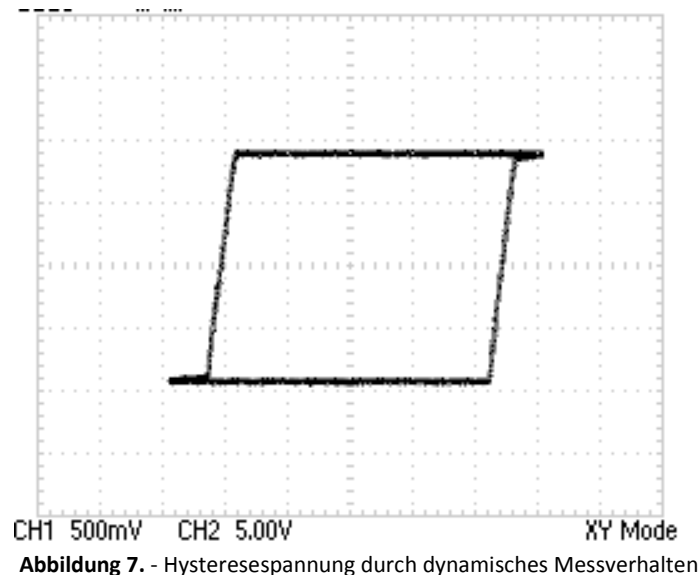
Ch1: Ue(t)      Ch2: Ua(t)

### 3.2 Messung der Hysteresenspannung

Die Hysteresenspannung ist jene Spannung bei welcher der Schmitttrigger seinen logischen Zustand ändert und mit der Slew Rate die andere entgegengesetzte Amplitude des Ausgangs anfängt anzusteuern.

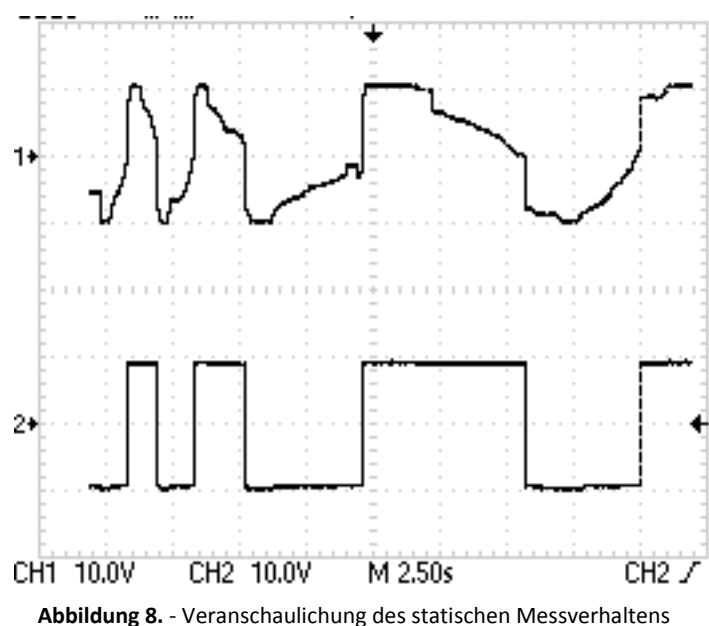
#### 3.2.1 Dynamisch

Am Funktionsgenerator beim Eingang wurde ein Sinus angelegt um alle Amplituden Punkte zu durchlaufen. Im XY-Modus des Oszilloskopes konnte nun die Hysteresenspannung abgelesen werden.



