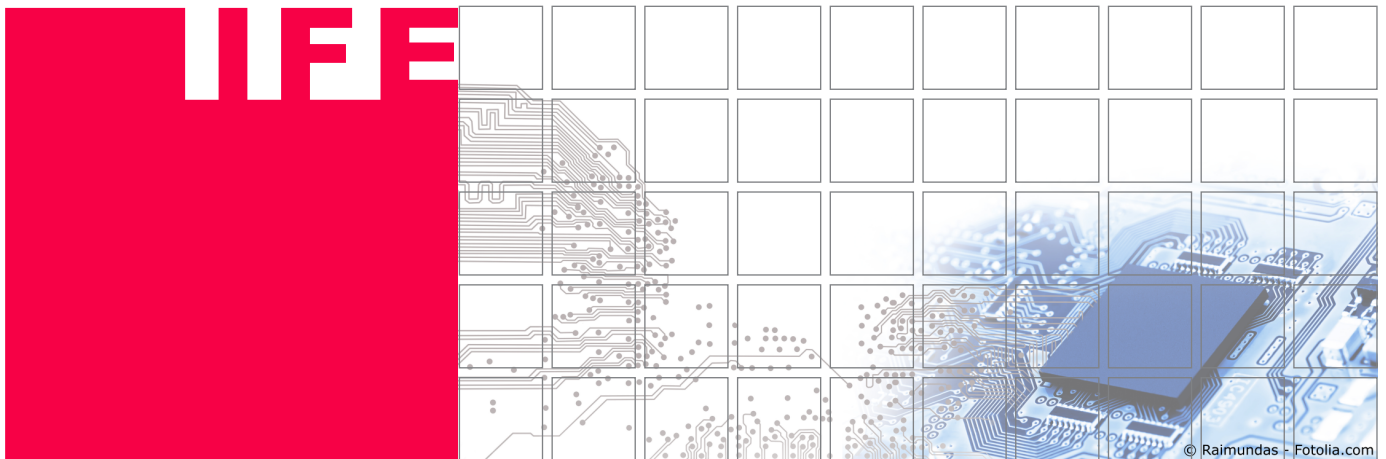




Elektronische Schaltungstechnik Übung

2. Teilklausur - *Probeklausur!*

Name: _____

Matr.Nr.: _____

Januar 2022

1 Negativer Widerstand

Auf der Suche nach interessanten Operationsverstärkerschaltungen sind wir auf [1, Schaltung 10] gestoßen. Dort wird behauptet, dass man mit der Schaltung in Abbildung 1 einen "negativen Widerstand" bauen kann. Der Eingangsstrom solle sich zur Eingangsspannung wie in Equation 1 verhalten.

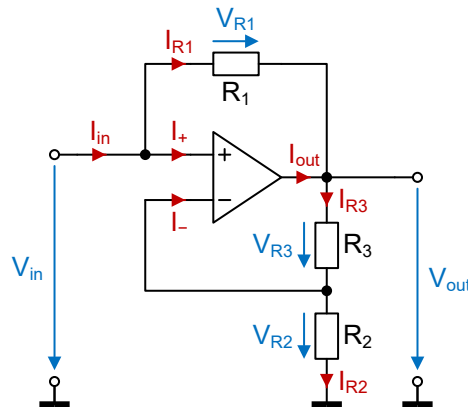


Abbildung 1: Negativer Widerstand.

$$V_{in} = -R_1 \cdot I_{in} \quad (1)$$

Um nachzuvollziehen ob das Ganze überhaupt funktioniert nehmen wir an, dass unser Operationsverstärker folgende (ideale) Eigenschaften besitzt:

- Unendlich hohe Differenzverstärkung $A_{DM} \rightarrow \infty$,
- keine Offsetspannung $V_{offset} = 0 \text{ V}$,
- keine Biasströme $I_+ = I_- = 0 \text{ A}$,
- der Ausgangsstrom I_{out} kann unendlich groß werden,
- unendlich große Ausgangsaussteuergrenzen.

Außerdem vereinfachen wir uns die Schaltung, indem wir $R_2 = R_3 = R$ setzen.

