



OPERATIONS- VERSTÄRKER

(Abkürzung: OPV)



Gliederung

- Funktion
 - *Gegenkopplung*
 - *Mitkopplung*
- Eigenschaften
 - *Ideal*
 - *Real*
- Anwendungsbeispiele
 - Invertierender Verstärker
 - *Invertierender Addierer*
 - *Integrierer*
 - *Komparator*
 - *Schmitt-Trigger*

Gegenkopplung

- Rückkopplungsnetzwerk am U_{neg} verbunden
- Verhindert Spannungsdifferenz zwischen den Eingängen
- Beschränkt die maximale Verstärkung
- OP-Schaltung kann **stabil** betrieben werden (ohne Schwingungen)

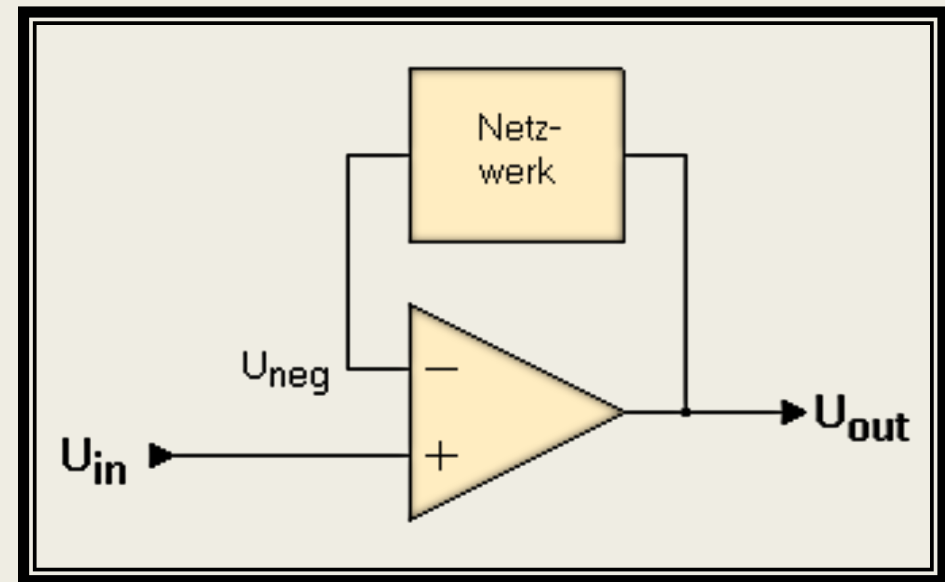


Abb. 1 Gegenkopplung eines OPV¹

Mitkopplung

- Auch genannt positive Rückkopplung
- Teil des Ausgangssignals zurückgeführt an den + Eingang
- Ausgangsspannung erreicht Versorgungsspannung
- Maximale Anstiegsrate bestimmt die Zeit für den Anstieg
- Meistens **instabil**

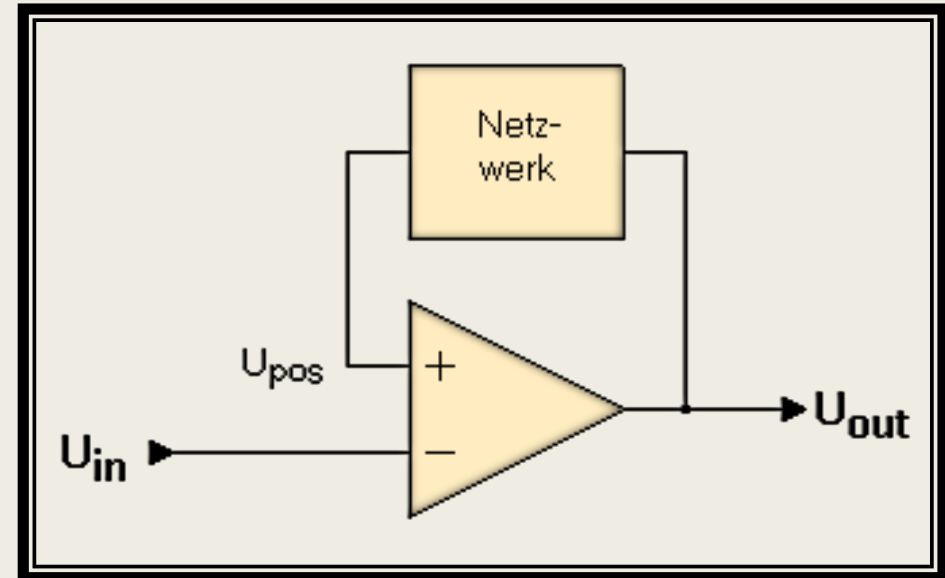


Abb. 2 Mitkopplung eines OPV³

Eigenschaften

Ideal

- Eingangsimpedanz = ∞
- Ausgangsimpedanz = 0
- Maximale Anstiegsrate = ∞
- Leerlaufverstärkung = ∞