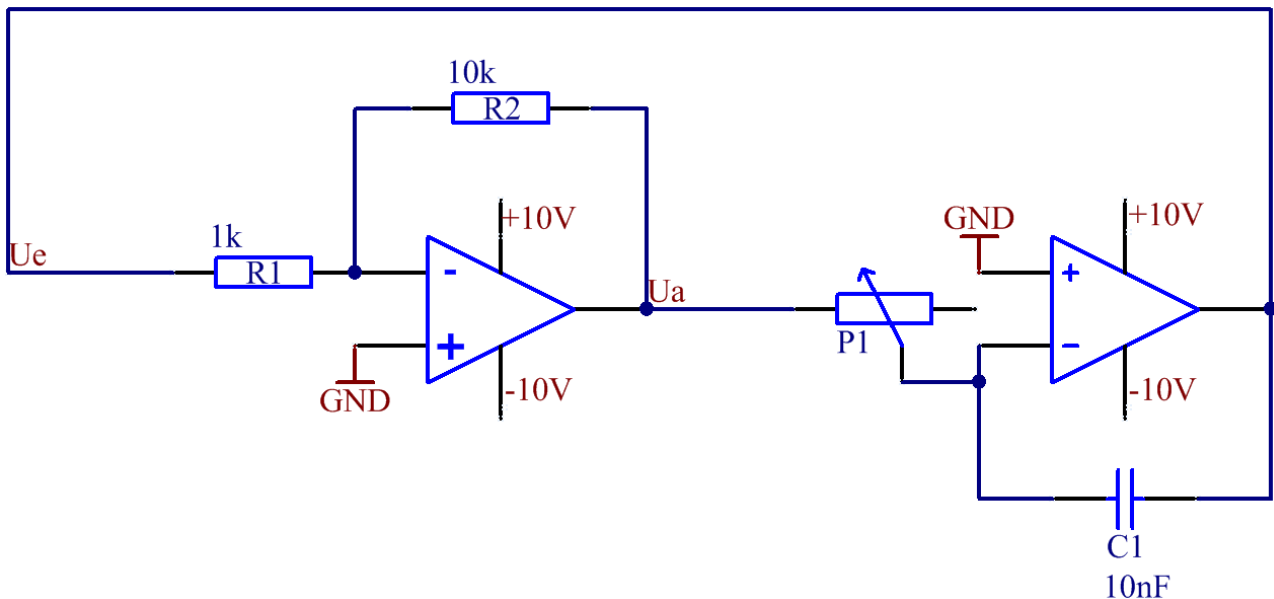
#### 3.2.2 Statisch

Der Funktionsgenerator am Eingang des OPVs wurde durch einen Potentiometer ersetzt. Das Potentiometer wurde zwischen Vcc und GND platziert, wobei der Schleifkontakt mit dem Eingang verbunden wurde. Durch manuelles verdrehen des Potentiometers konnte am Multimeter der Wert am Eingang abgelesen werden, bei welchem sich der logische Zustand änderte.



### 3.3 Astabiler Multivibrator

Um einen selbstschwingenden astabilen Multivibrator zu erreichen wurde der Funktionsgenerator am Eingang des Schmitttriggers entfernt. Hinterher wurde eine Integrerschaltung verwendet mit nachfolgender Rückkopplung zum Eingang des Schmitttriggers.



Der Integrierte änderte die Phasenverschiebung des ihm eingespeisten Signals welche durch den Schmitttrigger wieder zu einem Rechteck wurde und wieder integriert wurde. Der Widerstand zwischen Schmitttrigger und Integrierer bestimmte die Frequenz. Zur Flexibilität wurde ein Potentiometer verbaut.

Um die Sättigung nicht zu erreichen wurde in Serie dazu ein 1 k $\Omega$  Widerstand eingebaut um einen gewissen Mindestwiderstand auch bei Vollausschlag aufrecht zu erhalten. Somit wurde aus einem rein DC betriebenen OPV Netzwerk ein selbstschwingendes Bauteil.

Ch1: Ua(t)      Ch2: Ue(t)

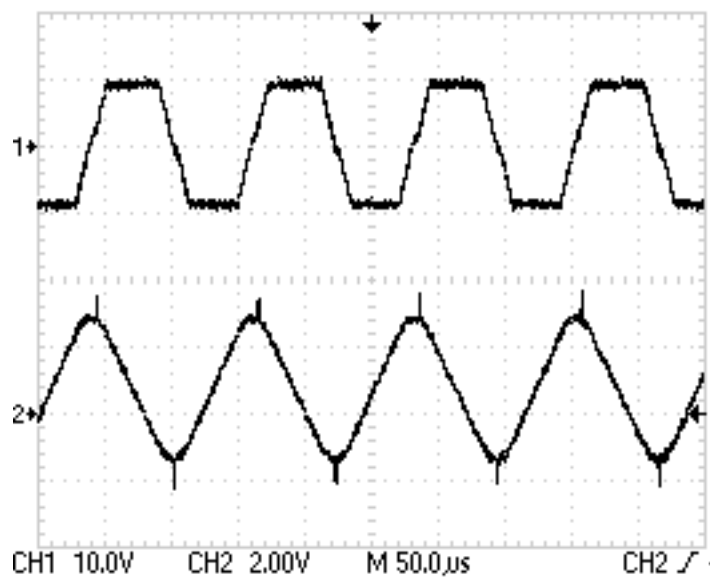


Abbildung 10. – Astabiler Multivibrator, Signale

Diese Schaltung könnte nun als in Ansteuerschaltungen als z.B. Rechteck- Dreiecksgenerator verwendet werden.

