

V61

Der Operationsverstärker

Benjamin Schäfer
benjamin.schaefer@tu-dortmund.de

Jan Gaschina
jan.gaschina@tu-dortmund.de

Durchführung: 24.11.2021

Abgabe:

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1	Zielsetzung	3
2	Theorie	3
3	Fehler	3
4	Durchführung	4
4.1	Der invertierende Linearverstärker	4
4.2	Der Umkehrintegrator und der invertierender Differenzierer	4
4.3	Der Schmitt-Trigger	4
4.4	Der Signalgenerator	4
5	Auswertung	6
5.1	Der Invertierende-Linearverstärker	6
5.2	Der Umkehrintegrator und der invertierender Differenzierer	8
5.3	Nicht-invertierender-Schmitt-Trigger	8
6	Diskussion	12

1 Zielsetzung

Ziel des Versuches soll es sein die unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten des Operationsverstärkers LM741 kennen zu lernen und aufzubauen. Dabei sollen auch die Unterschiede zwischen theoretischer Beschreibung und praktischem Einsatz untersucht werden.

2 Theorie

In diesem Kapitel sollen kurz die theoretischen Grundlagen des HeNe-Lasers erleutert werden.

3 Fehler

Der Mittelwert:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=0} x_i \quad (1)$$

Die Standardabweichung:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (2)$$

Der Fehler des Mittelwertes:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

Die Gaußsche Fehlerfortpflanzung:

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)^2 \sigma_{x_1}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2}\right)^2 \sigma_{x_2}^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n}\right)^2 \sigma_{x_n}^2} \quad (4)$$

Die Prozentuale Abweichung:

$$Abweichung = \frac{ExperimentellerWert - Theoriewert}{Theoriewert} \times 100 \quad (5)$$

4 Durchführung

In diesem Kapitel sollen die einzelnen Schritte des Versuches erklärt werden. Alle Schaltungen werden auf einem Steckbrett, Breadboard oder Steckplatine genannten Konstrukt aufgebaut. Das vermeidet aufwändiges Löten von Lochrasterplatten.

4.1 Der invertierende Linearverstärker

Für zwei verschiedene Widerstandsverhältnisse wird die Frequenzabhängigkeit des Verstärkungsfaktors sowie der Phasenverschiebung untersucht. Dazu werden ein- und Ausgangsspannung der Schaltung gemessen und am Oszilloskop die Phasenverschiebung abgelesen. Die Schaltung wird wie in Abbildung 1 zu sehen aufgebaut.

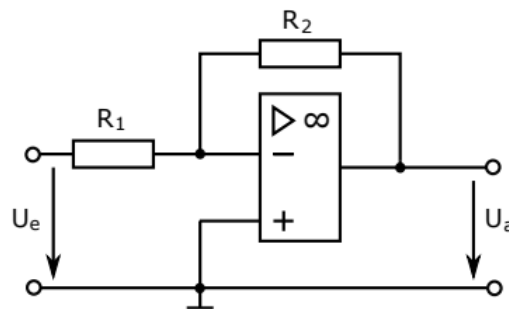


Abbildung 1: Schaltplan des invertierenden Linearverstärkers.

4.2 Der Umkehrintegrator und der invertierender Differenzierer

Für diese beiden Teilversuche werden Schaltungen nach Abbildung 2 und Abbildung 3 auf das Steckbrett gesteckt. Bei diesen beiden Schaltungen wird das Verhalten bei verschiedenen Eingangssignalformen untersucht. Dazu wird von einem Signalgenerator zunächst ein Sinussignal, dann eine Rechteckspannung und anschließend eine Dreiecksspannung erzeugt und diese als Eingangssignal für die jeweilige Schaltung genutzt. Auf einem Oszilloskop wird dann das Ausgangssignal dargestellt. Zudem wird auch hier das Frequenzverhalten des Verstärkungsfaktors untersucht.

