

locale=DE,output-decimal-marker=,,separate-uncertainty=true,per-mode=symbol-
or-fraction,range-phrase=- ua VA var U px
€€ dgt.

Institut für Experimentalphysik der Technischen Universität Graz

&

Institut für Physik der Universität Graz

LABORÜBUNGEN 2: ELEKTRIZITÄT, MAGNETISMUS, OPTIK

Übungsnummer: 10

Übungstitel: Gitter/Prisma (TU)

Betreuer: Valentin Weis

Gruppennummer: 42

Name: Nico Eisner

Name: Philip Waldl

Mat. Nr.: 12214121

Mat. Nr.: 12214120

Datum der Übung: 13.10.2023

WS 2021/2022

Inhaltsverzeichnis

1 Aufgabenstellung

Der Versuche Operationsverstärker behandelt das gleichnamige Elektronikbauteil, welches in der Elektronik in erster Linie zur Verstärkung von elektrischen Signalen eingesetzt wird. Über mehrere, verschiedene Schaltungen hinweg sollen einige Anwendungsbereiche des OPVs gezeigt und experimentell bestätigt werden.

Die genaue Aufgabenstellung sieht dabei wie folgt aus:

- Aufbau der Schaltung für den Operationsverstärker (OPV)
- Invertierter OPV
 - Verstärkung V
 - Phasendifferenz ϕ zwischen Ein- und Ausgangssignal für verschiedene Rückkopplungswiderstände τ
- Nichtinvertierter OPV
 - Funktionsweise des nichtinvertierten OPV für verschiedene Widerstandskombinationen
- OPV als Differenzierer
 - Funktionsweise des OPV als Differenzierer für verschiedene Widerstandskombinationen und Eingangssignalarten
- OPV als Integrierer
 - Funktionsweise des OPV als Integrierer für verschiedene Widerstandskombinationen und Eingangssignalarten

Alle Informationen und Methodiken wurden uns von der Technischen Universität bereitgestellt [1].

2 Voraussetzungen & Grundlagen

Wie bereits im Kapitel Aufgabenstellung eingeleitet ist der Operationsverstärker ein elektrisches Schaltelement, genauer ein gleichspannungsgekoppelter Differenzenverstärker, welcher einen invertierten- und einen nichtinvertierten Eingang besitzt. Er soll dabei die Differenz zwischen den beiden Eingangssignalen verstärken und einem idealen Verstärker (möglichst hohe Verstärkung, Eingangswiderstände und möglichst geringe Ausgangswiderstände) nahe kommen. Der grobe Aufbau eines OPVs lässt sich in folgender Abbildung ?? erkennen.

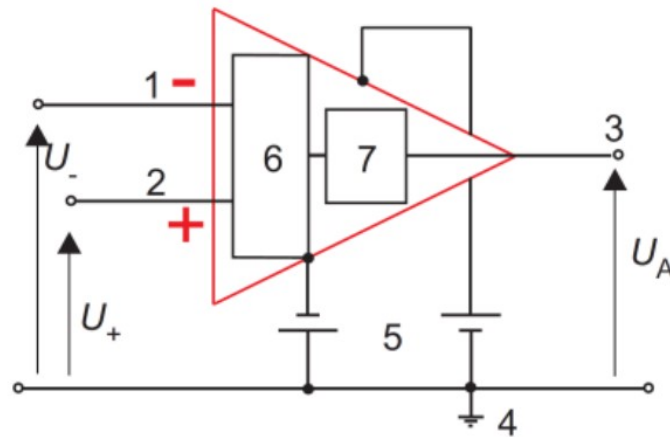


Abb. 1: OPV grundlegender Aufbau [1]

In Abbildung ?? lassen sich die beiden Eingänge 1 (invertiert) und 2 (nicht invertiert) und der Ausgang 3 erkennen. Weiters befindet sich im OPV (meist dargestellt als Dreieck) ein Differenzenverstärker 6 und ein Impedanzwandler 7. Für den Betrieb ist außerdem eine Spannungsversorgung 5 und ein gemeinsamer Groundpunkt 4 von nöten.

Mit dem beschriebenen Operationsverstärker lassen sich nun einige Grundsaltungen darstellen:

2.1 Invertierender Verstärker

Beim invertierenden Verstärker wird das Signal über den invertierten Eingang mit einem Eingangswiderstand R_1 eingespeist und der nichtinvertierte Eingang ist auf Ground gelegt. Der Widerstand R_2 ist dabei der Rückkopplungswiderstand, welcher bestimmt, wie viel vom Ausgangssignal zurück zum Eingang fließt und das Signal verstärkt. Das Resultat des invertierten Verstärkers ist ein verstärktes und umgekehrtes Ausgangssignal, welches vom Verhältnis der beiden Widerstände abhängt und sich somit folgend beschreiben lässt:

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

Die Verstärkung lässt sich dabei so ausdrücken:

$$V = -\frac{R_2}{R_1} \quad (2)$$

Das Schaltbild des invertierten Verstärkers lässt sich in folgender Abbildung ?? erkennen.