Real (Kleinsignal-OPV)

- Eingangswiderstand = 100M Ω
- Ausgangswiderstand = 20 Ω
- Anstiegsrate $\leq 50 \text{ V ns}^{-1}$
- Verstärkung = 10^5 bei 10 Hz
- Verstärkung verringert sich bei höheren Frequenzen

Invertierender Verstärker

- Differenzspannung am Eingang auf null gehalten
- (-) Eingang liegt auf einer virtuellen Masse
- Strom der durch R_1 fließt auch durch R_2
- Spannung fällt ab über R_2
- $U_a = -U_{R_2} = -I \cdot R_2 = -\frac{U_e}{R_1} \cdot R_2$
- $= -\frac{R_2}{R_1} \cdot U_e$

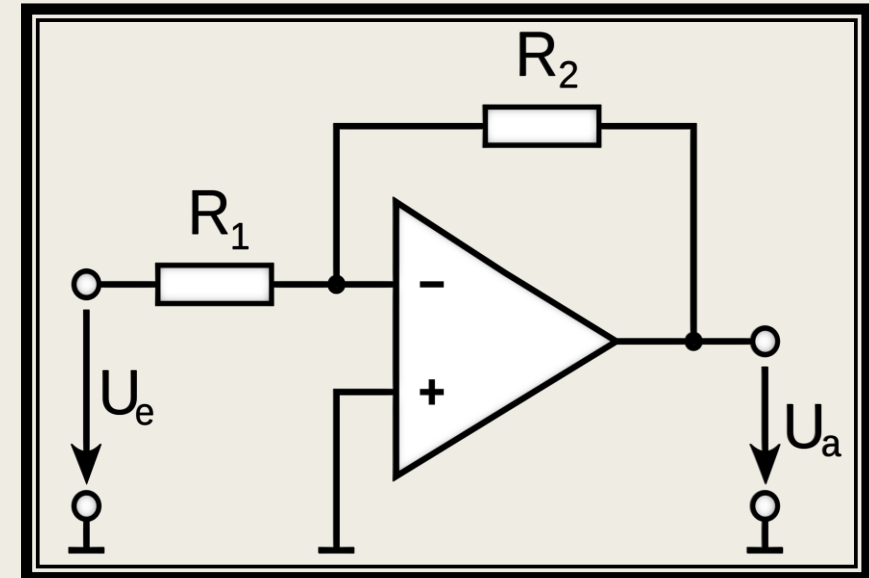


Abb. 3 Invertierender Verstärker²

Invertierender Addierer

- Eingangsspannungen werden aufsummiert und verstärkt
- Beliebige Anzahl von Eingängen
- $$U_a = -R_2 \cdot \left(\frac{U_{e1}}{R_{11}} + \frac{U_{e2}}{R_{12}} + \frac{U_{e3}}{R_{13}} \right)$$

