

Der Operationsverstärker
Anwendung in analogen Rechenschaltungen

Studiengang: _____

Datum: _____

Set: _____ Platz: _____

Teilnehmer: _____

Zielstellung

- Anwendungsbeispiele für den Einsatz von Operationsverstärkern als Addierer und Subtrahierer
- Entwurf und Dimensionierung entsprechender Schaltungen
- Bestimmung der Eigenschaften des Integrators mit realen Operationsverstärkern
- Kennenlernen der Eigenschaften eines 'realen' Differenzierers

1. Begriffe und Formelzeichen

Addierer, Subtrahierer, Integrierer, Differenzierer, Durchtrittsfrequenz, Frequenzgang

2. Versuchsvorbereitung

2.1. Wiederholen Sie den Vorlesungsabschnitt "Operationsverstärker", insbesondere die als Thema genannten Abschnitte. Machen Sie sich mit den in Punkt 1. genannten Begriffen vertraut. Wiederholen Sie die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Begriffen.

2.2. Dimensionieren Sie die Schaltung des invertierenden Addierers nach Bild 2 (Bauelemente mit Normwerten) für folgende Bedingungen:

- Verstärkung für Spannung U_{e1} : -2
- Verstärkung für Spannung U_{e2} : -10
- maximale / minimale Ausgangsspannung: $U_a = \pm 9 \text{ V}$
- $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$.

Welchen Bereich darf eine Gleichspannung U_{e1} nicht überschreiten, wenn U_{e2} eine sinusförmige Spannung von $0,4 \text{ V}_{\text{eff}}$ ($f \approx 1 \text{ kHz}$) ist und der Ausgangsspannungsbereich nicht überschritten werden darf. Stellen Sie die Ausgangsspannung für den Maximalwert von U_{e1} maßstäblich als Zeitfunktion dar.

2.3. Entsprechend Bild 1 wird mit einer Open-Kollektorschaltung eine Glühlampe betrieben.

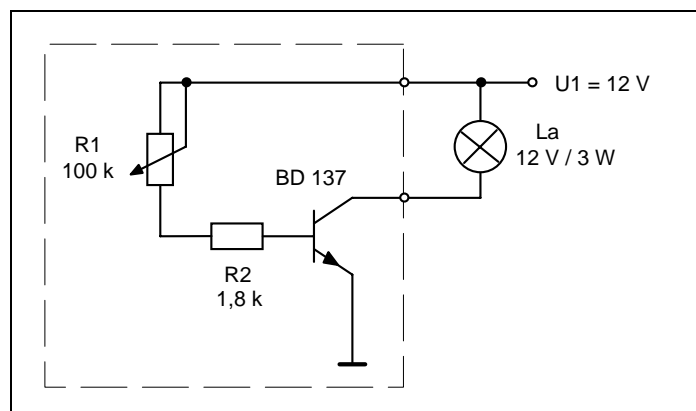


Bild 1: Lampensteuerung

Entwerfen Sie eine Schaltung, die eine dem Lampenstrom proportionale Ausgangsspannung mit dem Übertragungsfaktor 20 V/A liefert und unter Verwendung der vorhandenen Bauelemente (siehe Seite 4) einen möglichst geringen Einfluß auf die Schaltung hat. Dabei dürfen innerhalb des markierten Bereiches keine Schaltungsänderungen vorgenommen werden.

- 2.4. Stellen Sie qualitativ in einfachlogarithmischer Darstellung den Amplituden- und Phasengang des invertierenden Integrierers und invertierenden Differenzierers dar. Berechnen Sie die Durchtrittsfrequenzen für die Schaltungen nach Bild 3 und Bild 4. Kennzeichnen Sie in der qualitativen Darstellung des Amplitudenganges, wie sich die Durchtrittsfrequenz grafisch ermitteln läßt.
- 2.5. Leiten Sie die Form der Ausgangsspannung und die Phasenverschiebung eines invertierenden Integrierers und eines invertierenden Differenzierers für folgende Eingangsspannungen her:
- sinusförmige Spannung
 - dreieckförmige Spannung
 - rechteckförmige Spannung.

Betrachten Sie dabei stetige Teilbereiche der Eingangsfunktion und führen Sie für diese die Differenzierung bzw. die Integration durch. Skizzieren Sie zeitgleich die Ein- und Ausgangsspannung.