Beantworte die folgenden Fragen im Zuge der Analyse dieser Schaltung:

1a (5 Punkte): Ist der Operationsverstärker in Mit- (positive feedback) oder Gegenkopplung (negative feedback) geschaltet? Begründe wie du zu deiner Schlussfolgerung gekommen bist.

1b (8 Punkte): Leite den Zusammenhang zwischen V_{in} und I_{in} aus Equation 1 her.

1c (12 Punkte): Berechne alle Ströme und Spannungen der Schaltung bei einer Eingangsspannung von $V_{in} = 1 \text{ V}$. Dazu nehmen wir an, dass

Negativer Widerstand

$R_2 = R_3 = R = 1 \text{ k}\Omega$ und $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ betragen. Zur Orientierung sind im Folgenden alle gesuchten Größen aufgelistet:

- | | | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| ☐ V_{in} | ☐ V_{R2} | ☐ I_{out} | ☐ I_{R1} |
| ☐ V_{out} | ☐ V_{R3} | ☐ I_+ | ☐ I_{R2} |
| ☐ V_{R1} | ☐ I_{in} | ☐ I_- | ☐ I_{R3} |

1d (5 Punkte): Nehmen wir nun an, dass der Operationsverstärker eine gewisse Offsetspannung V_{offset} (Vorzeichen unbekannt) hat. Wie sieht dann die Abhängigkeit des Eingangsstromes von der Eingangsspannung $I_{in}(V_{in})$ aus?

2 Astabile Kippstufe

In dieser Teilaufgabe wollen wir eine astabile Kippstufe wie in Abbildung 2 betrachten.

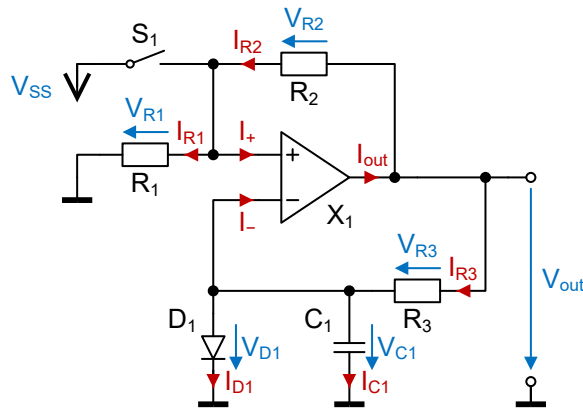


Abbildung 2: Astabile Kippstufe.

Der Operationsverstärker soll als ideal angenommen werden und soll dabei mit $V_{DD} = 5\text{ V}$ und $V_{SS} = -5\text{ V}$ versorgt werden und hat einen rail-to-rail Output (kann bis zu den Versorgungsspannungen angesteuert werden). Die Widerstände sollen mit $R_1 = R_2 = R_3 = 1\text{ k}\Omega$ angenommen werden. Die Kapazität hat einen Wert von $C = 1\text{ }\mu\text{F}$. Die Diode verhält sich ideal und hat in Vorwärtsrichtung einen Spannungsabfall von $V_D = 0.7\text{ V}$.

Beantworte die folgenden Fragen im Zuge der Analyse dieser Schaltung:

2a (2 Punkte): Ist der Operationsverstärker (mit R_1 und R_2 , ohne RC-Netzwerk) in Mit- (positive feedback) oder Gegenkopplung (negative feedback) geschaltet? Begründe wie du zu deiner Schlussfolgerung gekommen bist.

2b (4 Punkte): Welcher der Zustände $V_{out} = 5\text{ V}$ oder $V_{out} = -5\text{ V}$ ist der stabile Zustand bzw. Arbeitspunkt, welchen die Schaltung bei offenem Schalter nicht mehr verlassen kann? Begründe deine Entscheidung.

