



## 3. Übung: Operationsverstärker

### Vorbereitung

Die Vorbereitung ist hilfreich um die Übung zu verstehen und soll das grundlegende Verständnis für die Übung darstellen. Teilweise werden auch einige Konzepte aus der Vorlesung vertieft. Wir empfehlen die Durchführung der Vorbereitung besonders, um Lücken im Verständnis durch zusätzliches Material zu beseitigen.

**Hinweis:** Sollten Sie Fragen oder Probleme bei der Durchführung des Übungsmaterials haben oder Verständnisfragen zur Vorlesung, so können Sie diese im Forum des Moodle Übungs Kurses stellen oder in den Sprechstunden. Die Termine der Sprechstunden sind in Moodle zu finden.

1. Lesen Sie in *R. Jaeger, Microelectronic Circuit Design 4th Edition*
  - (a) Kapitel 11: Nonideal Operational Amplifiers And Feedback Amplifier Stability
  - (b) Kapitel 12: Operational Amplifier Applications
    - (a) 12.6 Circuits Using Positive Feedback
    - (b) 12.6.1 The Comparator And Schmitt Trigger
2. Skizzieren Sie das Ersatzmodell des Operationsverstärkers und prägen Sie es sich ein. Berücksichtigen Sie:
  - (a) den differentiellen Eingangswiderstand (differential input resistance)
  - (b) den Ausgangswiderstand (output resistance)
  - (c) die Leerlaufverstärkung (open loop gain) bestehend aus:
    - differentielle Leerlaufverstärkung ( $A$ )
    - Gleichtaktverstärkung ( $A_{CM}$ )
3. Machen Sie sich den Unterschied zwischen idealer Annahme und realer Annahme eines Parameters klar und prägen Sie sich die Eigenschaften eines idealen Operationsverstärkers ein.

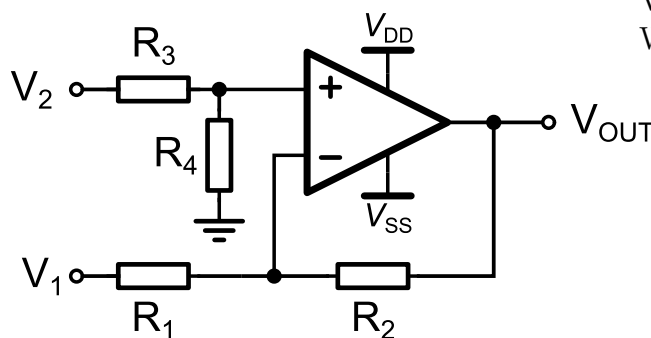


## Tutorium

Das Tutorium behandelt Aufgaben, welche als Vorrechnung verfügbar sind (e.g. Tafelübung oder Videomaterial). Wir empfehlen Ihnen immer die Aufgaben selbständig bereits vorher zu versuchen, ohne die Musterlösung zu verwenden und anschließend sich die Musterlösung / Vorrechnung anzusehen. Nur so können Sie wirklich erkennen, ob Sie Schwierigkeiten bei den Ansätzen oder im Durchführen der Rechnung haben.

**Hinweis:** Alle Spannungen sind auf Ground (GND) referenziert.

### 4. Differenzverstärker



Verwenden Sie für die Simulation folgende Werte:

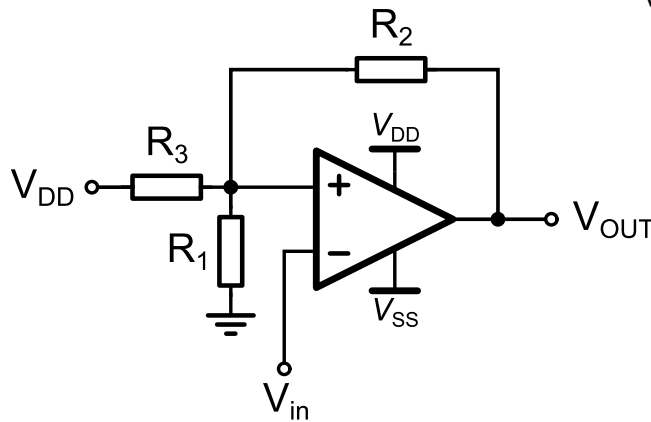
- $R_{1/2/3/4} = 1 \text{ k}\Omega$
- $V_{DD} = 12 \text{ V}$
- $V_{SS} = -12 \text{ V}$
- $V_1 = -3 \text{ V}$  bis  $3 \text{ V}$
- $V_2 = -3 \text{ V}$  bis  $3 \text{ V}$
- OPAMP: z.B. AD823