3. Versuchsdurchführung und -auswertung

3.1. Anwendung des OV als Addierer

Übertragen Sie die in Punkt 2.2. berechneten Widerstandswerte in die Schaltung im Bild 2. Ergänzen Sie die Schaltung durch einen Spannungsteiler, mit dem die Spannung U_{e1} aus den Betriebsspannungen U_1 und U_2 gewonnen wird und in dem berechneten Bereich einstellbar ist. Verwenden Sie die vorhandenen Bauelemente. Als Spannungsquelle für U_{e2} nutzen Sie einen Funktionsgenerator. Bauen Sie die Schaltung auf.

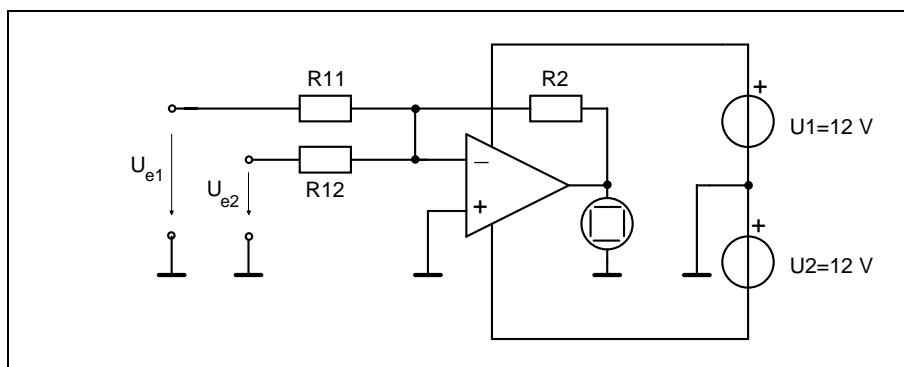


Bild 2: Addierschaltung

Stellen Sie die berechneten bzw. angegebenen Spannungswerte für U_{e1} und U_{e2} ein und überzeugen Sie sich von der Richtigkeit Ihrer Berechnungen. Stellen Sie etwa zwei Perioden der Ausgangsspannung bei der in Punkt 2.2 bestimmten maximalen Eingangsspannung U_{e1} am Oszilloskop dar und plotten Sie die Darstellung. Beachten Sie, daß Sie die Bezugslinien der Kurven richtig einstellen. Kennzeichnen Sie in der geplotteten Darstellung die einzelnen Anteile der Ausgangsspannung.

Beschreiben Sie den Verlauf der Ausgangsspannung, wenn Sie den berechneten Bereich für U_{e1} überschreiten. Welche minimalen und maximalen Werte für U_{e1} sind noch zulässig, damit der sinusförmige Verlauf der Ausgangsspannung erhalten bleibt? Notieren und begründen Sie die Werte.

3.2. Anwendungsbeispiel Strommessung

Bauen Sie die im Punkt 2.3. entworfene Meßschaltung auf. Nehmen Sie Meßwerte für die Funktion $U_a=f(I_{La})$ auf. Stellen Sie die Funktion in einem geeigneten Koordinatensystem dar und zeigen Sie daran, daß die Schaltung die Vorgaben erfüllt.

3.3. Integrierer

Bauen Sie die Schaltung nach Bild 3 auf. Kontrollieren Sie bei $f=100\text{ Hz}$ die sinusförmige Form der Ausgangsspannung und korrigieren Sie eventuell die Offsetspannung. Bestimmen Sie den Amplituden- und Phasengang des Integrierers im Bereich $100\text{ Hz} \leq f \leq 50\text{ kHz}$. Tragen Sie die Meßwerte zum Amplitudengang möglichst in das Diagramm aus dem Versuch "Amplituden- und Phasenfrequenzgang des OV" ein und beschreiben Sie den Verlauf des Phasenganges.

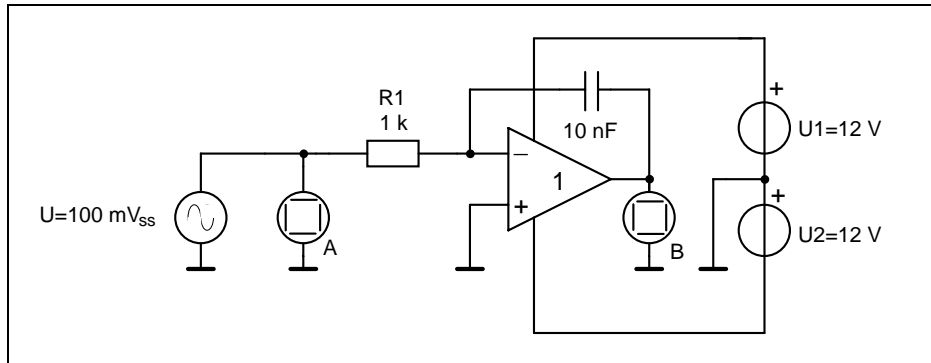


Bild 3: Meßschaltung zur Ermittlung von Amplituden- und Phasengang

Vergleichen Sie die gemessenen Werte mit der Darstellung aus Punkt 2.4. Begründen Sie Unterschiede in den Kurvenverläufen. Ermitteln Sie aus dem Diagramm die Durchtrittsfrequenz des Integrierers und vergleichen Sie den Wert mit der berechneten Durchtrittsfrequenz.

