

Operationsverstärker

Frederik Strothmann, Henrik Jürgens

14. Januar 2015

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Impedanzwandler für Gleichspannung	3
2.1	Verwendete Materialien	3
2.2	Versuchsaufbau	3
2.3	Versuchsdurchführung	3
2.4	Auswertung	3
2.5	Diskussion	4
3	Impedanzwandler für Wechselspannung	4
3.1	Verwendete Materialien	4
3.2	Versuchsaufbau	4
3.3	Versuchsdurchführung	4
3.4	Auswertung	4
3.5	Diskussion	6
4	Spannungsverstärker für Wechselspannung	6
4.1	Verwendete Materialien	7
4.2	Verwendete Formeln	7
4.3	Versuchsaufbau	7
4.4	Versuchsdurchführung	7
4.5	Messergebnisse	7
4.6	Auswertung	8
4.7	Diskussion	8
5	Invertierender Spannungsverstärker für Wechselspannung	8
5.1	Verwendete Geräte	8
5.2	Versuchsaufbau	8
5.3	Versuchsdurchführung	8
5.4	Auswertung	9
5.5	Diskussion	10
6	Differenzierer	10
6.1	Verwendete Geräte	10
6.2	Verwendete Formeln	10
6.3	Versuchsaufbau	10
6.4	Versuchsdurchführung	11
6.5	Auswertung	11
6.6	Diskussion	12
7	Integrierer	12
7.1	Verwendete Geräte	12
7.2	Verwendete Formeln	13
7.3	Versuchsaufbau	13
7.4	Versuchsdurchführung	13
7.5	Auswertung	13
7.6	Diskussion	15

8	Op-Amp mit Hysterese	15
8.1	Verwendete Geräte	15
8.2	Versuchsaufbau	15
8.3	Versuchsdurchführung	15
8.4	Auswertung	15
8.5	Diskussion	16
9	Strommessung mit dem Op-Amp	16
9.1	Verwendete Geräte	16
9.2	Versuchsaufbau	16
9.3	Versuchsdurchführung	17
9.4	Messergebnisse	17
9.5	Auswertung	18
9.6	Diskussion	18
10	Fazit	18

1 Einleitung

In diesem Versuch geht es um den Operationsverstärker, einem wichtigen Bauelement der analogen Schaltungselektronik. (Op-Amp oder Operational Amplifier) Mit ihm lassen sich elektrische Verstärkungsschaltungen einfacher und mit besseren elektrischen Eigenschaften aufbauen, als mit einzelnen Transistoren möglich ist. Die Operationsverstärker TL071 und TL081 werden in verschiedenen Schaltungen untersucht.

2 Impedanzwandler für Gleichspannung

Es soll gezeigt werden, wie eine Spannungsquelle mit hohem Innenwiderstand in eine Spannungsquelle mit einem relativ niedrigem Innenwiderstand von ca. $100\ \Omega$ umgewandelt werden kann. Dies geschieht über den sog. 'Impedanzwandler'.

2.1 Verwendete Materialien

Verwendet werden ein Operationsverstärker, DVMs zur Spannungsmessung, ein Netzgerät und ein $10\text{M}\Omega$ Widerstand.

2.2 Versuchsaufbau

R1 ist ein $10\text{M}\Omega$ Widerstand.

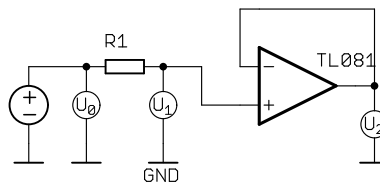


Abbildung 1: Schaltskizze des Impedanzwandlers für Gleichspannung¹

2.3 Versuchsdurchführung

In diesem Versuchsteil soll eine Spannung mit hohem Innenwiderstand simuliert werden. Über den Impedanzwandler kann daraus eine Spannungsquelle mit ca. $100\ \Omega$ erzeugt werden. Um diesen Effekt zu messen werden die Spannung U_1 , U_0 und U_2 nacheinander mit dem DMM abgegriffen. Zu beachten ist der Innenwiderstand des DMMs von $1\text{M}\Omega$, welcher nur $\frac{1}{10}$ des Vorwiderstandes beträgt. Dadurch entsteht also ein Spannungsteiler von $\frac{1}{11}$, für den Fall das U_1 gemessen wird.

2.4 Auswertung

Am Eingang wurde U_0 mit $4,99 \pm 0,06\text{ V}$ gemessen, U_2 wurde mit $4,99 \pm 0,06\text{ V}$ gemessen, also ist die Ausgangsspannung genau so groß wie die Eingangsspannung. U_1 wurde mit $0,45 \pm 0,06\text{ V}$ gemessen, dies kommt daher, das der Widerstand ein Netzgerät mit hohem Innenwiderstand simuliert.

¹Abbildung entnommen von http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep4_14.pdf Seite 8 am 17.11.2014

2.5 Diskussion

Wie erwartet lässt sich der Op-Amp sehr gut dazu nutzen, aus einer Spannungsquelle mit hohem Innenwiderstand in eine Spannungsquelle mit geringem Innenwiderstand umzuwandeln.

3 Impedanzwandler für Wechselspannung

Der Op-Amp kann keine beliebig hohen Frequenzen verarbeiten. Das Frequenzverhalten soll am Oszilloskop untersucht werden.

3.1 Verwendete Materialien

Verwendet werden ein Funktionsgenerator als Spannungsquelle, ein Operationsverstärker und ein Oszilloskop zur Signaldarstellung.

3.2 Versuchsaufbau

FG ist der Funktionsgenerator.

