



Hardwarepraktikum 2019

2. Versuch – Operationsverstärker

Vorname:	
Nachname:	
Matrikel-Nr.:	
Studiengang:	
Datum:	

Unterschrift:

Aufgabe:	1	2	3	4	5	Total
Punkte (max):	11	17	7	11	7	53
Punkte:						

Lernziele

In diesem Versuch wiederholen und festigen Sie die in der Vorlesung vermittelten Inhalte zum Thema Operationsverstärker. Die einzelnen Teilaufgaben behandeln verschiedene Anwendungsformen des Operationsverstärkers. Ihr erworbenes Wissen werden Sie in der letzten Aufgabe durch die selbstständige Entwicklung einer Schaltungen anwenden.

Versuchsvorbereitung

Die Vorbereitung des Versuchs zu Hause ist essentiell, um diesen zu bestehen. Um den Versuch zügig durchführen zu können, sollten Sie sich wie folgt vorbereiten:

- Informieren Sie sich über die Funktionsweise von Operationsverstärkern. Wie sehen Schaltbilder und statische Kennlinie des Operationsverstärkers aus?
- Bereiten Sie die Durchführung des Versuchs durch Studium der Aufgaben vor. Beantworten Sie die Fragen aus Aufgabe 1 (Grundlagen). Führen Sie *alle* Berechnungen und Entwürfe von Schaltungen, welche ohne Messwerte möglich sind, durch.

Hinweise

Schalten Sie die Multimeter aus, wenn Sie diese nicht mehr benutzen.

Achten Sie beim Ausfüllen des Protokolls darauf, dass Sie immer die entsprechenden Einheiten dazu schreiben. Zahlenwerte ohne Einheit werden nicht gewertet. Das gilt auch für die Beschriftung von Achsen bei Diagrammen und für die Beschriftung von Bauelementen in Schaltungen.

Die Erstellung des Protokolls ist mit wissenschaftlicher Sorgfalt durchzuführen. Die Entwicklung von Schaltfunktionen, die Ausarbeitung von Begründungen sowie die **Zeichnung von Schaltungen und Diagrammen** müssen mit einem **dokumentenechten Stift** in leserlicher Form erfolgen. Zusätzlich müssen Zeichnungen und Schaltungen mit **Lineal** angefertigt werden. Sollten Sie sich verzeichnet haben oder mehr Platz benötigen, kann ein zusätzliches Blatt angefragt werden. Machen Sie an die entsprechende Aufgabe ein Vermerk im Protokoll. Protokolle, welche diese Anforderungen nicht erfüllen, werden als ungenügend und somit nicht bestanden bewertet. Bitte beachten Sie, dass die Farbe rot der Korrektur der Protokolle vorbehalten ist und damit nicht im Protokoll verwendet werden darf.

In einigen Aufgaben ist die Unterschrift des Betreuers nötig. Lassen Sie bis dahin das Analog-Board ausgeschaltet. Der Betreuer wird sich Ihren Schaltungsaufbau anschauen und auf Korrektheit überprüfen. Gegebenenfalls müssen Sie Ihre Schaltung berichtigen. Warten Sie also auf die Unterschrift des Betreuers, bevor sie mit der Versuchsdurchführung fortfahren. Die Unterschrift des Betreuers geht in die Bewertung des Protokolls mit ein.

In einigen Aufgaben ist die Unterschrift des Betreuers nötig. Der Betreuer wird sich Ihren Schaltungsaufbau anschauen und auf Korrektheit überprüfen. Gegebenenfalls müssen Sie Ihre Schaltung berichtigen. Warten Sie also auf die Unterschrift des Betreuers, bevor sie mit der Versuchsdurchführung fortfahren. Die Unterschrift des Betreuers geht in die Bewertung des Protokolls mit ein.

1. Grundlagen

1. Was sind die wesentlichen Eigenschaften eines idealen Operationsverstärkers?

2. Welche davon abweichenden Eigenschaften hat ein realer Operationsverstärker?

3. Nennen Sie vier Anwendungen die mit einem Operationsverstärker realisiert werden können?

4. Beschreiben Sie, weshalb bei gegengekoppelten Operationsverstärker-Schaltungen von einer "virtuellen Masse" gesprochen wird!