4.3 Der Schmitt-Trigger

Für die Untersuchung des Schmitttriggers wird der Operationsverstärker nach Abbildung 4 als Schwellwertschalter beschaltet. Durch allmähliches Erhöhen der Amplitude des eingespeisten Sinussignals wird durch gleichzeitige Spannungsmessung der Kippunkt ermittelt an welchem der Trigger durchschaltet und sperrt.

4.4 Der Signalgenerator

Beim Signalgenerator werden weder Schmitttrigger noch Umkehrintegrator hintereinander geschaltet und die Signalformen werden genauer untersucht. Die Schaltung wird hier

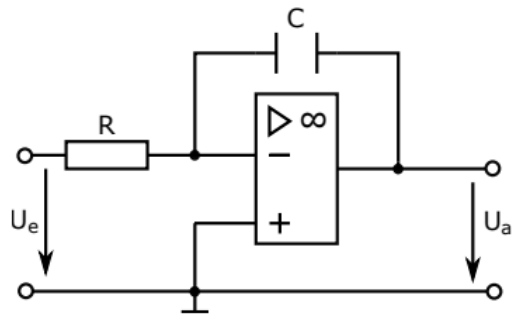


Abbildung 2: Schaltplan des Umkehrintegrators.

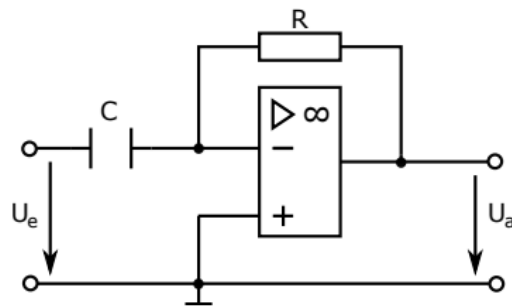


Abbildung 3: Schaltplan des invertierenden Differenzierers.

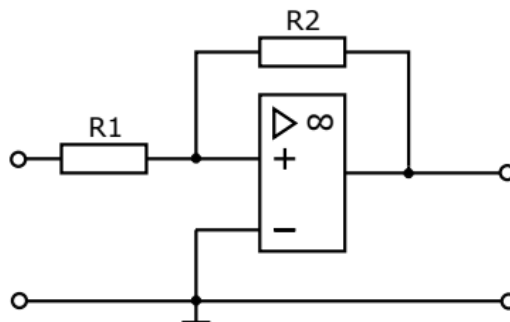


Abbildung 4: Schaltplan des Schmitt-Triggers.

nach Abbildung 5 aufgebaut.

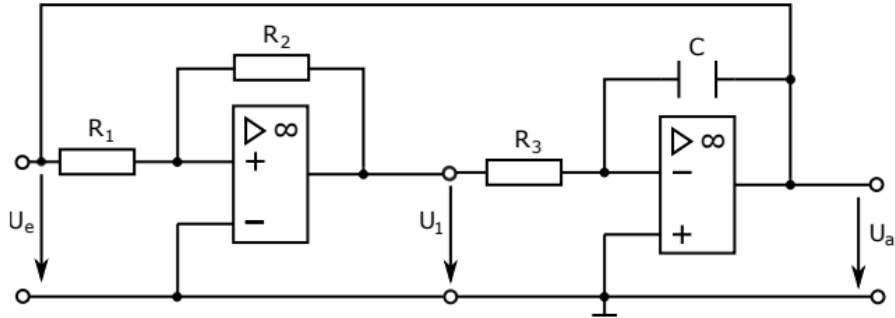


Abbildung 5: Schaltplan des Signalgenerators.

5 Auswertung

In diesem Kapitel werden die aufgenommenen Messwerte ausgewertet.