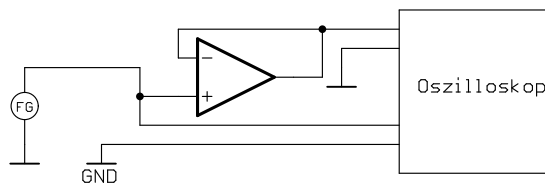


Abbildung 2: Schaltskizze des Impedanzwandlers für Wechselspannung²

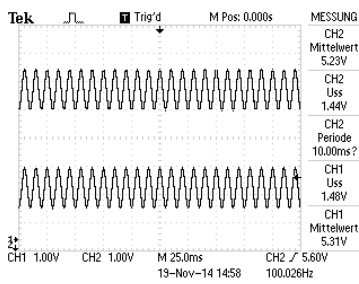
3.3 Versuchsdurchführung

Das Netzgerät wird durch den Funktionengenerator (Sinussignal) ersetzt, um das Verhalten des Op-Amps bei verschiedenen Frequenzen zu untersuchen. Von 100 Hz bis 10 MHz wird das Ausgangs- und Eingangssignal miteinander verglichen.

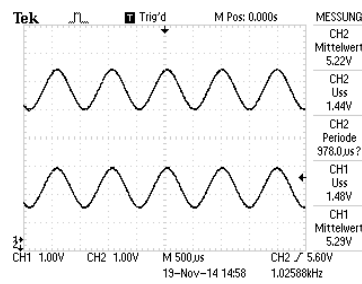
3.4 Auswertung

Es sollte die Eigenschaft des Op-Amp als Impedanzwandler für Wechselspannung untersucht werden, dafür wurden Eingangs- und Ausgangssignal für einen Bereich von 100 Hz bis 10 MHz aufgenommen und verglichen. Die aufgenommenen Kurven sind in Abbildung 3 und 4 zu sehen. Im Frequenzbereich von 100 Hz bis 1 MHz ist das Signal noch gut erhalten. Die erste Verzerrung tritt ab einer Frequenz von 4 MHz auf, siehe Abbildung 5.

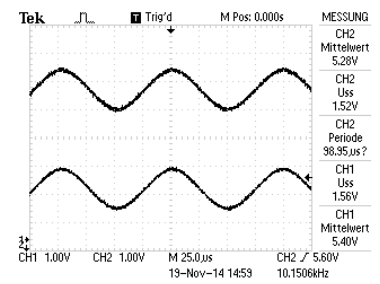
²Abbildung entnommen von http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep4_14.pdf Seite 8 am 17.11.2014



(a) Aufnahme des Signals bei 100Hz

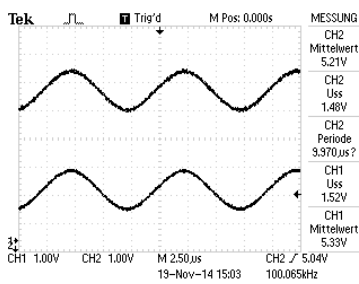


(b) Aufnahme des Signals bei 1kHz

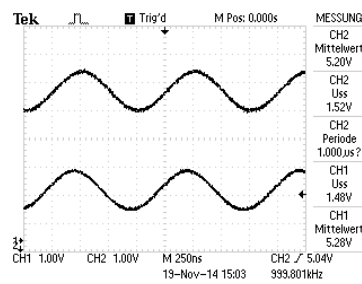


(c) Aufnahme des Signals bei 10kHz

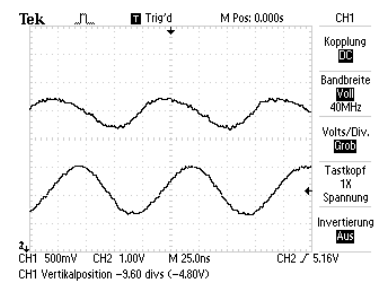
Abbildung 3: Kurve für 100Hz, 1kHz und 10kHz