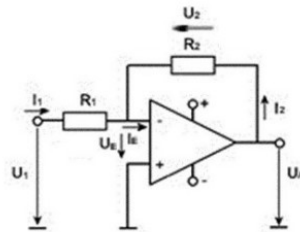


Abb. 2: Invertierender Verstärker [1]

2.2 Nichtinvertierender Verstärker

Der nichtinvertierende Verstärker sieht im Aufbau dem invertierenden Verstärker sehr ähnlich. Der größte Unterschied ist, dass das Eingangssignal über den nichtinvertierten Eingang mit Eingangswiderstand kommt und der invertierte Eingang auf Masse gelegt ist. Beim nichtinvertierenden Verstärker verlässt das Signal die Schaltung nur verstärkt, was in folgender Gleichung für die Verstärkung resultiert:

$$V = 1 + \frac{R_2}{R_1} \quad (3)$$

Der Aufbau sieht dabei wie folgt aus:

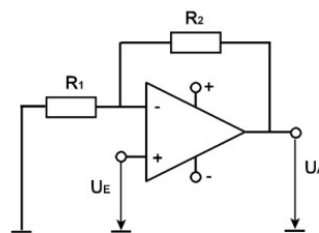


Abb. 3: Nichtinvertierender Verstärker [1]

2.3 Addierer, Subtrahierer

Werden zwei Eingangsspannungen mit Eingangswiderständen an den invertierten Eingang und eine Eingangsspannung mit Spannungsteiler an den nichtinvertierten Eingang geschaltet, so erhält man einen funktionstüchtigen Addierer bzw. Subtrahierer. Die Funktion der Schaltung ist dabei von den gewählten Widerständen abhängig und sieht im Aufbau wie folgt aus:

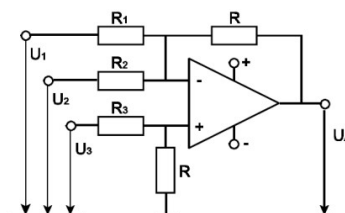


Abb. 4: Addierer/Subtrahierer [1]

2.4 Differenzierer

Des weiteren ist es möglich, unter einbezug eines Operationsverstärkers zu differenzieren. Dabei wird der invertierenden Verstärkerschaltung ein Kondensator vor dem Eingangswiderstand R_1 hinzugefügt. Anhand der Lade- bzw. Entladezeiten lässt sich so durch die zeitliche Ableitung von $Q = C * U_E$ die Ausgangsspannung als differenzierte Eingangsspannung definieren:

$$U_A = -RC \frac{\partial U_E}{\partial t} \quad (4)$$

Die hierzu nötige Schaltung ist in Abbildung ?? ersichtlich.

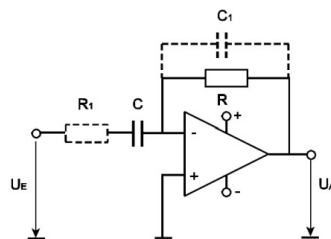


Abb. 5: Differenzierer [1]

2.5 Integrierer

Ähnlichem Prinzip folgt auch der Integrierer, welcher sich zum Differenzierer lediglich durch die Anordnung des Kondensators unterscheidet. Dieser wird nun nicht vor den Eingangswiderstand, sondern parallel zum Rückkopplungswiderstand geschaltet. Dadurch erzielt man an der Ausgangsspannung die Stammfunktion der Eingangsspannung.

$$U_A = -\frac{1}{RC} \int U_E dt + c \quad (5)$$

Aufgebaut sieht der Integrierer wie folgt aus:

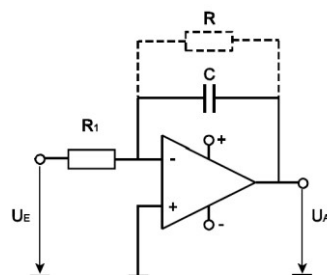


Abb. 6: Integrierer [1]

3 Versuchsanordnung

Zu Beginn des Versuches wurden zwei grundlegende Schaltungen realisiert, welche abgesehen vom Operationsverstärker noch ein bzw. zwei Potentiometer mit 100 Ω , zwei

Widerstände mit $47\text{ k}\Omega$, den Funktionsgenerator und das Netzgerät mit einer Spannung von $\pm 15\text{ V}$. Der Aufbau der Schaltung ist in folgenden Abbildungen ?? ersichtlich.