### 3.4 Astabiler Multivibrator mit Sägezahnsignal

Um nach dem Integrierer statt einem Dreieck ein Sägezahnsignal zu bekommen wurde das Potentiometer mit zwei Dioden beschalten. Die erste ließ immer nur die positive Halbwelle des Rechtecksignal vom Schmitttrigger durch. Die zweite Diode verhinderte eine mögliche Rückkopplung.

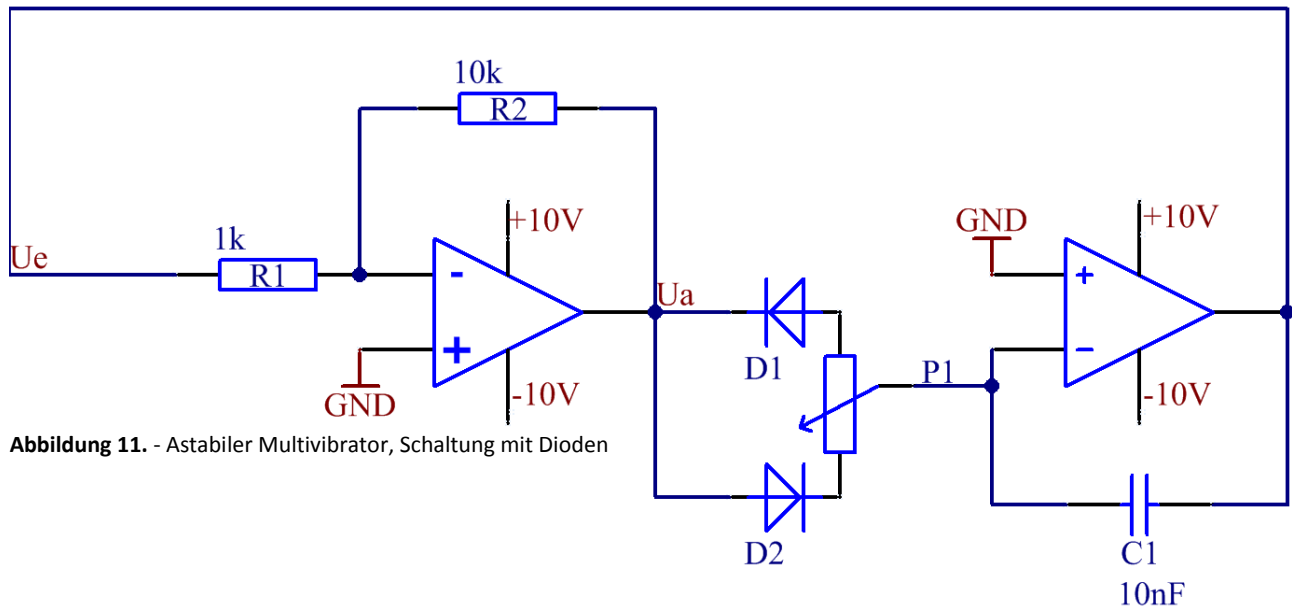


Abbildung 11. - Astabiler Multivibrator, Schaltung mit Dioden

Über das eingebaute Potentiometer konnte das Tastverhältnis des Sägezahnsignals verändert werden. Auch hier wurde ein 1 k $\Omega$  Widerstand dem Potentiometer in Serie geschaltet.