(a) Aufnahme des Signals bei 100kHz



(b) Aufnahme des Signals bei 1mHz



(c) Aufnahme des Signals bei 10mHz

Abbildung 4: Kurve für 100kHz, 1mHz und 10mHz

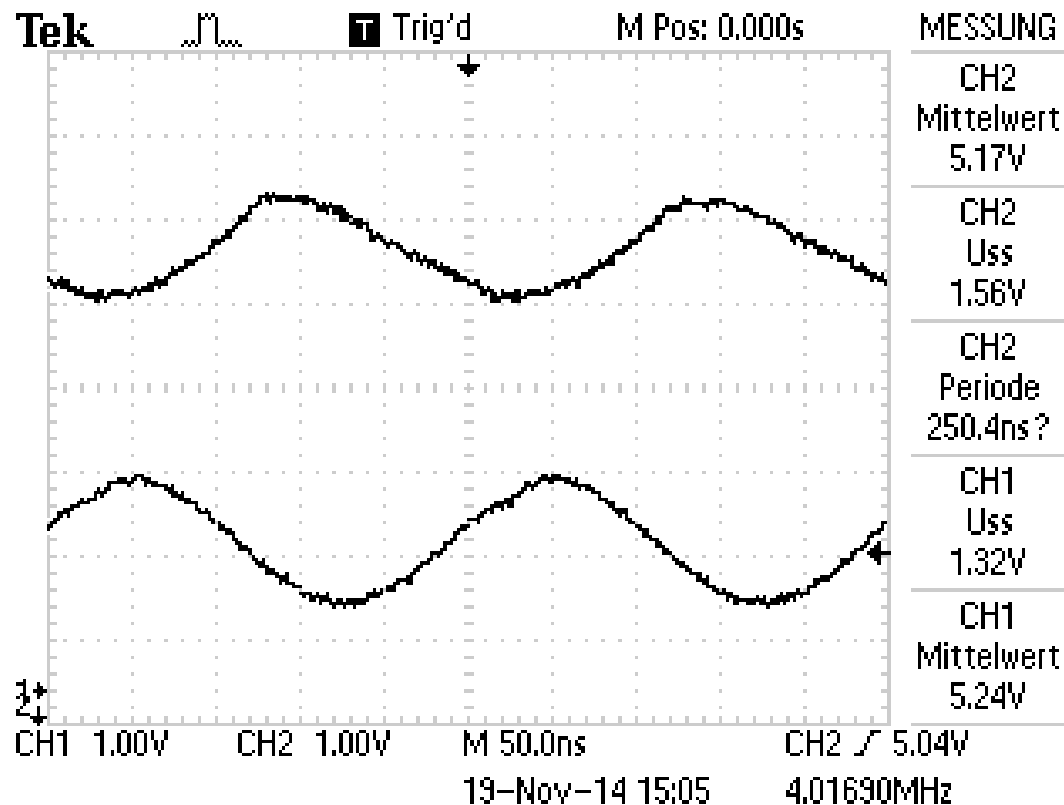


Abbildung 5: Eingangs- und Ausgangsspannung für 4 MHz

3.5 Diskussion

Wie erwartet kann der Op-Amp keine beliebig hohen Frequenzen verzerrungsfrei übertragen. Ab einer Frequenz von ca. 4 MHz wird das Eingangssignal verzerrt ausgegeben.

4 Spannungsverstärker für Wechselspannung

Der Op-Amp kann auch für die Spannungsverstärkung von Wechselspannungen verwendet werden.

4.1 Verwendete Materialien

Verwendet werden ein Funktionsgenerator, zwei Widerstände (1 und 100 kΩ), ein Operationsverstärker und DVMs zur Messung.

4.2 Verwendete Formeln

Aus dem Verhältnis der Widerstände ergibt sich bei einem Idealen Op-Amp die Spannungsverstärkung nach:

$$U_2 = -\frac{R_2}{R_1}U_1 \quad (1)$$

4.3 Versuchsaufbau

FG ist der Funktionsgenerator, R1 ist ein 1kΩ Widerstand und R2 ein 100kΩ Widerstand.

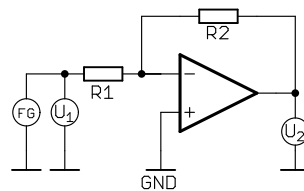


Abbildung 6: Schaltskizze des Spannungsverstärkers für Wechselspannung³

4.4 Versuchsdurchführung

In diesem Versuchsteil wird der Op-Amp für eine Spannungsverstärkerschaltung von Wechselspannungen verwendet. Der gemessene Verstärkungsfaktor kann mit dem Verhältnis der Widerstände verglichen werden. Bei den Frequenzen, bei denen der Verstärkungsfaktor bei 1, 10 und 100 liegt, wird die Frequenz hochgedreht, bis der Verstärkungsfaktor auf $\frac{1}{\sqrt{2}}$ abgefallen ist, um das sogenannte 'Verstärkungs-Bandbreite-Produkt' auszurechnen. Dies ist eine wichtige Kenngröße des Op-Amps, welche über das Produkt von der zweiten Frequenz mit dem Verstärkungsfaktor (1, 10 und 100) bestimmt werden kann. Nach dem Datenblatt⁴ ist ein Wert im Bereich von 3000 1/s zu erwarten, unser Wert wurde bei einem anderem Aufbau gemessen und sollte nur in der selben Größenordnung liegen.

4.5 Messergebnisse

Der Fehler der gemessenen Frequenz liegt bei 5 Hz.

Tabelle 1: Messwerte zur Verstärkungs-Bandbreite-Produkt

Verstärkung	-3dB Frequenz/Hz	Verstärkungs-Bandbreite-Produkt
100	24	2400
10	275,7	2757
1	2265	2265

³Abbildung entnommen von http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep4_14.pdf Seite 9 am 17.11.2014

⁴Datenblatt Texas Instruments https://cdn-reichelt.de/documents/datenblatt/A200/TL081_TL082_TL084%23TEX.pdf

4.6 Auswertung

In diesem Versuchsteil soll die Eigenschaft des Op-Amp zur Spannungsverstärkung von Wechselspannung untersucht werden. Dafür wird die Frequenz des Eingangssignals so eingestellt, dass die Verstärkung 100, 10 und 1 beträgt. Dann wird die Frequenz so lange erhöht, bis eine Abschwächung der Verstärkung -3dB beträgt. Aus den Frequenzen der um -3dB verringerten Abschwächung und dem vorherigem Verstärkungsfaktor wird durch Multiplikation der Werte das Verstärkungs-Bandbreite-Produkt berechnet, welches eine Materialeigenschaft darstellt. Mit den Werten aus Tabelle 1 ergibt sich ein Mittelwert von 2474 ± 208 Hz für das Verstärkungs-Bandbreite-Produkt.

4.7 Diskussion

Das gemessene Verstärkungs-Bandbreite-Produkt, welches mit 2474 ± 208 Hz bestimmt wurde in der erwarteten Größenordnung (3000 Hz).

5 Invertierender Spannungsverstärker für Wechselspannung

Mit dem Invertierenden Spannungsverstärker wird die Spannung zusätzlich invertiert.

5.1 Verwendete Geräte

Es werden ein Operationsverstärker, zwei Widerstände, ein Funktionsgenerator und DVMs verwendet.

5.2 Versuchsaufbau

R1 und R2 werden jeweils so gewählt, dass eine Verstärkung von -1, -10 und -100 erreicht werden.