5. Welche Funktionalität stellt ein Impedanzwandler bereit? In welchen Einsatzfeldern wird diese Funktionalität genutzt?

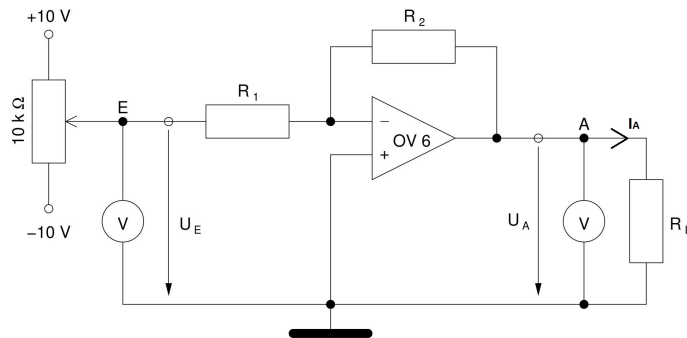
6. Was sind die Eigenschaften einer idealen Spannungsquelle? Begründen Sie, warum diese Eigenschaften ideal sind!

7. Wie lässt sich der Innenwiderstand (R_i) einer belasteten Spannungsquelle (U_q) in Abhängigkeit der Last (R_L und U_L) berechnen? Fertigen Sie das entsprechende Ersatzschaltbild an und leiten Sie die Formel zur Berechnung von R_i her!

2. Invertierender Verstärker

2a). Ausgangsspannung am invertierenden Verstärker

1. Bauen Sie auf dem Analog-Board die dargestellte Schaltung eines invertierenden Verstärkers auf. Verwenden Sie folgende Widerstände: $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ bzw. $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$ und $R_L = 1 \text{ k}\Omega$.



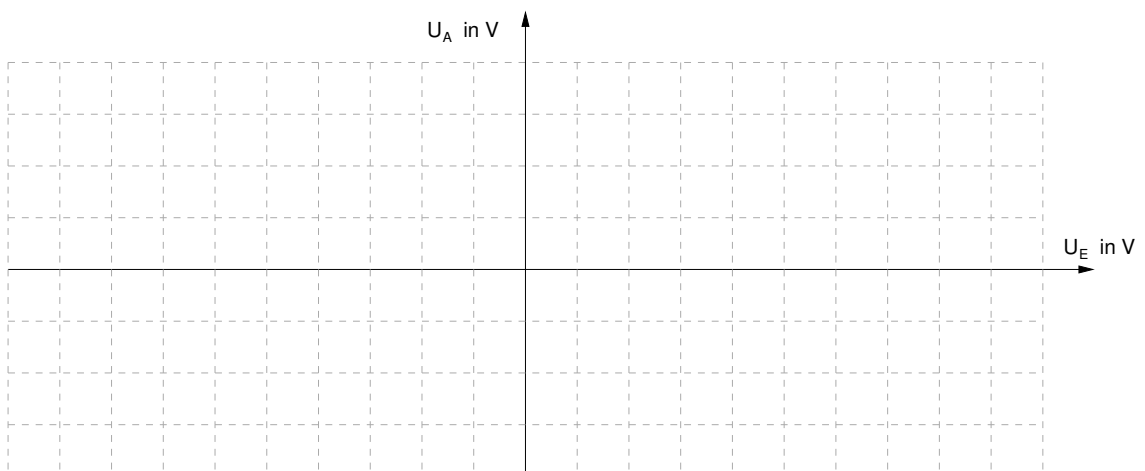
2. Lassen Sie die Schaltung von einem Betreuer abnehmen bevor Sie das Analog-Board einschalten.

Abnahme durch Betreuer

3. Messen Sie die Ausgangsspannung $U_A = f(U_E)$ für beide Schaltungen mit den Multimetern!

	U_E/V	-10	-5	-1,5	-1	-0,5	0	0,5	1	1,5	5	10
$R_2 = 10 \text{ k}\Omega$	U_A/V											
$R_2 = 100 \text{ k}\Omega$	U_A/V											

4. Stellen Sie die Messwerte in einem gemeinsamen Diagramm dar.



5. Berechnen Sie den Verstärkungsfaktor des Verstärkers für beide Schaltungen.

$$R_2 = 10 \text{ k}\Omega \quad V_{K\text{berechnet}} = \quad R_2 = 100 \text{ k}\Omega \quad V_{K\text{berechnet}} =$$

Lösungsweg:

6. Vergleichen Sie, inwieweit die errechneten Verstärkungsfaktoren mit den realen Verstärkungen (vgl. Kennlinie) überein stimmen. Interpretieren und begründen Sie das Ergebnis.