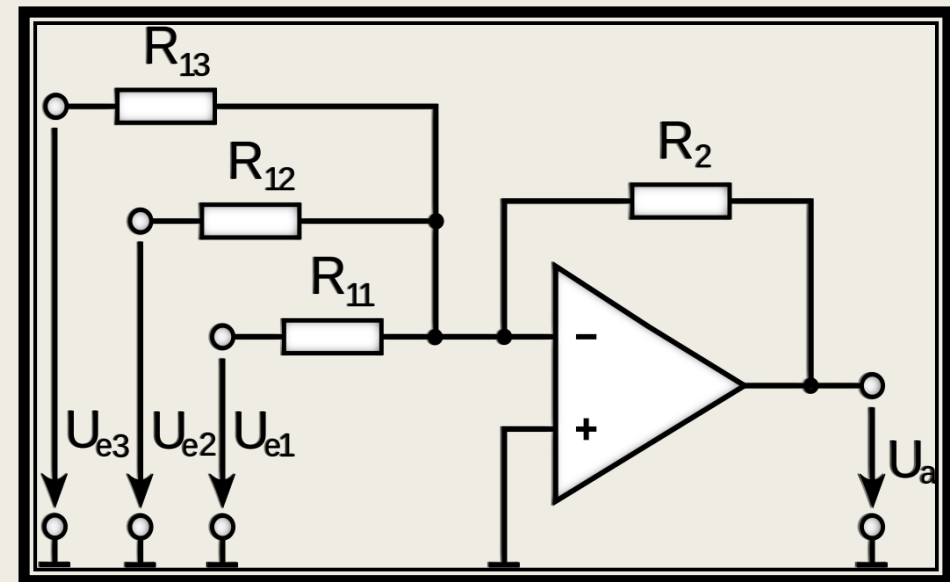


Abb. 4 Invertierender Addierer²

Integrierer

- Frequenzabhängige Gegenkopplung
- Eingangsspannung wird über die Zeit addiert
- „Integration“ über die Zeit
- $U_a = -\frac{1}{R \cdot C} \cdot \int_0^t U_e(t) dt + U_a(0)$
- Ausgangsspannung wird durch die Betriebsspannung begrenzt
- Überträgt schlechter bei höheren Frequenzen

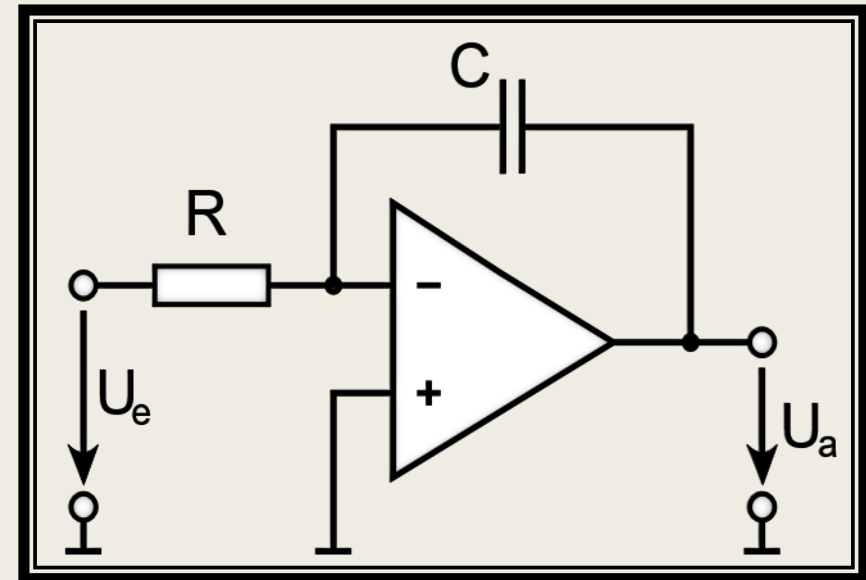


Abb. 5 Integrierer²

Integrierer mit Entladeschalter

- Eingangsspannung $\neq 0$ erzeugt ein steigendes oder fallendes Ausgangssignal
- Ausgangsspannung läuft gegen Betriebsspannung
- Schalter um Kondensator zu entladen
- Integrationsperiode beginnt mit Schalteröffnung