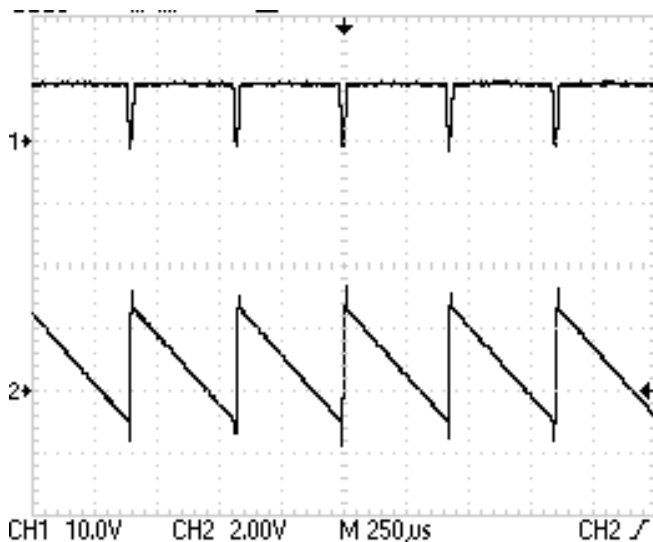


Abbildung 12. - Sägezahnsignal mit negativen Spitzen

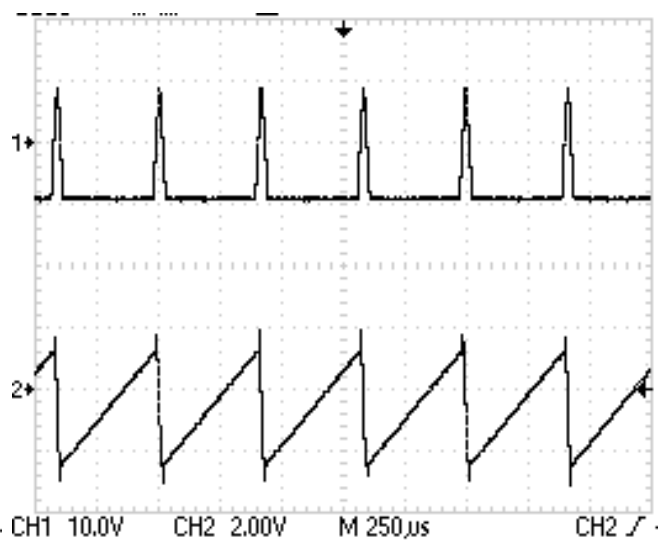


Abbildung 13. - Sägezahnsignal mit positiven Spitzen

## 4 Nicht invertierender Schmitttrigger

### 4.1.1 Funktionstest OPV

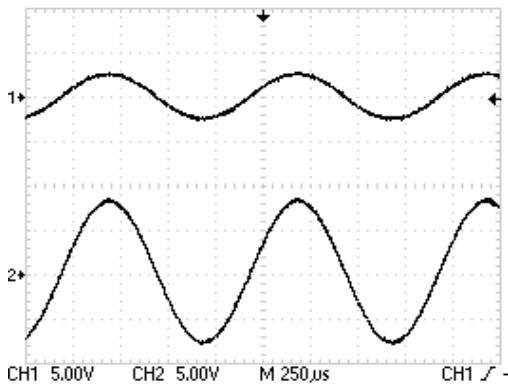


Abbildung 14. - Funktionstest Sinus, OPV

Zu Beginn wurde mit dem Oszilloskop die grundsätzliche Funktion des Verstärkers getestet.

Am Eingang wurde ein Sinus mit 1 V eingespeist. Dieser wurde durch den Operationsverstärker wie geplant nicht invertiert und um einen Faktor 11 verstärkt.

Ch1:  $U_e(t)$       Ch2:  $U_a(t)$

### 4.1.2 Funktionstest Schmitttrigger

Nach erfolgreicher Testung des OPVs wurde der Schmitttrigger auf seine korrekte Funktion geprüft. Der am Eingang liegende Sinus mit 1V wurde vom Schmitttrigger zu einem nicht invertierendem Rechteck.