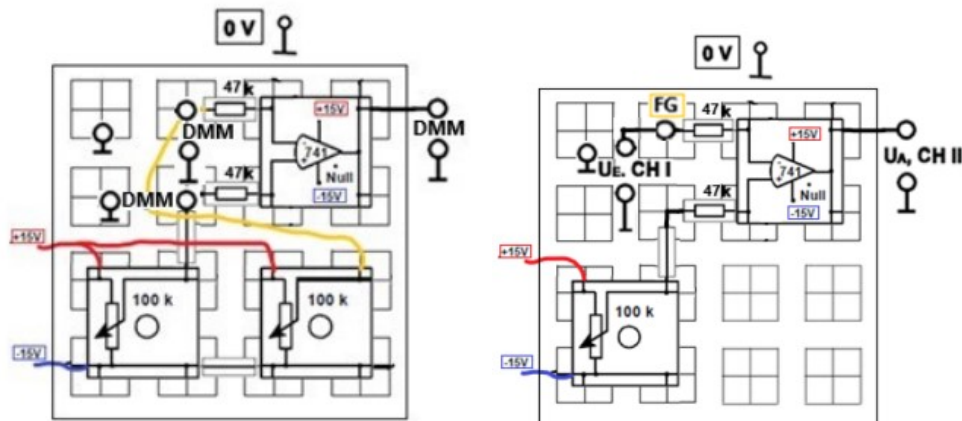


Abb. 7: Grundsaltungen Aufbau [1]

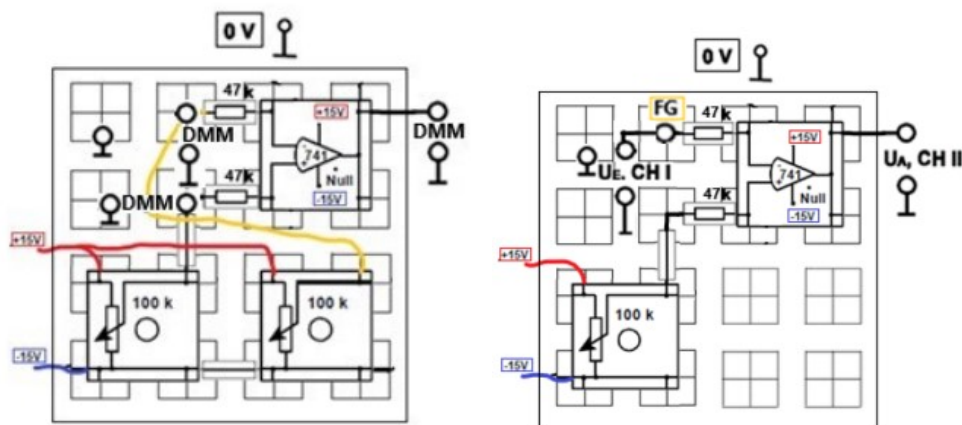


Abb. 8: Grundsaltungen realer Aufbau

Folgend dazu wurde dann der invertierende Verstärker realisiert. Der Schaltungsaufbau hierzu ist in folgenden Abbildungen zu erkennen.

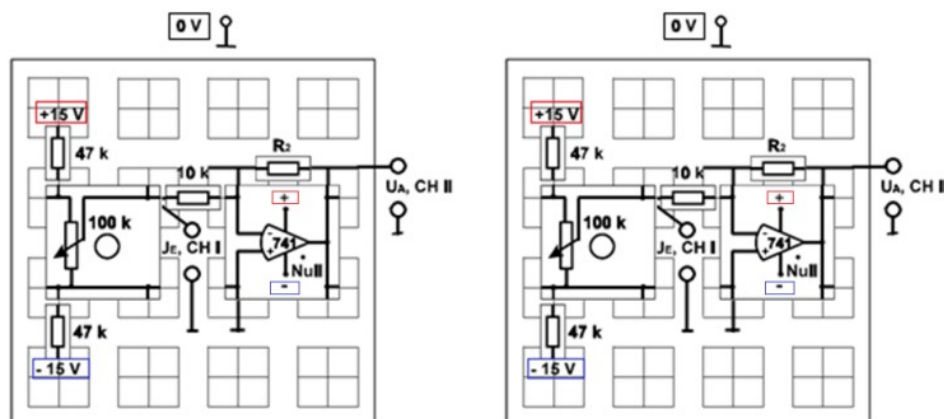


Abb. 9: Invertierender Verstärker Schaltung und realer Aufbau [1]