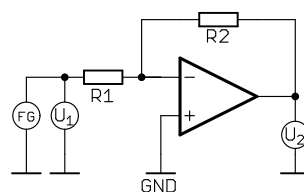


Abbildung 7: Schaltskizze des invertierten Spannungsverstärkers für Wechselspannung⁵

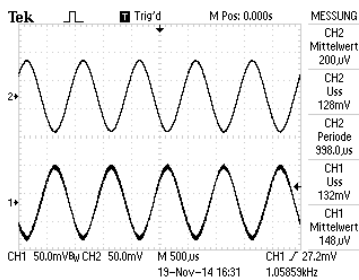
5.3 Versuchsdurchführung

Mit dem Invertierenden Spannungsverstärker für Wechselspannungen kann die Spannung nicht nur verstärkt, sondern auch invertiert werden. Das Verhalten der Schaltung wird bei Verstärkungsfaktoren von -1, -10 und -100 bei Frequenzen von 1 kHz bis 1 MHz beobachtet.

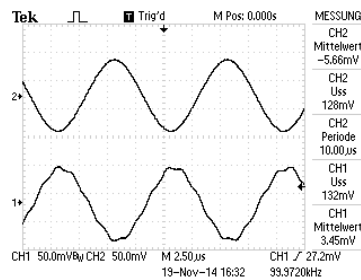
⁵Abbildung entnommen von http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep4_14.pdf Seite 9 am 17.11.2014

5.4 Auswertung

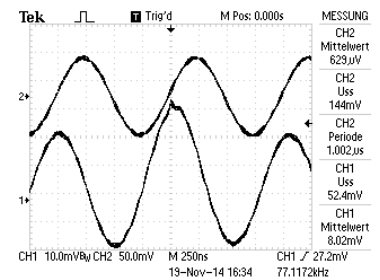
In Versuchsteil 2.4 sollte die Eigenschaften des Op-Amp als invertierter Spannungsverstärker untersucht werden, dafür wurden Verstärkungsfaktoren von -1, -10 und -100 genommen. Die Verstärkungsfaktoren wurden durch das Verhältnis der beiden Widerstände bestimmt. Es ist zu erkennen, dass bei hohen Frequenzen die Ausgangsspannung nicht mehr invertiert ist sondern noch eine zusätzliche Verschiebung aufweist.



(a) Aufnahme des Signals bei 1kHz

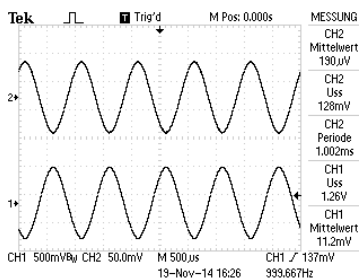


(b) Aufnahme des Signals bei 100kHz

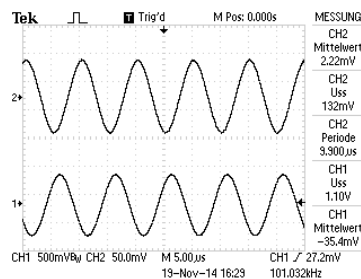


(c) Aufnahme des Signals bei 1mHz

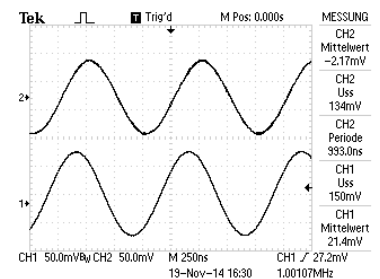
Abbildung 8: Kurven für 1kHz, 100kHz und 1mHz, bei einer Verstärkung von -1



(a) Aufnahme des Signals bei 1kHz

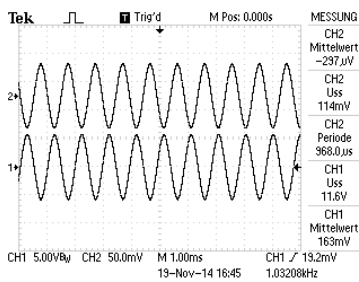


(b) Aufnahme des Signals bei 100kHz

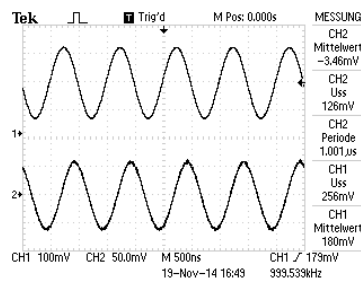


(c) Aufnahme des Signals bei 1mHz

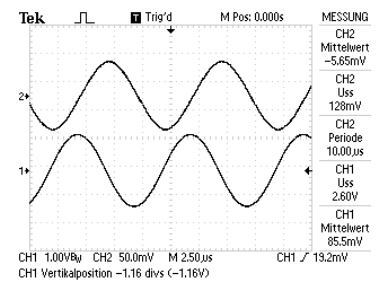
Abbildung 9: Kurven für 1kHz, 100kHz und 1mHz, bei einer Verstärkung von -10



(a) Aufnahme des Signals bei 1kHz



(b) Aufnahme des Signals bei 100kHz



(c) Aufnahme des Signals bei 1mHz

Abbildung 10: Kurven für 1kHz, 100kHz und 1mHz, bei einer Verstärkung von -100

5.5 Diskussion

Wie erwartet lies sich das eingehende Spannungssignal bei kleinen Frequenzen invertierten, bei hohen Frequenzen trat jedoch noch eine zusätzliche Verschiebung des Signals auf.

6 Differenzierer

Mit der Schaltung in diesem Versuchsteil kann das Eingangssignal differenziert werden.

6.1 Verwendete Geräte

Verwendet werden ein Operationsverstärker, ein Funktionsgenerator, ein Kondensator, ein Widerstand und DVMs.

6.2 Verwendete Formeln

Mit der Formel

$$U_a = -CR_f \frac{dU_f}{dt} \quad (2)$$

welche sich aus der Knotenregel und der Definition der Kapazität ergibt, kann die Ausgangsspannung berechnet werden.