5.1 Der Invertierende-Linearverstärker

Bei dieser ersten Schaltung wurden für zwei verschiedene Widerstandsverhältnisse Eingangs- und Ausgangsspannung, U_a und U_e , sowie der zeitliche Versatz Δt der beiden Signalamplituden vom Oszilloskop abgelesen. Zunächst wird dann der Verstärkungsfaktor x mithilfe der von Gleichung 6 berechnet und in Abbildung 6 gegen die Frequenz f des Eingangssignals aufgetragen. Der Phasenverschiebungswinkel ϕ wurde dann über Gleichung 7 errechnet und in Abbildung 7 ebenfalls gegen die Frequenz aufgetragen.

$$x = \frac{U_a}{U_e} \quad (6)$$

$$\phi = 2\pi f \Delta t \quad (7)$$

An die konstanten Plateaubereiche der Verstärkungskurve wurde je eine Gerade nach der Vorschrift $x(f) = af + b$ mit den Parametern:

$$\begin{aligned} a_{1/100} &= 0.001 \pm 0.003 \\ b_{1/100} &= 85.819 \pm 2.946 \\ a_{1/10} &= 0.000 \pm 0.000 \\ b_{1/10} &= 9.834 \pm 0.095 \end{aligned}$$

angepasst. Die Steigungen $a_{1/100}$ und $a_{1/10}$ sind vernachlässigbar klein so dass die Verstärkung hier als Konstant betrachtet werden kann. An die in der gewählten doppelt-logarithmischen Darstellung Funktionsabfälle wurden hingegen Kurven der Vorschrift:

$$x = cf^d \quad (8)$$

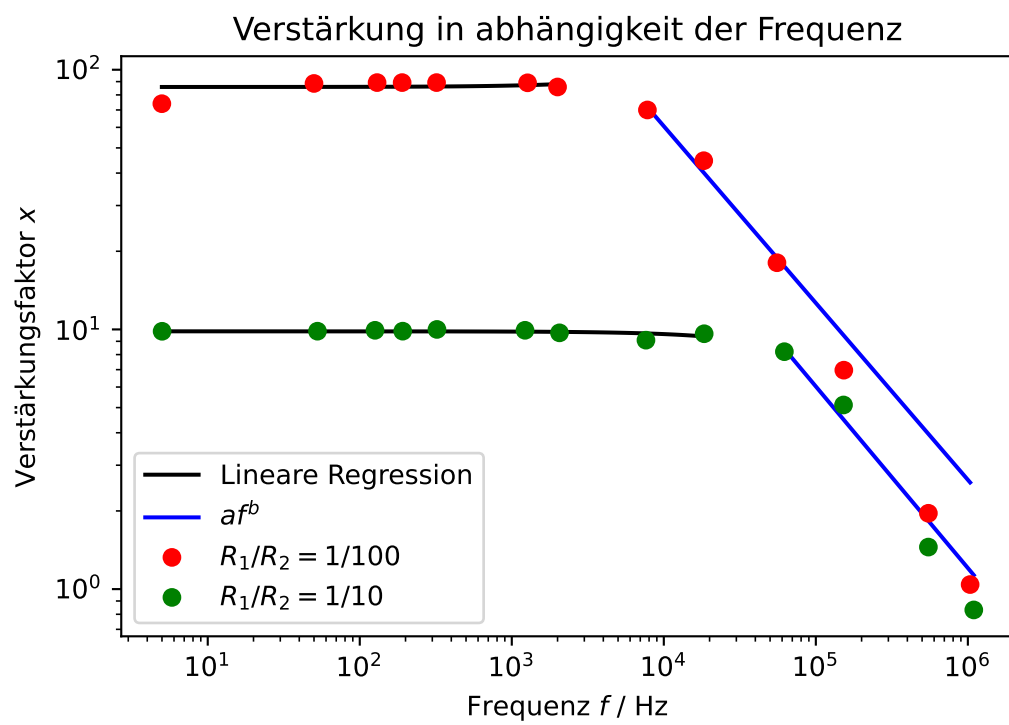


Abbildung 6: Verstärkungskurve des als invertierenden Linearverstärker geschalteten Operationsverstärkers nach Eingangsfrequenz.