Natürlich wurde dann auch der nichtinvertierende Verstärker in Realität umgesetzt:

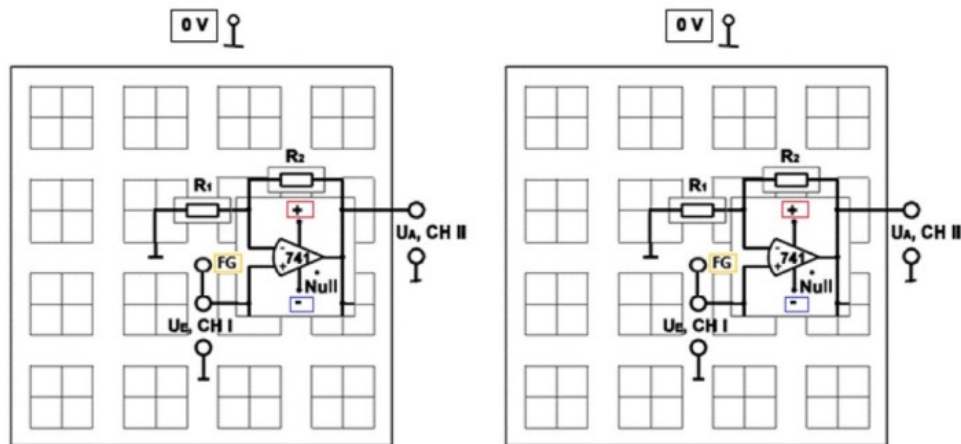


Abb. 10: Nichtinvertierender Verstärker Schaltung und realer Aufbau [1]

Am Ende des Versuches wurde es dann etwas komplexer, da nun Differenzierer und Integrierer in die Tat umgesetzt wurden. Die hierfür benötigten Schaltpläne sind in folgenden Abbildungen ersichtlich:

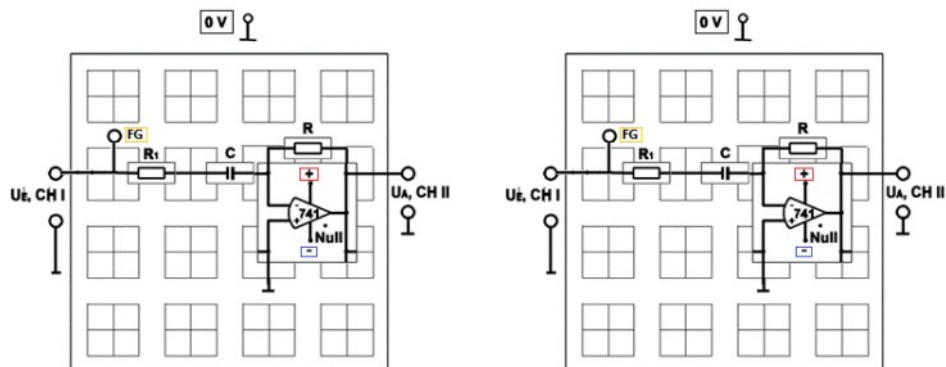


Abb. 11: Differenzierer Schaltung und realer Aufbau [1]

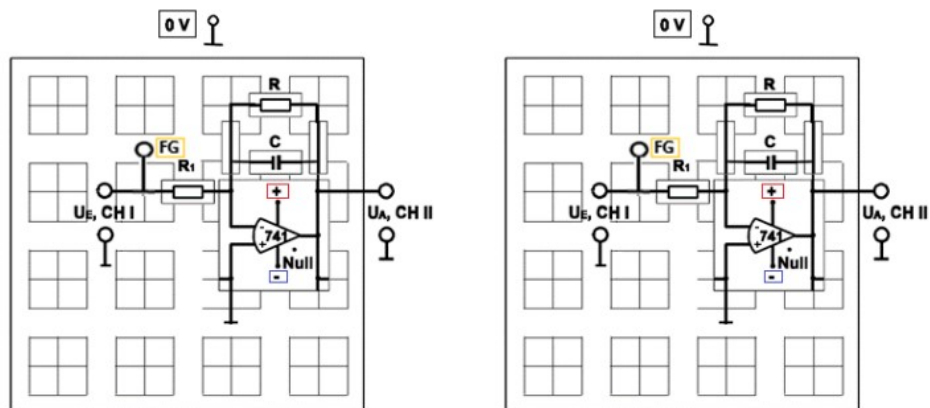


Abb. 12: Integrierer Schaltung und realer Aufbau [1]

4 Geräteliste

Tab. 1: Im Versuch verwendete Geräte und Utensilien.