Heißt, dass ab einer bestimmten Schaltschwelle (Hysterese) von logisch „LOW“ auf logisch „HIGH“ geschaltet wird. Der Anstieg am Ausgang erfolgte mit der Slew Rate von  $1V/\mu s$

Ch1:  $U_e(t)$       Ch2:  $U_a(t)$

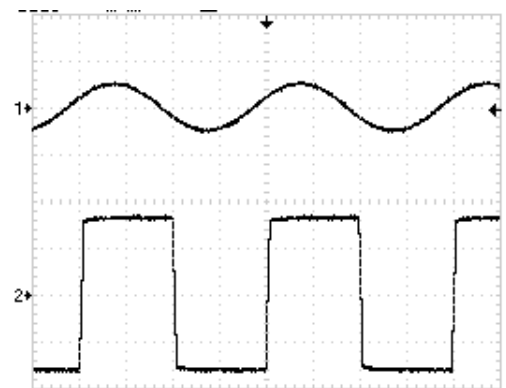


Abbildung 15. - Funktionstest Sinus, Schmitttrigger

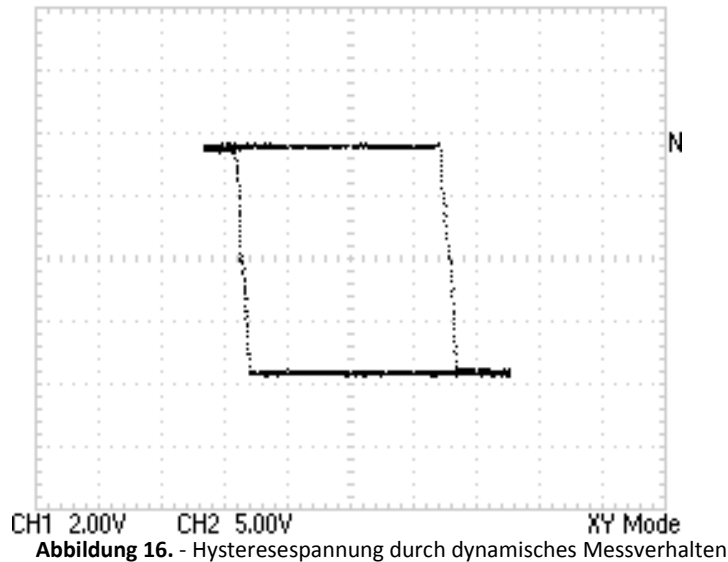


## 4.2 Messung der Hysteresespannung

Die Hysteresespannung ist jene Spannung bei welcher der Schmitttrigger seinen logischen Zustand ändert und mit der Slew Rate die andere entgegengesetzte Amplitude des Ausgangs anfängt anzusteuern.

### 4.2.1 Dynamisch

Am Funktionsgenerator beim Eingang wurde ein Sinus angelegt um alle Amplituden Punkte zu durchlaufen. Im XY-Modus des Oszilloskopes konnte nun die Hysteresespannung abgelesen werden.

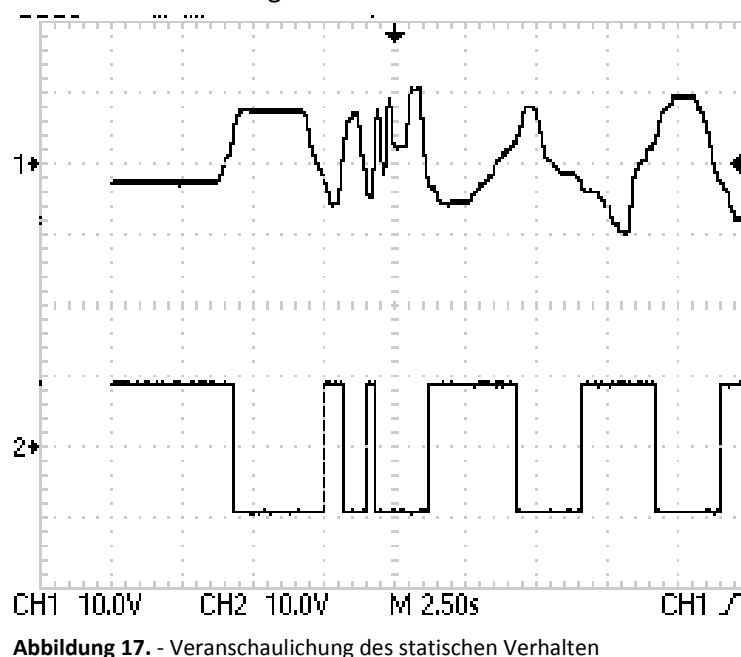


### 4.2.2 Statisch

Der Funktionsgenerator am Eingang des OPVs wurde durch einen Potentiometer ersetzt. Das Potentiometer wurde zwischen Vcc und GND platziert, wobei der Schleifkontakt mit dem Eingang verbunden wurde.