angepasst. Daraus folgen die Parameter:

$$c = 32076.147 \pm 16619.806$$

$$d = -0.681 \pm 0.056$$

$$c = 18911.087 \pm 21201.677$$

$$d = -0.699 \pm 0.099$$

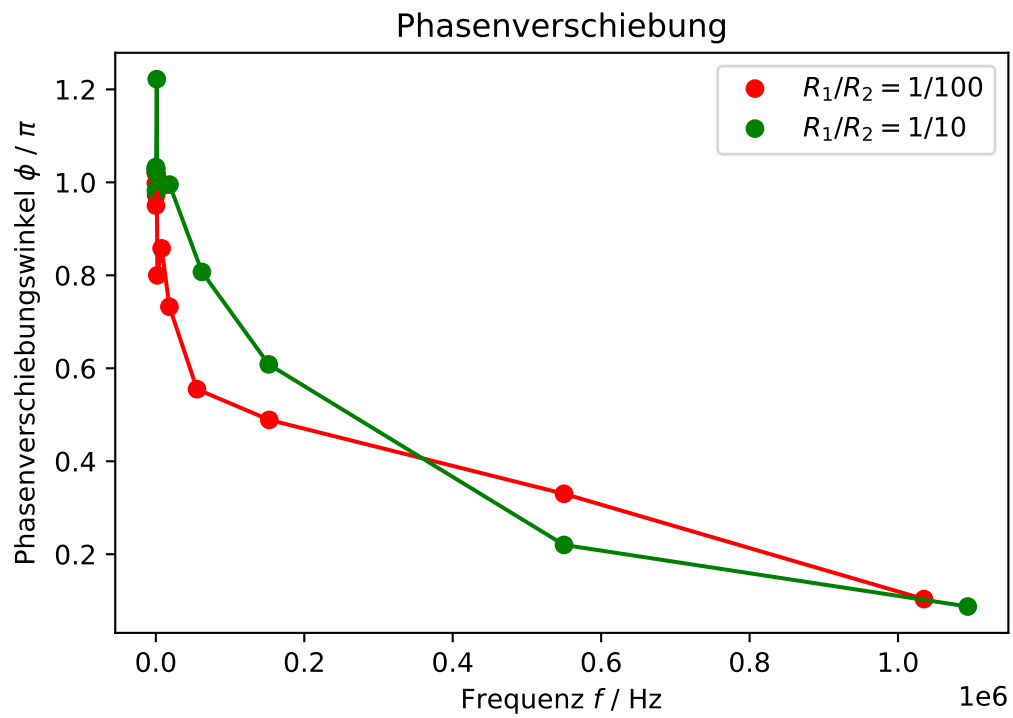


Abbildung 7: Phasenverschiebung am invertierenden Linearverstärker in Abhängigkeit der Zugangsfrequenz.