6.3 Versuchsaufbau

C ist ein $0,1\mu\text{F}$, R ein $10\text{k}\Omega$ Widerstand, der Funktionsgenerator FG wird mit 100Hz betrieben.

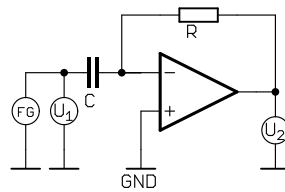


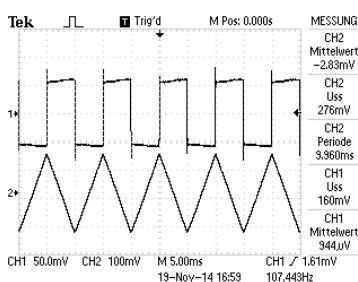
Abbildung 11: Schaltskizze des Differenzierers⁶

6.4 Versuchsdurchführung

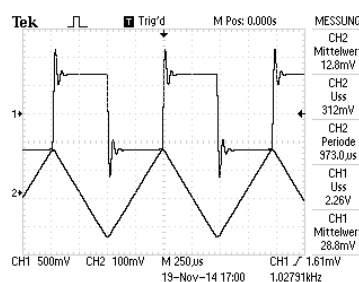
Diese Schaltung liefert als Ausgangssignal die zeitliche Änderung der Eingangsspannung und wird daher 'Differenzierer' genannt. Die Herleitung dieser Beziehung folgt aus der Knotenregel und der Definition der Kapazität. Bei Sinus-, Dreieck- und Rechteckspannung und bei unterschiedlichen Frequenzen soll die Ausgangsspannung beobachtet und mit dem Oszilloskop aufgezeichnet werden. (angefangen bei $f = 100$ Hz)

6.5 Auswertung

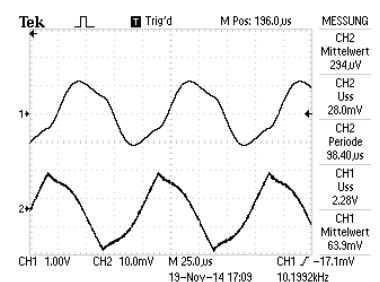
Im Versuchsteil 2.5 sollte die Eigenschaft des Op-Amp als Differenzierer untersucht werden. Die aufgenommenen Kurven sind in Abbildung 12, Abbildung 13 und Abbildung 14 zu sehen. Es ist zu erkennen, dass für hohe Frequenzen das Eingangssignal nicht mehr richtig differenziert wird. Bei kleinen Frequenzen klappt dies aber noch sehr gut. Beispielsweise wurde die erwartete Ausgangsspannung für das Rechtecksignal bei 100 Hz bestimmt. Der Faktor $C \cdot R \cdot f$ ist gleich 1, auf 5 ms (ein Kästchen in x-Richtung) kommt ein Anstieg von 270 mV, daraus ergibt sich eine Steigung von 54 V die entspricht in etwa der halben Höhe des Ausgangssignals. Es darf nicht der Uss Wert des Oszilloskops für die Ausgangsspannung genommen werden, da die Überschwinger mit gemessen werden.



(a) Aufnahme des Signals bei 100 Hz



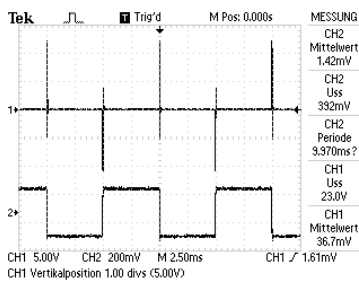
(b) Aufnahme des Signals bei 1 kHz



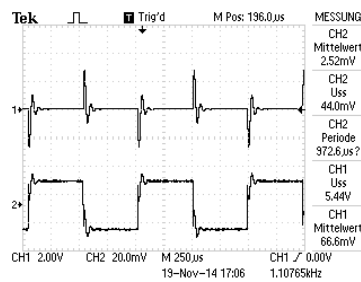
(c) Aufnahme des Signals bei 10 kHz

Abbildung 12: Kurven für 100 Hz, 1 kHz und 10 kHz, bei einer Dreiecksspannung

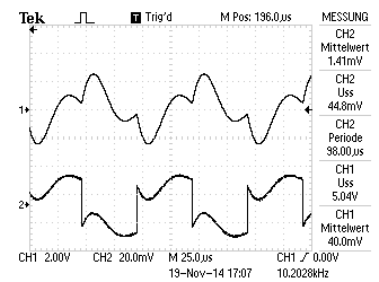
⁶Abbildung entnommen von http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep4_14.pdf Seite 10 am 17.11.2014



(a) Aufnahme des Signals bei 100Hz

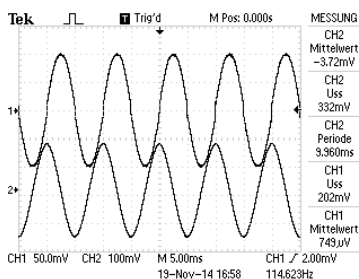


(b) Aufnahme des Signals bei 1kHz

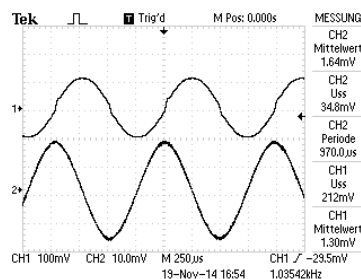


(c) Aufnahme des Signals bei 10kHz

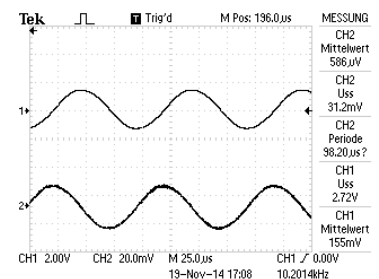
Abbildung 13: Kurven für 100Hz, 1kHz und 10kHz, bei einer Rechteckspannung



(a) Aufnahme des Signals bei 100Hz



(b) Aufnahme des Signals bei 1kHz



(c) Aufnahme des Signals bei 10kHz

Abbildung 14: Kurven für 100Hz, 1kHz und 10kHz, bei einer Sinusspannung

6.6 Diskussion

Die Eigenschaft als Differenzierer des Op-Amp konnte für kleine Frequenzen gut gezeigt werden, besonders gut lies sich der Effekt bei der Dreiecksspannung sehen. Für große Frequenzen treten wie erwartet Störungen auf.