Untersuchen Sie die Kurvenform der Ausgangsspannung für die in Punkt 2.5. genannten Eingangsspannungen bei $f=200\text{ Hz}$ und $U_e=100\text{ mV}_{ss}$. Vergleichen Sie die Ergebnisse mit den Überlegungen aus Punkt 2.5.

3.4. Differenzierer

Bauen Sie die Schaltung nach Bild 4 zunächst mit $R_2=0\ \Omega$ auf. Bestimmen Sie den Amplituden- und Phasengang des Differenzierers. Tragen Sie die Meßwerte ebenfalls in die Diagramme aus dem Versuch "Amplituden- und Phasenfrequenzgang des OV" ein.

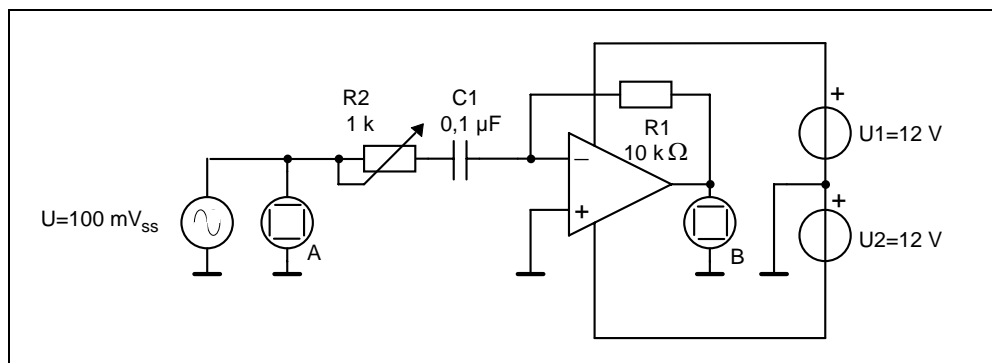


Bild 4: Meßschaltung des Differenzierers

Interpretieren Sie die Meßwerte, auch in Bezug zu den Meßwerten aus dem Versuch 'dynamisches Verhalten von OV'. Bestimmen Sie aus dem Diagramm die Durchtrittsfrequenz des Differenzierers und vergleichen Sie mit dem berechneten Wert der Durchtrittsfrequenz.

Setzen Sie R2 in die Schaltung und schalten Sie den Funktionsgenerator auf dreieckförmige Spannung um. Wählen Sie als Frequenz der Eingangsspannung $f=1$ kHz. Bestimmen Sie den Widerstandswert, der zu einem annähernd idealen Verlauf der Ausgangsspannung führt. Erläutern Sie die Form der Ausgangsspannung, wenn Sie vom ermittelten Widerstandswert zu größeren und kleineren Werten hin abweichen.

Stellen Sie R2 auf den oben ermittelten Wert für den optimalen Spannungsverlauf ein. Ändern Sie das Tastverhältnis der dreieckförmigen Spannung auf 20 %. Stellen Sie die Ein- und Ausgangsspannung am Oszilloskop dar und plotten Sie die Darstellung. Begründen Sie den Verlauf der Ausgangsspannung.

Untersuchen Sie die Kurvenform der Ausgangsspannung für die in Punkt 2.5. genannten Eingangsspannungen bei $f=1$ kHz und $U_e=100$ mV_{ss}. Vergleichen Sie die Ergebnisse mit den Überlegungen aus Punkt 2.5.

4. Aufstellung der vorhandenen Bauelemente

Widerstände, fest [Ω]

10; 51 (2x); 100; 510; 1 k; 1,8 k; 10 k (3x); 20 k (2x); 51 k (3x); 100 k (3x); 220 k; 470 k; 1 M; 10 M

Widerstände, einstellbar [Ω]

1 k; 10 k; 100 k

Potentiometer [Ω]

220; 1 k (2x); 10 k; 100 k

Kondensatoren [F]

2,2 n (2x); 10 n (2x); 47 n (2x); 0,1 μ (2x); 1 μ (2x); 4,7 μ (2x); 220 μ ; 470 μ

Operationsverstärker

μ A 741 (2x);