2b). Ausgangsstrom am invertierenden Verstärker

7. Bestimmen Sie den Innenwiderstand der Board-Spannungsquelle. Trennen Sie dazu den Eingang des invertierenden Verstärkers mit $|V_k| = 1$ vom Potentiometerabgriff und stellen Sie das Potentiometer auf $U_q = 5\text{ V}$ ein. Verbinden Sie nun den Eingang des Verstärkers wieder mit dem Abgriff des Potentiometers.

Messen Sie die Eingangsspannung U_E , und berechnen Sie den Innenwiderstand der Spannungsquelle R_i .

$$|V_K| = 1 \quad U_q = 5\text{ V}$$

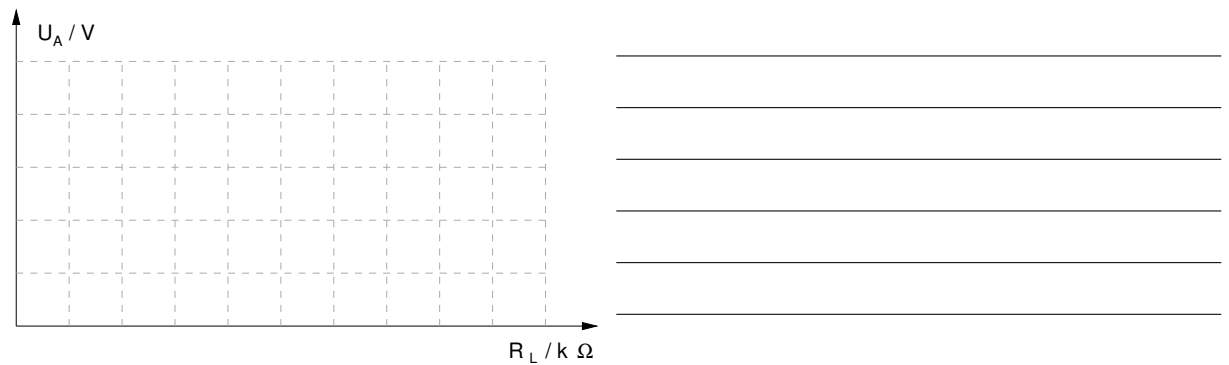
$$R_1 = \quad U_E = \quad R_i =$$

Berechnung:

8. Nehmen Sie die Kennlinie $U_A = f(R_L)$ für $U_E = -8\text{ V}$, $R_1 = 10\text{ k}\Omega$ und $|V_K| = 1$ auf. Interpretieren Sie die Messwerte. Lassen Sie, bevor Sie messen, die Schaltung von einem Betreuer überprüfen.

Abnahme durch Betreuer

$R_L/\text{k}\Omega$	1	0,6	0,4	0,3	0,1
U_A/V					

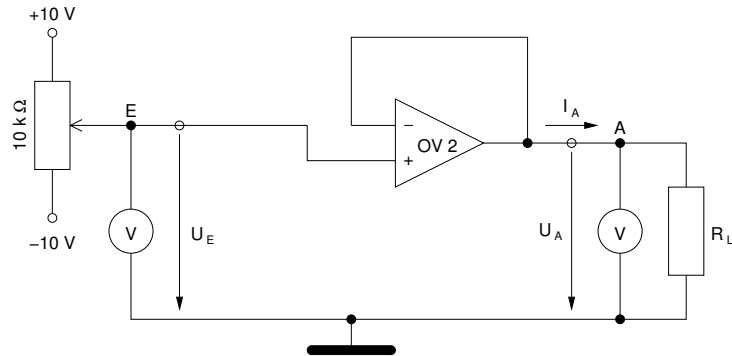


9. Berechnen Sie anhand der Messwerte den maximal zulässigen Ausgangsstrom für den noch $|V_K| = 1$ gewährleistet ist.

Berechnung:

3. Impedanzwandler

1. Bauen Sie auf dem Analog-Board die dargestellte Schaltung eines Impedanzwandlers auf. Verwenden Sie $10\text{ k}\Omega$ als Lastwiderstand. Lassen Sie das Analog-Board ausgeschaltet bis ein Betreuer die Schaltung abgenommen hat.