2c (10 Punkte): Berechne den DC Arbeitspunkt, für den stabilen Arbeitspunkt. Zur Orientierung: Wir suchen folgende Größen:

- | | | | |
|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| ☐ V_{out} | ☐ V_{C1} | ☐ I_- | ☐ I_{D1} |
| ☐ V_{R1} | ☐ V_{D1} | ☐ I_{R1} | ☐ I_{C1} |
| ☐ V_{R2} | ☐ I_{out} | ☐ I_{R2} | |
| ☐ V_{R3} | ☐ I_+ | ☐ I_{R3} | |

2d (3 Punkte): Zum Zeitpunkt $t_0 = 0\text{ s}$ wird der Schalter für eine gewisse kurze Zeit t_c geschlossen. Wie groß sind die Spannungen kurz nach dem Schließen

des Schalters, nachdem der Operationsverstärker bereits auf das neue Eingangssignal reagiert hat, aber noch vor dem Umladen des Kondensators?

Zur Orientierung: Wir suchen folgende Größen:

☐ V_{out}

☐ V_{R2}

☐ V_{C1}

☐ V_{R1}

☐ V_{R3}

☐ V_{D1}

2e (4 Punkte): Wie wird sich der Kondensator umladen? Bitte sowohl qualitativ als Text, als auch quantitativ mit einer Formel $v_c(t)$ beschreiben.

2f (2 Punkte): Welche Bedingung(en) müssen erfüllt sein, dass dieser Umladevorgang in diese Richtung stoppt? Es darf angenommen werden, dass die Zeit t_c wesentlich kleiner als die Umladezeit t_1 ist.

2g (4 Punkte): Berechne die Umladezeit t_1 .

2h (4 Punkte): Nachdem der Operationsverstärker wieder gekippt ist: Berechne die Zeit t_2 , welche der Kondensator benötigt, um wieder zum Anfangspunkt, also dem stabilen Arbeitspunkt zurückzukehren.

2i (5 Punkte): Skizziere die Verläufe der Kondensatorspannung $v_{C,1}(t)$ und der Ausgangsspannung $v_{out}(t)$, vor und nach dem kurzen Umschalten, des Schalters S_1 . Dabei sollten zumindest V_{DD} , V_{SS} und die relevanten Umladegrenzen des Kondensators eingezeichnet sein.

2j (2 Punkte): Wie könnte solch ein idealer Schalter mit elektronischen Bauteilen realisiert werden?

3 Synthese einer Operationsverstärkerschaltung

In dieser Aufgabe wollen wir die folgende mathematische Funktion mit Hilfe einer Schaltung realisieren.

$$y = 4 \cdot x_1 - 2 \cdot x_2 - 3 \cdot x_3 - 5 \cdot x_4 \quad (2)$$

Dabei sollen die Eingangsgrößen x_1, x_2, x_3, x_4 und die Ausgangsgröße Spannungen darstellen. Es stehen dir für die Realisierung folgende Bauteile zur Verfügung:

- Ein (1) idealer Operationsverstärker,
- beliebig viele Dioden,
- beliebig viele Transistoren,
- beliebig viele Widerstände ab $1 \text{ k}\Omega$,
- beliebig viele Kapazitäten bis zu $10 \text{ }\mu\text{F}$,
- beliebig viele Induktivitäten bis 100 nH .

Bearbeite folgende Aufgaben:

- 3a (16 Punkte) Realisiere die gegebene mathematische Funktion, indem du eine passende Schaltung mit den gegebenen Kriterien findest und entsprechend dimensionierst.
- 3b (7 Punkte) Ist die auch Funktion $y = 11 \cdot x_1 - 2 \cdot x_2 - 3 \cdot x_3 - 5 \cdot x_4$ mit den oben genannten Kriterien realisierbar? Begründe warum (nicht)?
- 3c (7 Punkte) Ist die auch Funktion $y = 12 \cdot x_1 - 2 \cdot x_2 - 3 \cdot x_3 - 5 \cdot x_4$ mit den oben genannten Kriterien realisierbar? Begründe warum (nicht)?

Referenzen

- [1] Arrows Electronics Jean Jacques Meneu. *Top 10 Fundamental Op Amp Circuits*. URL: [https : / / www . arrow . com / en / research - and - events/articles/fundamentals-of-op-amp-circuits](https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/fundamentals-of-op-amp-circuits).

Legal Notice

This document is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
This includes all pictures with the exception of the title page and all logos.