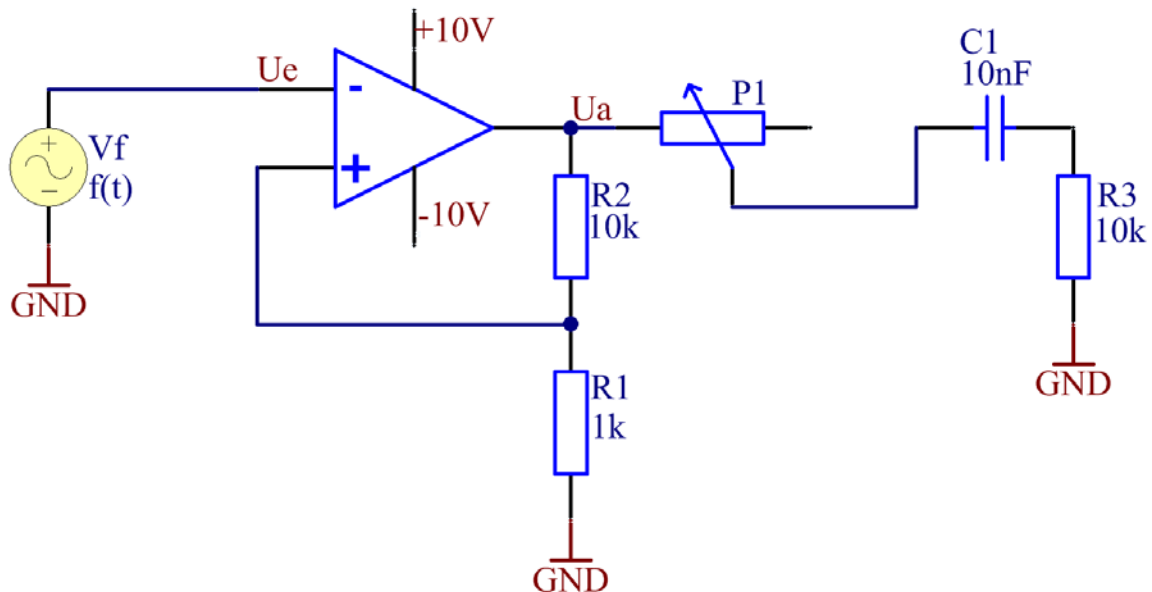
Durch manuelles verdrehen des Potentiometers konnte am Multimeter der Wert am Eingang abgelesen werden, bei welchem sich der logische Zustand änderte.

Die Schaltschwelle lag in diesem Fall ziemlich genau um 0 V.



### 4.3 Astabiler Multivibrator

Um einen selbstschwingenden astabilen Multivibrator zu erreichen wurde der Funktionsgenerator am Eingang des Schmitttriggers entfernt. Hinterher wurde eine Integrierschaltung verwendet mit nachfolgender Rückkopplung zum Eingang des Schmitttriggers.



Abbild

Der Integrierte änderte die Phasenverschiebung des ihm eingespeisten Signals welche durch den Schmitttrigger wieder zu einem Rechteck wurde und wieder integriert wurde. Der Widerstand zwischen Schmitttrigger und Integrierer bestimmte die Frequenz. Zur Flexibilität wurde ein Potentiometer verbaut.

Um die Sättigung nicht zu erreichen wurde in Serie dazu ein 1 k $\Omega$  Widerstand eingebaut um einen gewissen Mindestwiderstand auch bei Vollausschlag aufrecht zu erhalten. Somit wurde aus einem rein DC betriebenen OPV Netzwerk ein selbstschwingendes Bauteil.