5.2 Der Umkehrintegrator und der invertierender Differenzierer

5.3 Nicht-invertierender-Schmitt-Trigger

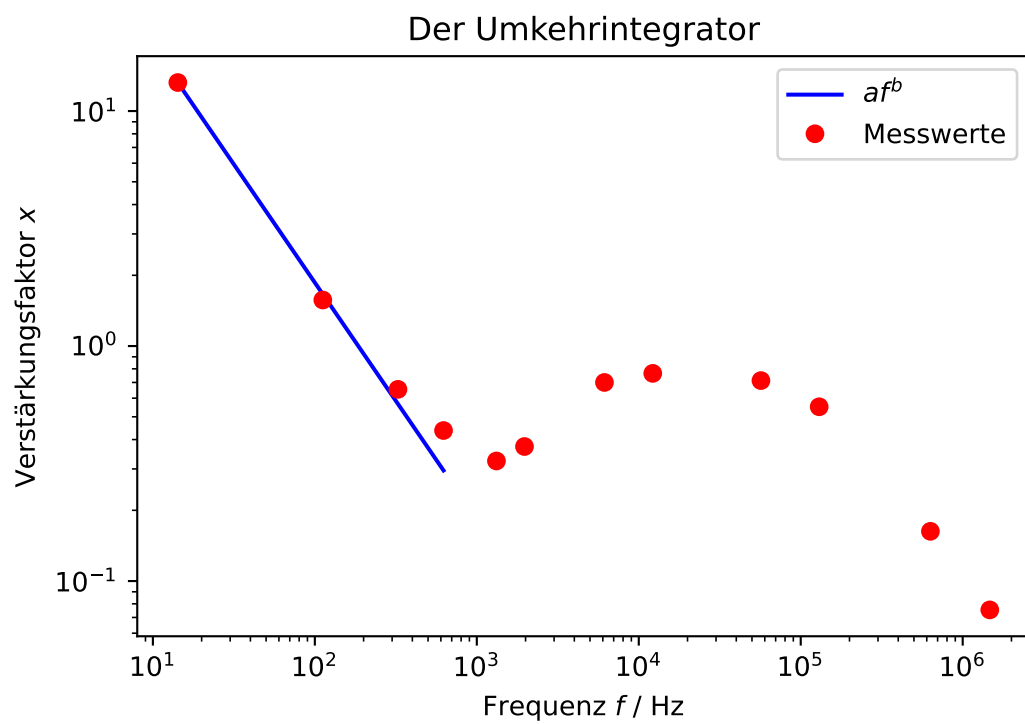


Abbildung 8: Verstärkungskurve des Umkehrintegrators nach Eingangsfrequenz

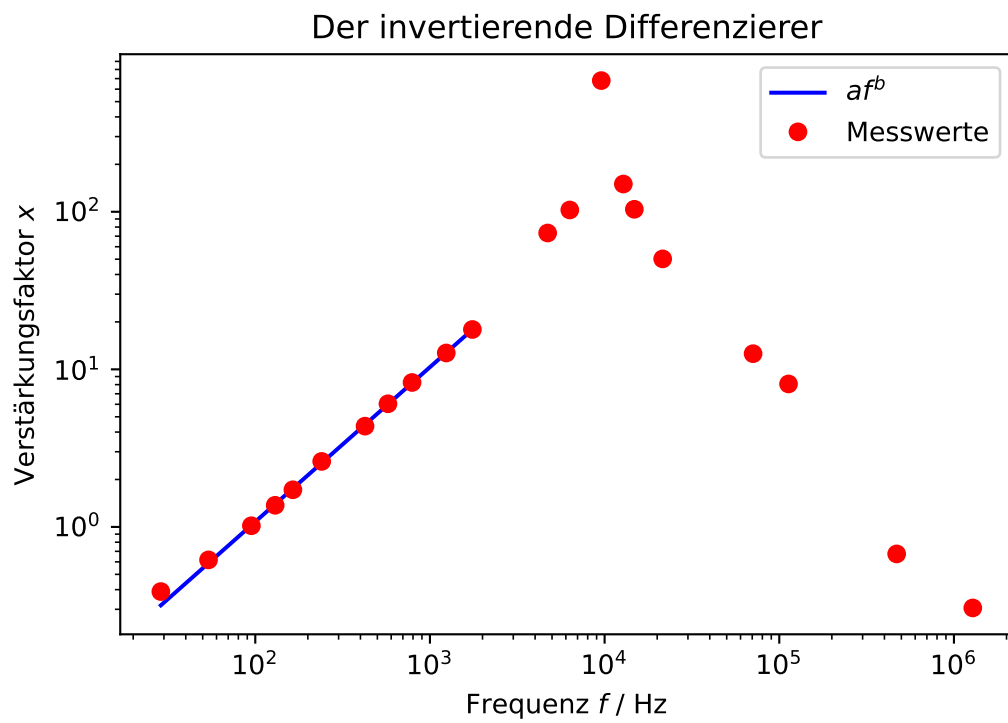


Abbildung 9: Verstärkungskurve des invertierenden Differenzierers nach Eingangsfrequenz.