7 Integrierer

Mit der Schaltung in diesem Versuchsteil kann das Eingangssignal Integriert werden.

7.1 Verwendete Geräte

Für die Messung werden ein Kondensator, ein Widerstand, ein Operationsverstärker, ein Funktionsgenerator und DVMs verwendet.

7.2 Verwendete Formeln

Mit der Formel

$$U_a = -\frac{1}{C_f R_i} \int U_i dt \quad (3)$$

welche sich aus der Knotenregel und der Definition der Kapazität ergibt, kann die Ausgangsspannung berechnet werden.

7.3 Versuchsaufbau

C ist ein $0,1\mu\text{F}$ Kondensator, R ein $10\text{k}\Omega$ Widerstand, FG sollte mit 500Hz betrieben werden.

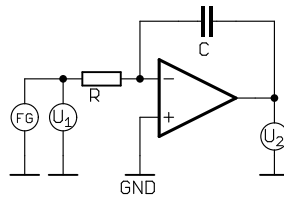


Abbildung 15: Schaltskizze des Integrierers⁷

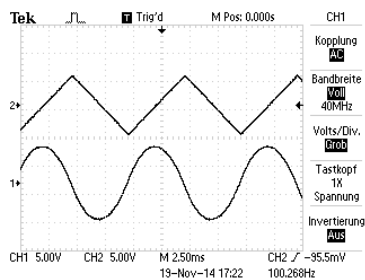
7.4 Versuchsdurchführung

Im Gegensatz zum Differenzierer kann die Eingangsspannung mit dieser Schaltung integriert werden, was die Bezeichnung 'Integrierer' begründet. Die Herleitung dieser Beziehung folgt aus der Definition der Kapazität und der Knotenregel. Angefangen bei 500 Hz werden bei Sinus-, Dreieck- und Rechteckspannung die Frequenzen durchgeföhren und mit dem Oszilloskop aufgezeichnet. Ein zum Kondensator parallel geschalteter Widerstand soll verhindern, dass der Kondensator durch die Gleichspannungsanteile aufgeladen wird.

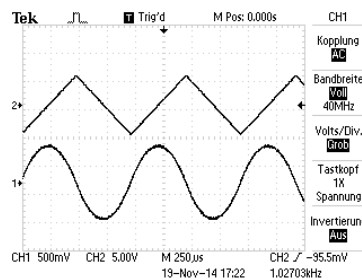
7.5 Auswertung

Im Versuchsteil 2.6 sollte die Eigenschaft des Integrierers untersucht werden. Dabei werden ein Dreieck-, Rechteck- und ein Sinussignal bei unterschiedlichen Frequenzen untersucht. Bei hohen Frequenzen ist ein Rauchen auf dem Ausgangssignal. Bei niedrigen Frequenzen lässt sich vor allem bei der Rechteckspannung gut die Integration erkennen.

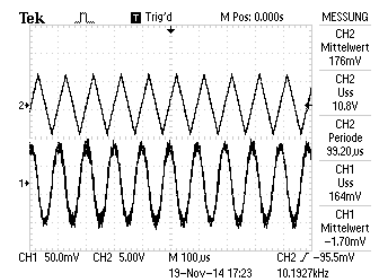
⁷Abbildung entnommen von http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep4_14.pdf Seite 10 am 17.11.2014



(a) Aufnahme des Signals bei 100Hz

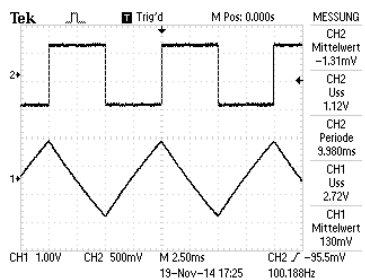


(b) Aufnahme des Signals bei 1kHz

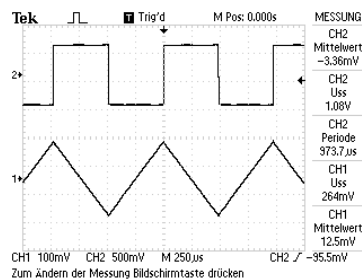


(c) Aufnahme des Signals bei 10kHz

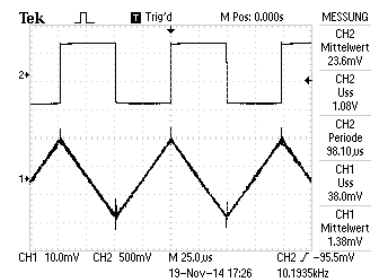
Abbildung 16: Kurven für 100Hz, 1kHz und 10kHz, bei einer Dreiecksspannung