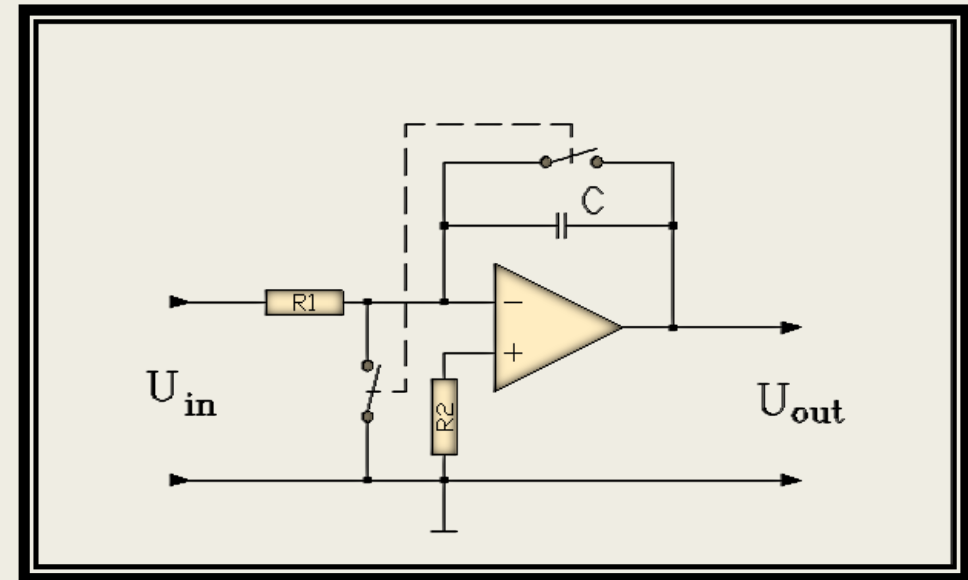


Abb. 6 Integrierer mit Entladeschalter¹

Komparator

- Schaltung die zwei Spannungen vergleicht
- „1-bit ADU“
- Ausgang zeigt an welche Eingangsspannung höher ist

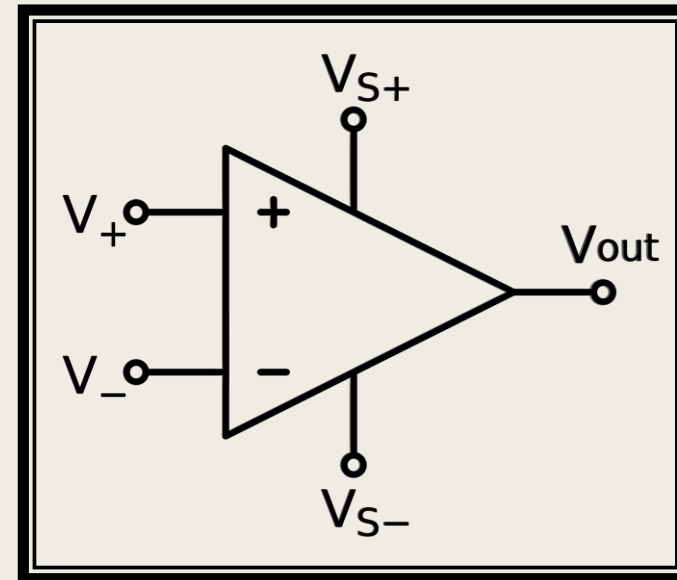


Abb. 7 Komparator²

Schmitt-Trigger

- Analoger Komparator in Mittkopplungsmodus
- Überschreitung/Unterschreitung der Schaltschwelspannung:
- Ausgangsspannung wechselt auf Minimal/Maximalwert (Logisch 0/1)
- U_r : Einstellbare Schwellenwert