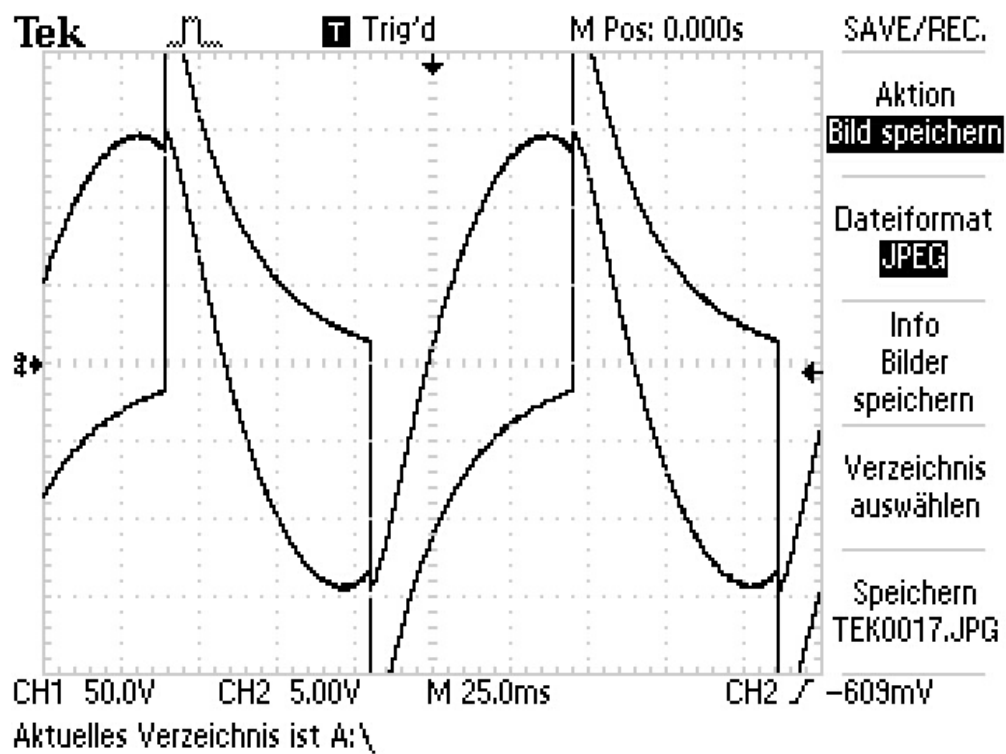


Abbildung 10: Oszilloskopbild des Spannungsverlaufs am invertierenden Schmitttrigger.

6 Diskussion

Dieses Kapitel befasst sich mit der Diskussion der im Abschnitt 5 erhaltenen Ergebnisse. In Gleichung 5.1 liegen die Steigungen der an die Plateaus angepassten Funktionen bei Null oder werden von ihrem eigenen Fehler betragsmäßig um ein Vielfaches übertroffen. Dies entspricht absolut der theoretischen Erwartung.

Mögliche Fehler können durch schlechte Messwerte des Oszilloskops erklärt werden. Das Oszilloskop misst die Spannung immer von der untersten zur obersten Signalspitze. Diese Spannungen liegen oft weit oberhalb der theoretisch messbaren Werte welche durch die Einganspannung beschränkt sind. Sie sind vermutlich auf die interne Schaltung des Operationsverstärkers zurückzuführen und würden in einem zum Beispiel durch ein Niederohmiges Messgeräten belasteten Stromkreis vermutlich nicht auftreten. Zudem kann es schwierig sein das exakte Maximum eines Signals zu finden um den zeitlichen Abstand zu einem anderen Maximum zu bestimmen. Das kann zu Fehlern in der Phasenverschiebung führen. Zudem waren die Ausgangssignale des Operationsverstärkers oft mit einem hochfrequenten Rauschen überlagert was bei der exakten Vermessung der Signale zu Problemen führt.