- Welche Form der Rückkopplung liegt vor und welche Annahmen sind hierdurch in Verbindung mit dem idealen Operationsverstärker möglich?
- Berechnen Sie die Ausgangsspannung  $v_o$  bzw.  $v_{out}$  für einen idealen Operationsverstärker mit unbegrenztem open-loop gain  $A \rightarrow \infty$  mit Hilfe des Superpositionsprinzip. D.h. Teilen Sie die Berechnung in zwei Teile und berechnen  $v_1 = 0 \text{ V} \rightarrow$  nicht invertierender Verstärker und  $v_2 = 0 \text{ V} \rightarrow$  invertierender Verstärker.

**Hinweis:** Beachten Sie, dass GND als 0 Potential definiert ist.

- Berechnen Sie die Ausgangsspannung  $v_o$  für einen idealen Operationsverstärker mit begrenztem open-loop gain  $A$ . Alle **anderen** Parameter seien ideal.
- Berechnen Sie die Eingangswiderstände der Schaltung unter Annahme eines idealen Operationsverstärkers.
- Berechnen Sie den Ausgangswiderstand der Schaltung unter Annahme eines idealen Operationsverstärkers.

## 5. Schmitt-Trigger

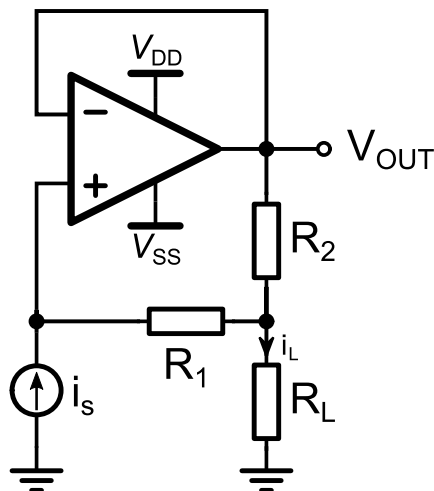


Verwenden Sie folgende Werte:

- $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$
- $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$
- $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$
- $V_{DD} = 5 \text{ V}$
- $V_{SS} = 0 \text{ V}$
- $V_{IN} = 0 \text{ V bis } 5 \text{ V}$
- OPAMP: z.B. AD823 (für Simulation)

- Welche Form der Rückkopplung liegt vor und wie wirkt sich diese auf die Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  aus.
- Was ist eine Hysterese?
- Leiten Sie die Hysterese des Schmitt-Triggers aus der gegebenen Schaltung her und berechnen Sie numerisch die markanten Punkte mit den gegebenen Werten.

## 6. Stromverstärker



Verwenden Sie folgende Werte:

- $R_1 = 30 \Omega$
- $R_2 = 10 \Omega$
- $R_L = 50 \Omega$
- $V_{DD} = 15 \text{ V}$
- $V_{SS} = -15 \text{ V}$
- $I_S = -10 \text{ mA bis } 10 \text{ mA}$
- OPAMP: z.B. AD823 (für Simulation)

- Berechnen Sie den Strom  $I_L$  Symbolisch in Abhängigkeit von  $I_S$ ,  $R_1$  und  $R_2$  für einen idealen Operationsverstärker.
- Berechnen Sie jetzt den Strom numerisch für die angegebenen Werte. Nehmen Sie für den Strom  $I_S$  die Werte  $-10 \text{ mA}$ ,  $0 \text{ mA}$  und  $10 \text{ mA}$ .
- Berechnen Sie den Eingangswiderstand der Schaltung symbolisch und numerisch.
- Berechnen Sie den Ausgangswiderstand der Schaltung.



---

## Nachbereitung

7. Rechnen Sie die in der Übung vorgestellten Aufgaben selbständig nach, wenn Sie die Aufgaben nicht bereits erfolgreich selbst berechnet hatten.
8. Simulieren Sie die in der Übung vorgestellten Aufgaben mit LTSpice (oder einem anderen Simulator Ihrer Wahl). LTSpice ist kostenlos verfügbar von Analog Devices.
9. Schreiben Sie auf, was Sie nicht verstanden haben.
  - (a) Suchen Sie im Kurs-Moodle nach Antworten auf Ihre Fragen.
  - (b) Wenn Sie nicht fündig werden, eröffnen Sie eine neue Diskussion und stellen Ihre Fragen.
  - (c) Festigen Sie Ihr Verständnis, indem Sie anderen helfen.