Gerät	Gerätenummer	Unsicherheit
Oszilloskop	n.a	n.a
Steckboard	n.a	n.a
Widerstände (0Ω, 0.1 kΩ, 0.47 kΩ, 1 kΩ, 1.5 kΩ, 2.2 kΩ, 4.7 kΩ, 10 kΩ, 15 kΩ, 1 MΩ)	n.a	±1%
Funktionsgenerator	n.a	n.a
Netzgerät	n.a	n.a
Operationsverstärker	n.a	n.a
2x Potentiometer (100 kΩ)	n.a	±10%
3x Digitalmultimeter	n.a	±1.2% + 2 sigit
Kondensatoren (10 nF, 2.2 nF, 1 μF)	n.a	±10%
Verbindungskabel	n.a	n.a

5 Versuchsdurchführung & Messergebnisse

Tab. 2: Grundschtaltung Messungen

Nr.	U_{Ein1} / V	U_{Ein2} / V	U_{Aus1} / V
1	-0.0461 ±	-0.789 ±	-13.15 ±
2	-0.0833 ±	-0.790 ±	-13.15 ±
3	-0.0612 ±	-0.789 ±	-13.15 ±
4	-0.1069 ±	-0.789 ±	-13.15 ±
5	-0.0890 ±	-0.790 ±	-13.15 ±

Tab. 3: Invertierender OPV 10 kΩ Verstärkungen gemessen

Nr.	Zieleingangsspannungen / V	U_{Ein} / V	U_{Aus} / V
1	1.5	1.511 ±	-1.530 ±
2	1.0	1.022 ±	-1.035 ±
3	0.5	0.499 ±	-0.505 ±
4	0.0	0.024 ±	-0.234 ±
5	-0.5	-0.521 ±	0.521 ±
6	-1.0	-1.039 ±	1.039 ±
7	-1.5	-1.532 ±	1.532 ±

Tab. 4: Invertierender OPV 33 kΩ Verstärkungen gemessen

Nr.	Zieleingangsspannungen / V	U_{Ein} / V	U_{Aus} / V
1	1.5	1.486 ±	-4.950 ±
2	1.0	1.011 ±	-3.358 ±
3	0.5	0.511 ±	-1.706 ±
4	0.0	0.010 ±	-0.031 ±
5	-0.5	-0.511 ±	1.699 ±
6	-1.0	-1.013 ±	3.368 ±
7	-1.5	-1.496 ±	4.980 ±

Tab. 5: Invertierender OPV 100 k Ω Verstärkungen gemessen

Nr.	Zieleingangsspannungen / V	U_{Ein} / V	U_{Aus} / V
1	1.5	1.464 \pm	-13.140 \pm
2	1.0	1.054 \pm	-10.700 \pm
3	0.5	0.519 \pm	-5.260 \pm
4	0.0	-0.009 \pm	-0.094 \pm
5	-0.5	-0.493 \pm	5.010 \pm
6	-1.0	-1.036 \pm	10.530 \pm
7	-1.5	-1.656 \pm	14.330 \pm

Tab. 6: NichtInvertierender OPV Verstärkungen

Nr.	R_2 / k Ω	V ($\frac{K_{stchen}}{K_{stchen}}$) /	V / dB	U pro Kästchen / V
1	0.00 \pm	$\frac{1.0}{1.0} = 1.000 \pm$	\pm	0.5 \pm
2	0.47 \pm	$\frac{2.2}{1.5} = 1.467 \pm$	\pm	0.5 \pm
3	1.50 \pm	$\frac{3.7}{1.5} = 2.467 \pm$	\pm	0.5 \pm
4	2.20 \pm	$\frac{4.8}{1.5} = 3.200 \pm$	\pm	0.5 \pm
5	4.70 \pm	$\frac{4.4}{0.7} = 6.290 \pm$	\pm	1.0 \pm
6	10.00 \pm	$\frac{4.1}{0.4} = 10.250 \pm$	\pm	2.0 \pm

6 Auswertung und Unsicherheitsanalyse

In der Auswertung werden zur erhöhten Genauigkeit durchgehend ungerundete Werte bis zu den Endergebnissen verwendet und nur zur Darstellung gerundet.

Zur Berechnung der Unsicherheiten wird, wenn nicht anders angegeben, die Größtunsicherheitsmethode verwendet.

7 Diskussion

8 Zusammenfassung

Literatur

- [1] TU Graz TeachCenter. "Laborübungen 2: Elektrizität, Magnetismus, Optik". Kurs: PHYD30UF. (besucht am 18.11.2023). URL: <https://tc.tugraz.at/main/course/view.php?id=796>.