Ch1: Ua(t)      Ch2: Ue(t)

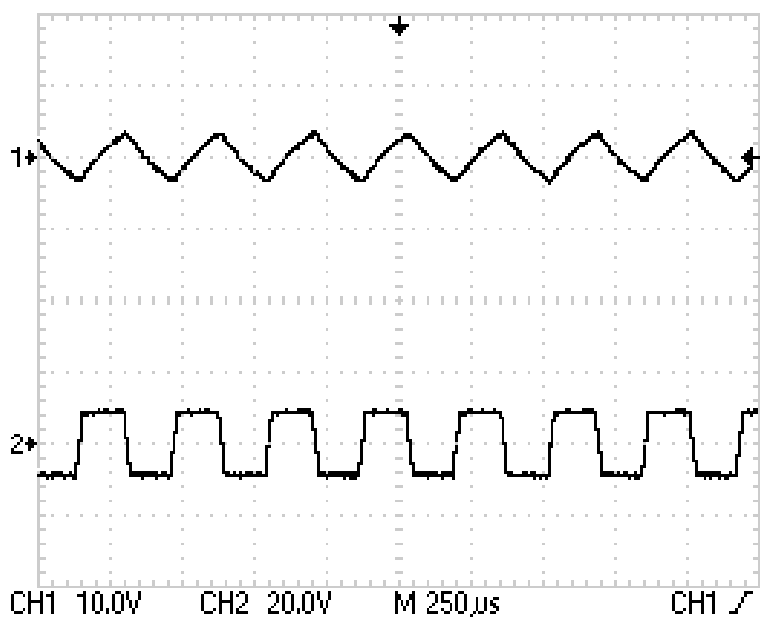


Abbildung 19. - Astabiler Multivibrator, Signale

#### 4.4 Astabiler Multivibrator mit Sägezahnsignal

Statt einem Integrierer beim invertierenden, kommt beim nicht-invertierenden ein RC-Tiefpass zum Einsatz. Auch hier kommen die Signale zum gleichen Ergebnis. Ein Rechteck- und ein Sägezahnsignal.

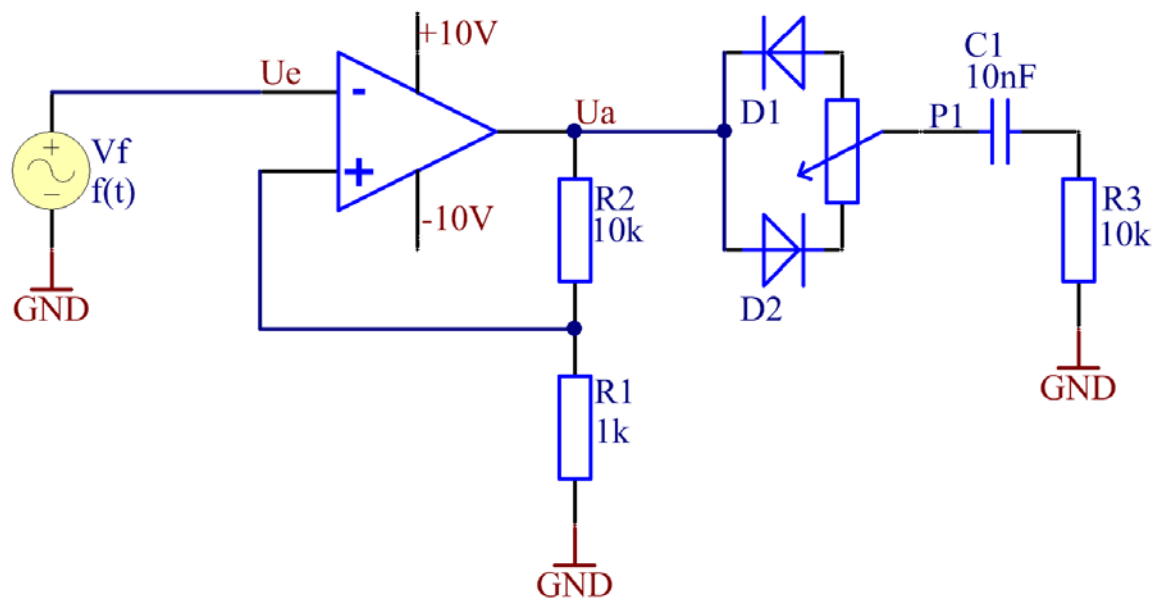


Abbildung 20. - Astabiler Multivibrator mit Dioden

Über das eingebaute Potentiometer konnte das Tastverhältnis des Sägezahnsignals verändert werden. Auch hier wurde ein 1 k $\Omega$  Widerstand dem Potentiometer in Serie geschaltet.