Abnahme durch Betreuer

2. Messen Sie Ausgangsspannung für die vorgegebenen Werte der Eingangsspannung und bestimmen Sie die Verstärkung der Schaltung.

U_E/V	-10	-5	0	5	10
U_A/V					

3. Bestimmen Sie den Verstärkungsfaktor!

$$V_K =$$

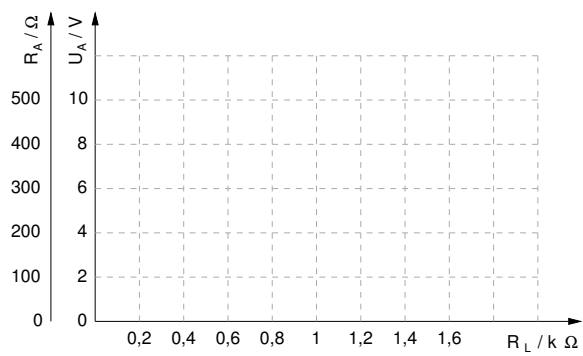
4. Der Ausgangswiderstandes R_A eines Impedanzwandlers kann wie folgt berechnet werden:

$$R_A = \frac{U_E - U_A}{U_A} R_L$$

Nehmen Sie die Kennlinie $U_A = f(R_L)$ auf. Dabei sei $U_E = 10\text{ V}$ und $R_L = 0,1\text{ k}\Omega \dots 2\text{ k}\Omega$. Berechnen Sie außerdem den Ausgangswiderstand R_A des Impedanzwandlers.

$R_L/\text{k}\Omega$	0,1	0,3	0,4	0,6	1	2
U_A/V						
R_A/Ω						

5. Tragen Sie die gemessenen Werte für U_A und R_A in das Diagramm ein, und interpretieren Sie kurz das Ergebnis unter Berücksichtigung der erwarteten Verstärkung der Schaltung.



4. Digital-Analog-Wandler

In digitalen Systemen werden Informationen zeitdiskret und wertdiskret dargestellt. Das heißt, dass sich ein Datum an festen Zeitpunkten ändern und hierbei eine endliche Zahl an Werten annehmen kann.

Das Gegenstück hierzu sind analoge Informationen, welche zeit- und wertkontinuierlich sind. Analog bedeutet, dass sich eine Information zu jedem Zeitpunkt ändern, und innerhalb ihres Wertebereichs jeden beliebigen Wert annehmen kann.

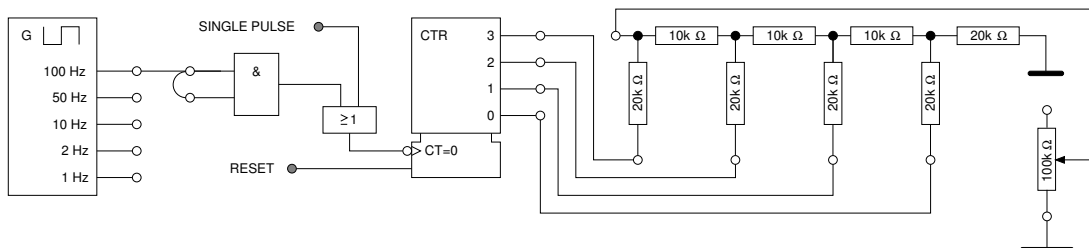
Sollen Informationen aus einem digitalen System an ein analoges System propagiert werden, so müssen diese vorher in ein kontinuierliches Signal überführt werden. Diese Aufgabe übernehmen Digital-Analog-Wandler, welche u.a. durch R-2R-Netzwerke realisiert werden.

1. Entwerfen Sie ein reduziertes Ersatzschaltbild für die Beschaltung des auf dem Analog-Board befindlichen R-2R-Netzwerks mit der Binärkombination 1000_2 . Vereinfachen Sie die Schaltung so weit wie möglich. Berechnen Sie weiterhin den Gesamtwiderstand des Netzwerks in diesem Fall.