(a) Aufnahme des Signals bei 100Hz

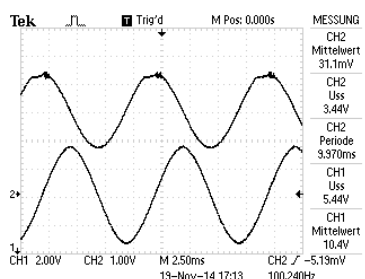


(b) Aufnahme des Signals bei 1kHz

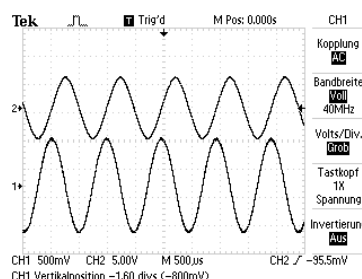


(c) Aufnahme des Signals bei 10kHz

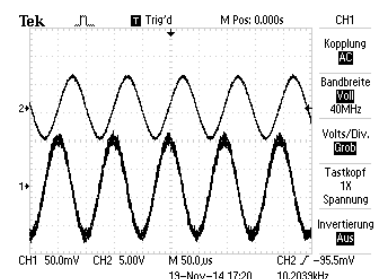
Abbildung 17: Kurven für 100Hz, 1kHz und 10kHz, bei einer Rechtecksspannung



(a) Aufnahme des Signals bei 100Hz



(b) Aufnahme des Signals bei 1kHz



(c) Aufnahme des Signals bei 10kHz

Abbildung 18: Kurven für 100Hz, 1kHz und 10kHz, bei einer Sinusspannung

7.6 Diskussion

Die Eigenschaft als Integrator des Op-Amp konnte für kleine Frequenzen gut gezeigt werden, besonders gut lies sich der Effekt bei der Rechteckspannung sehen. Für große Frequenzen treten wie erwartet Störungen auf.

8 Op-Amp mit Hysterese

Das Op-Amp soll rückgekoppelt werden, sodass Ausgangsspannung der Eingangsspannung zeitverzögert folgt. Dies liegt daran, dass das Op-Amp erst ab einer geringen Umschaltspannung"dem Eingangssignal folgt.

8.1 Verwendete Geräte

Es werden Widerstände, ein Operationsverstärker und ein Funktionsgenerator verwendet.

8.2 Versuchsaufbau

R ist ein $10\text{k}\Omega$ Widerstand, R_f ein $1\text{M}\Omega$ Widerstand, FG ist der Funktionsgenerator.

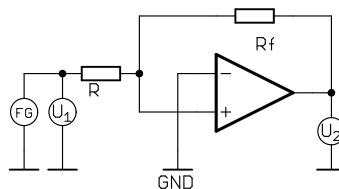


Abbildung 19: Schaltskizze des Op-Amp mit Hysterese⁸

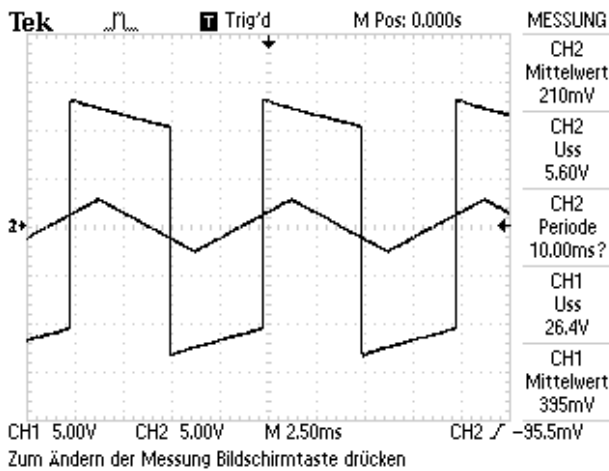
8.3 Versuchsdurchführung

In diesem Versuchsteil wird der Effekt der Hysterese mit Operationsverstärker über das Oszilloskop aufgenommen. Abhängig davon, ob der Ausgang des Operationsverstärkers über einen Widerstand rückgekoppelt wird, kann der Effekt beobachtet werden.

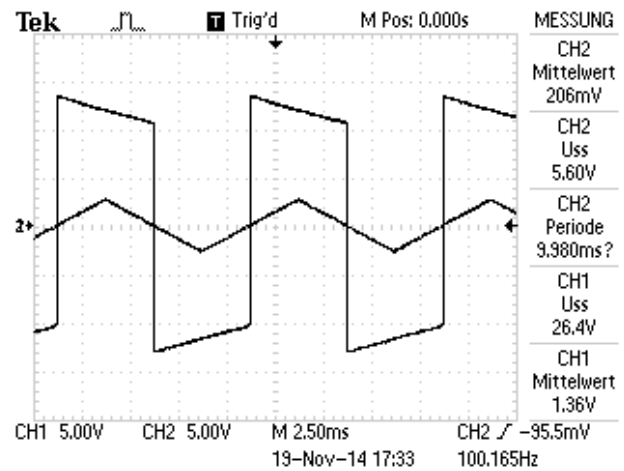
8.4 Auswertung

In Versuchsteil 2.7 sollt der Effekt der Hysterese durch Rückkopplung des Op-Amp untersucht werden. In Abbildung 20b ist der Verlauf des Signals ohne den Widerstand R_f zu sehen. Betrachtet man Abbildung 20a, wo der Widerstand R_f nicht weggelassen wurde, so ist deutlich der Effekt der Hysterese zu erkennen (Verschiebung des Rechtecksignals).

⁸Abbildung entnommen von http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep4_14.pdf Seite 10 am 17.11.2014



(a) Aufnahme des Signals mit RF



(b) Aufnahme des Signals ohne RF

Abbildung 20: Op-Amp mit Hysterese

8.5 Diskussion

Bei der Rückkopplung durch RF ist der Effekt der Hysterese deutlich zu sehen, vgl. Abbildung 20.

9 Strommessung mit dem Op-Amp

Mit dem Op-Amp können verschiedene Schaltungen zur Messung kleiner Ströme aufgebaut werden.