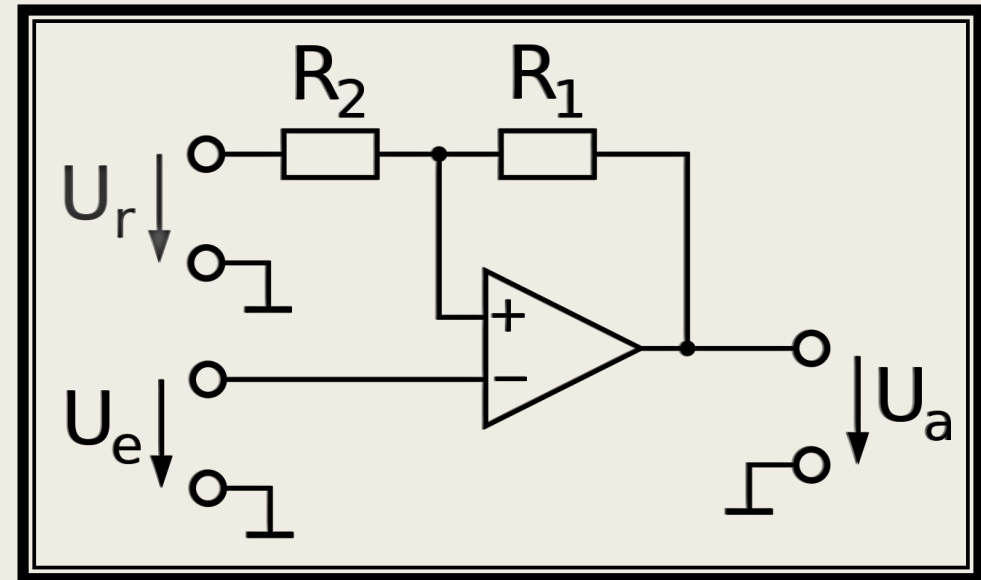


Abb. 8 Invertierender Schmitt-Trigger²

Schmitt-Trigger - Komparator

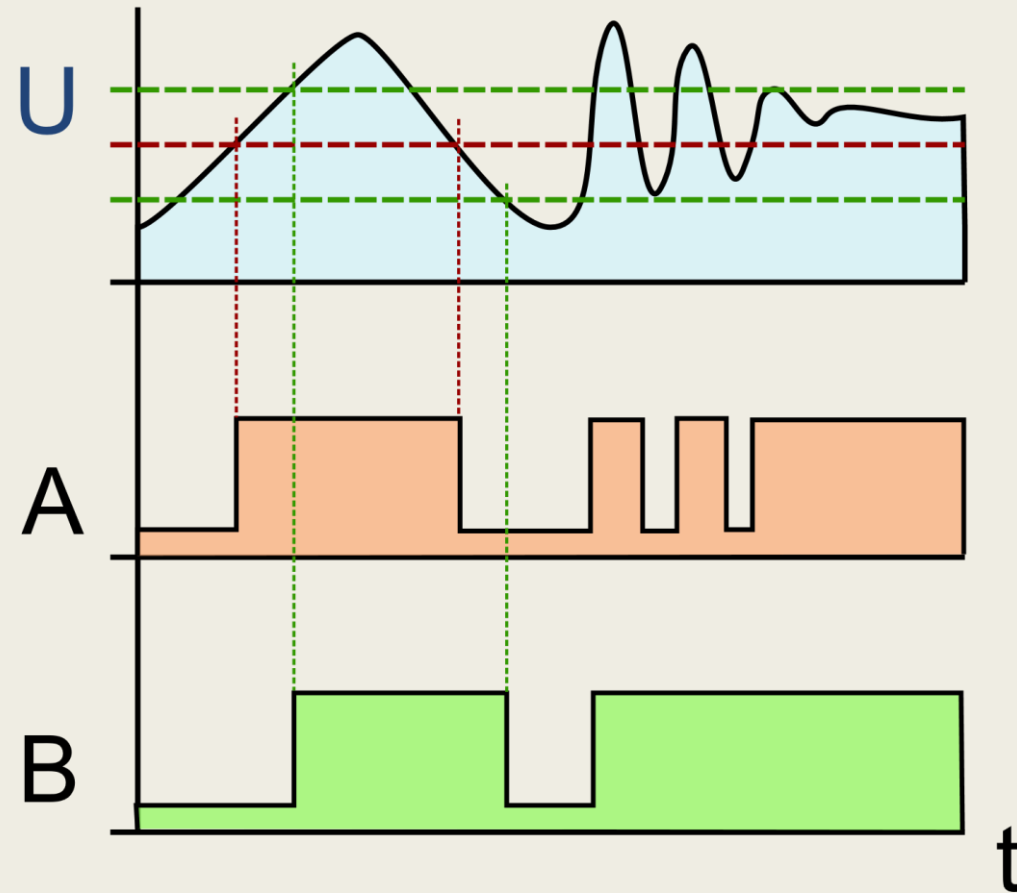


Abb. 8 Vergleich zwischen Komparator und Schmitt-Trigger²

Quellenverweise

■ Bilder

- ¹https://web.archive.org/web/20071116135757/http://www.vias.org:80/mikroelektronik/oa_gegenkopplung.html
- ³https://web.archive.org/web/20071117045642/http://www.vias.org:80/mikroelektronik/oa_mitkopplung.html
- ²<https://de.wikipedia.org/wiki/Operationsverst%C3%A4rker>

■ Informationen

- <https://de.wikipedia.org/wiki/Operationsverst%C3%A4rker>
- <https://web.archive.org/web/20071116135757/http://www.vias.org:80/mikroelektronik/>
- <http://www.elektronik-kompendium.de/public/schaerer/opa1.htm>
- <https://www.mikrocontroller.net/articles/Operationsverst%C3%A4rker-Grundsaltungen>
- <http://rn-wissen.de/wiki/index.php/Operationsverst%C3%A4rker>



Vielen Dank fürs Zuhören