_____ V_{CC} Berechnung:



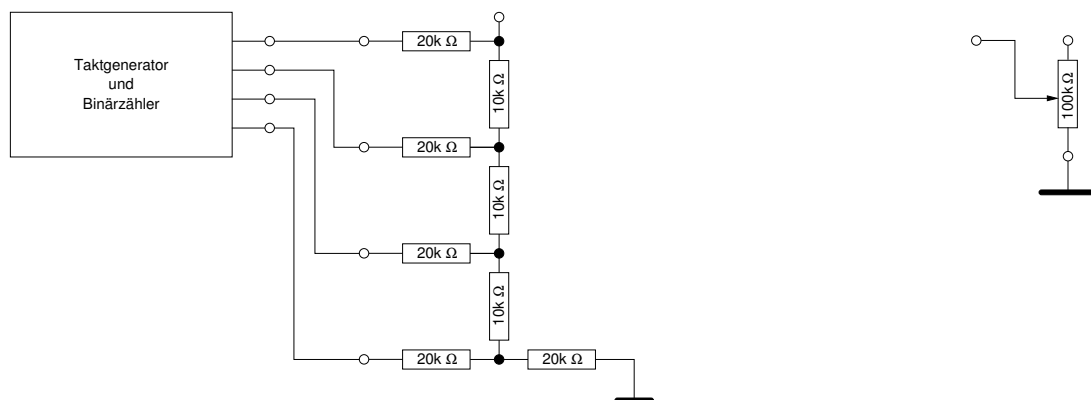
2. Steuern Sie den Binärzähler mit dem 100 Hz-Ausgang des Taktgenerators auf dem Analog-Board an. Verbinden Sie die Ausgänge des Zählers mit dem R-2R-Widerstandsnetzwerk, und bilden Sie das am Ausgang entstehende Signal auf dem Oszilloskop ab.
3. Beschalten Sie den Ausgang des Netzwerks nun mit verschiedenen Lastwiderständen. Verwenden Sie hierfür einen regelbaren Widerstand mit $R = 100 \text{ k}\Omega$, und variieren Sie dessen Widerstand im gesamten Wertebereich.



Abnahme durch Betreuer

4. Beschreiben und begründen Sie die Wirkung des Lastwiderstandes auf das Ausgangssignal des Zählers.

5. Ergänzen Sie die Schaltung so, dass der Lastwiderstand keinen Einfluss auf die Ausgangsspannung hat. Das Signal soll dabei weder verstärkt noch invertiert werden.



6. Beschalten Sie den Ausgang des Verstärkers nun mit einem regelbaren Lastwiderstand mit $R = 100\text{ k}\Omega$. Beschreiben und begründen Sie auch hier den Einfluss der Last auf das Signal.

7. Wieso ist ein R-2R-Netzwerk für die Realisierung von großen Datentypen fehleranfällig? Warum wird es trotzdem genutzt? Begründen Sie ihre Antwort mit jeweils zwei Vor- und Nachteilen!

5. Anwendung von Operationsverstärkern

1. Entwerfen Sie eine Schaltung mit der es möglich ist einen Offset von -10 V bis $+10\text{ V}$ auf ein Signal zu addieren sowie dieses Signal im Bereich $|V_K| = 1 \dots 10$ zu verstärken. Nutzen Sie den 50 Hz -Ausgang des Taktgenerators vom Analog-Board zur Erzeugung des Signals. Stellen Sie sicher, dass das Ausgangssignal im Vergleich zum vom Taktgenerator erzeugten Signal, nicht invertiert ist.

Schaltung:

2. Bauen Sie die von Ihnen entworfene Schaltung auf dem Analog-Board auf. Lassen Sie die Schaltung von einem Betreuer abnehmen. Korrigieren Sie eventuelle Fehler in Entwurf oder Aufbau.

Abnahme durch Betreuer

3. Welchen Einfluss haben die regelbaren Bauelemente auf die Schaltung?

4. Ihre Schaltung soll bei einem simplen Funktionsgenerator eingesetzt werden. Wie würden Sie die regelbaren Bauelemente am Funktionsgenerator beschriften?