9.1 Verwendete Geräte

Es werden ein Operationsverstärker, eine Photozelle, ein Widerstand und DVMs zur Messung verwendet.

9.2 Versuchsaufbau

R ist Widerstand zwischen $100\text{k}\Omega$ und $10\text{M}\Omega$.

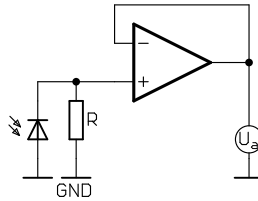


Abbildung 21: Schaltskizze für die Nutzung des Op_Amp zur Strommessung⁹

Aufbau für bessere Messergebnisse, R ist immer noch ein Widerstand zwischen $100\text{k}\Omega$ und $10\text{M}\Omega$.

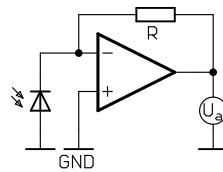


Abbildung 22: Schaltskizze für die Nutzung des Op_Amp zur Strommessung¹⁰

9.3 Versuchsdurchführung

In diesem Versuchsteil soll der Strom, der abhängig von der Lichtintensität von der Photodiode geliefert wird, gemessen werden. Dazu wird zuerst eine Schaltung aufgebaut, die eine Messung nach dem Ohmschen Gesetz erlaubt, und danach eine Schaltung, welche die Photodiode (fast) nicht belastet, sodass der Photostrom besser gemessen werden kann.

9.4 Messergebnisse

Der Fehler der Spannung wurde mit dem Angegebenem Fehler und der Ableseungenauigkeit bestimmt und beträgt 0,016.

Tabelle 2: Messdaten des ersten Aufbaus

Intensität	U_0/V
100	0,29
80	0,27
60	0,25
40	0,22
20	0,14
0	0,01

Der Fehler der Spannung wurde mit dem Angegebenem Fehler und der Ableseungenauigkeit bestimmt und beträgt 0,016.

⁹Abbildung entnommen von http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep4_14.pdf Seite 11 am 17.11.2014

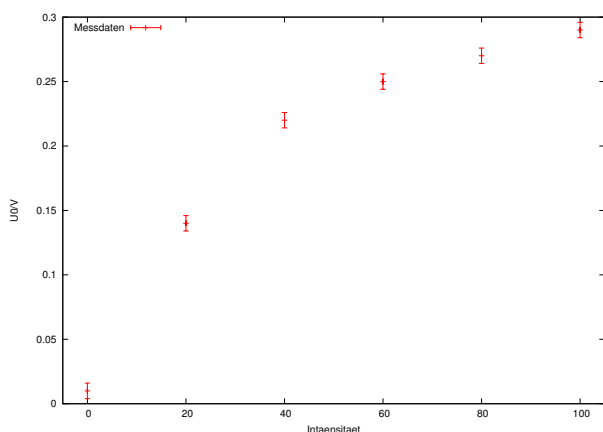
¹⁰Abbildung entnommen von http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep4_14.pdf Seite 11 am 17.11.2014

Tabelle 3: Messdaten des zweiten Aufbaus

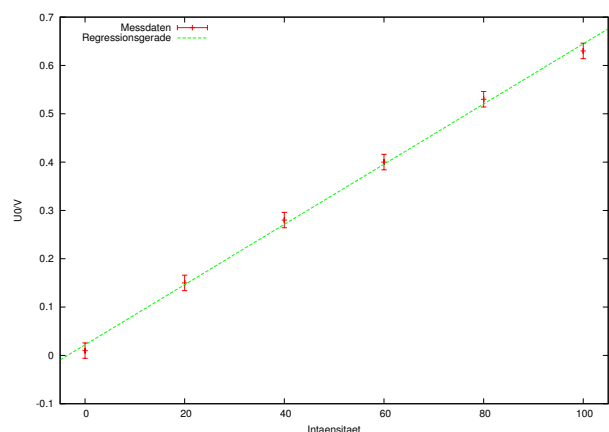
Intensität	U ₀ /V
100	0,63
80	0,53
60	0,4
40	0,28
20	0,15
0	0,01

9.5 Auswertung

Im Versuchsteil 2.8 soll der Op-Amp zur Strommessung verwendet werden. Dazu wird eine Photodiode als Spannungsquelle verwendet und die Ausgangsspannung in Abhängigkeit der Intensität gemessen. Dabei sollte überprüft werden, ob die Ausgangsspannung proportional zur Intensität ist. Der Verlauf bei nicht kurzgeschlossener Photodiode, Abbildung 23a ist nicht linear, der bei kurzgeschlossener Photodiode schon, Abbildung 23b. Die Messdaten aus Tabelle 3 wurden mit einer linearen Funktion gefittet, das reduzierte Chi-Quadrat ergab sich mit 0,55 was den für einen starken linearen Zusammenhang spricht.



(a) Plot der Messdaten ohne Kurzschluss der Diode



(b) Plot der Messdaten mit Kurzschluss der Diode

Abbildung 23: Plots der Messdaten mit/ohne Kurzschluss der Diode

9.6 Diskussion

Bei der Schaltung mit kurzgeschlossener Diode ergab sich der erwartete lineare Zusammenhang zwischen der Ausgangsspannung und der Intensität des einfallenden Lichts. Bei der Schaltung mit nicht kurzgeschlossener Photodiode ergab sich kein linearer Zusammenhang.

10 Fazit

Die Versuche haben die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten des Op-Amps gezeigt, was ihn zu einem unverzichtbarem Element in der Netzwerktechnik macht. Mit ihm können Schaltungen zur Strommessung, Spannungsverstärkung und Pufferschaltungen mit nahezu idealen Eigenschaften konstruiert werden.