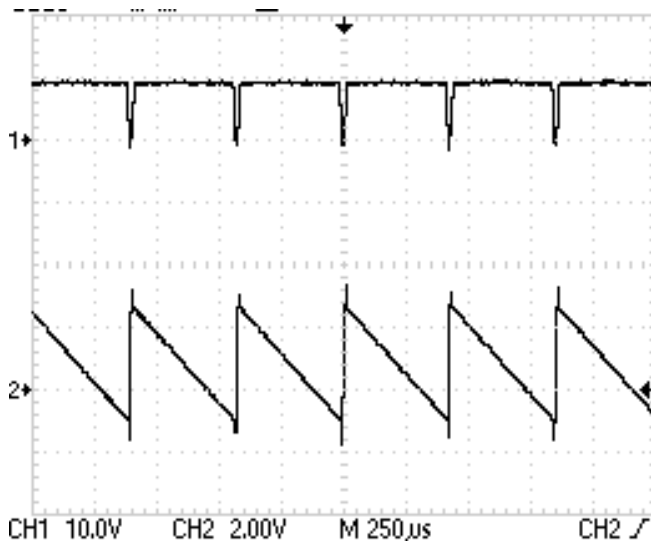


Abbildung 21. - Sägezahnsignal durch negativen Spitzen

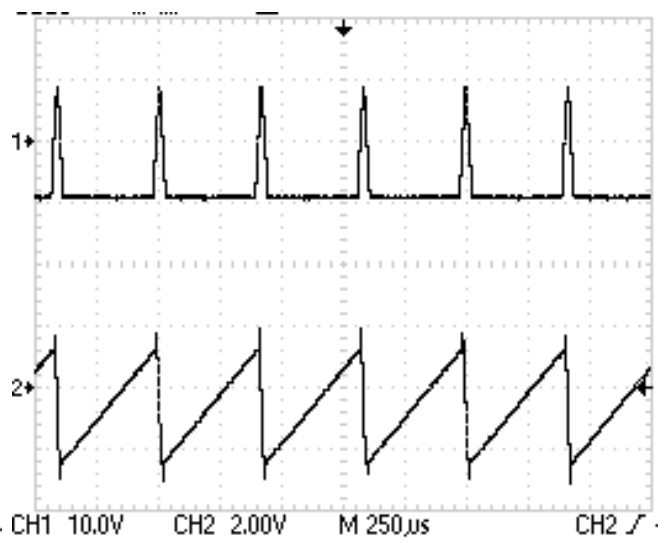


Abbildung 22. - Sägezahnsignal durch positive Spitzen

## 5 Abbildungsverzeichnis

---

Abbildung 1. - Invertierender Verstärker .....	3
Abbildung 2. - Invertierender Schmitttrigger .....	3
Abbildung 3. - Nicht invertierender Verstärker .....	4
Abbildung 4. - Nicht invertierender Schmitttrigger .....	4
Abbildung 5. - Funktionstest Sinus, OPV .....	4
Abbildung 6. - Funktionstest Sinus, Schmitttrigger .....	4
Abbildung 7. - Hysteresespannung durch dynamisches Messverhalten.....	5
Abbildung 8. - Veranschaulichung des statischen Messverhaltens.....	5
Abbildung 9. – Astabiler Multivibrator, Schaltung .....	6
Abbildung 10. – Astabiler Multivibrator, Signale .....	6
Abbildung 11. - Astabiler Multivibrator, Schaltung mit Dioden .....	7
Abbildung 12. - Sägezahnsignal mit negativen Spitzen .....	7
Abbildung 13. - Sägezahnsignal mit positiven Spitzen .....	7
Abbildung 14. - Funktionstest Sinus, OPV .....	8
Abbildung 15. - Funktionstest Sinus, Schmitttrigger .....	8
Abbildung 16. - Hysteresespannung durch dynamisches Messverhalten.....	9
Abbildung 17. - Veranschaulichung des statischen Verhalten .....	9
Abbildung 18. - Astabiler Multivibrator.....	10
Abbildung 19. - Astabiler Multivibrator.....	10
Abbildung 20. - Astabiler Multivibrtaor mit Sägezahnsignal .....	11
Abbildung 21. - Sägezahnsignal durch negativen Spitzen .....	11
Abbildung 22. - Sägezahnsignal durch positive Spitzen .....	11