

OPV Grundsaltungen

Von Philipp Scholze

Gliederung

1) Einleitung

1) Allgemeine Funktion eines OPVs

2) Idealer und realer OPV

3) Schaltsymbol und Kennlinie

2) Betriebsarten

3) Zusammenfassung

4) Quellen

Gliederung

1) Einleitung

2) Betriebsarten

1) Ohne Rückkopplung

2) Gegenkopplung

3) Mitkopplung

3) Zusammenfassung

4) Quellen

1) Einleitung

1.1) Allgemeine Funktion eines OPV

Was ist ein OPV und wie funktioniert er?

- Ist ein mehrstufiger Gleichspannungsverstärker
- Hat invertierenden (-) und nichtinvertierenden (+) Eingang
- Weist extrem hohe Verstärkung auf

1.1) Allgemeine Funktion eines OPV

Unterschied zu normalen Verstärker:

Die **äußere Beschaltung** bestimmt
die Eigenschaften des OPVs!

1.2) Idealer und realer OPV

Eigenschaft	Idealer OPV	Realer OPV
Verstärkung	unendlich	10^4 bis 10^5
Eingangswiderstand	unendlich	M Ω bis G Ω
Ausgangswiderstand	0	$\leq 200\Omega$

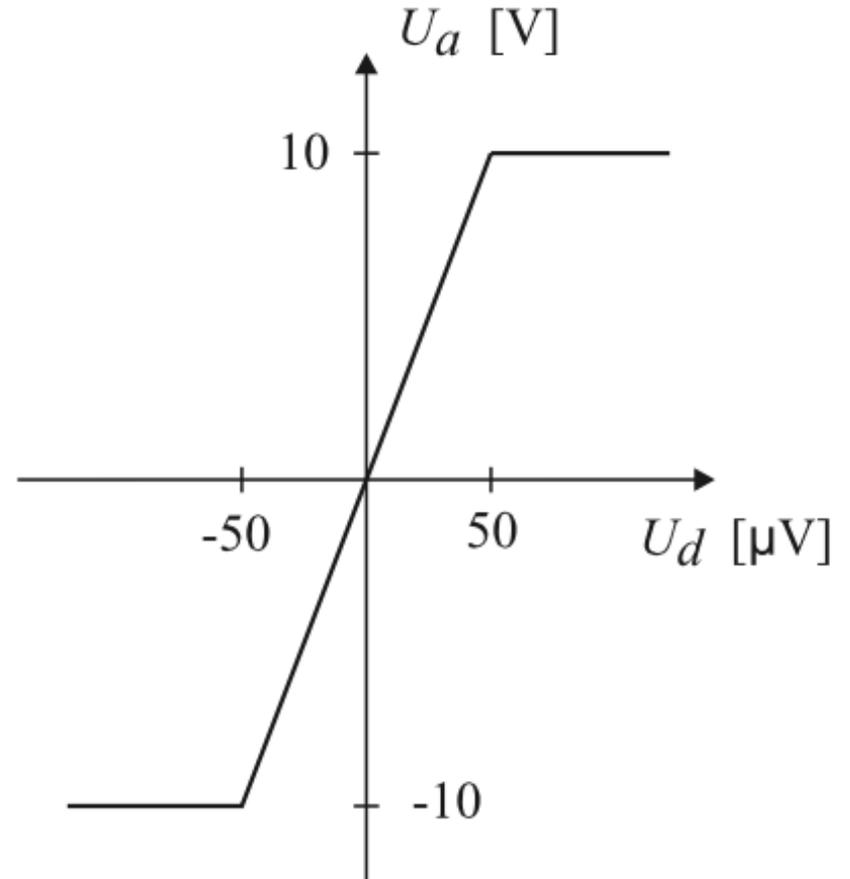
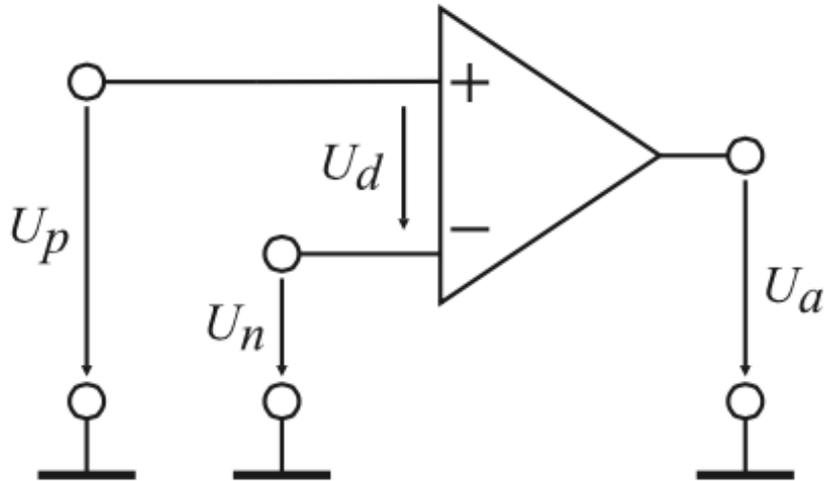
1.2) Idealer und realer OPV

Weitere Eigenschaften sind:

- Frequenzverhalten
- Aussteuerbereich
- Temperaturabhängigkeit

1.3) Schaltsymbol und Kennlinie

$$U_a = V \cdot U_d = V \cdot (U_p - U_n)$$

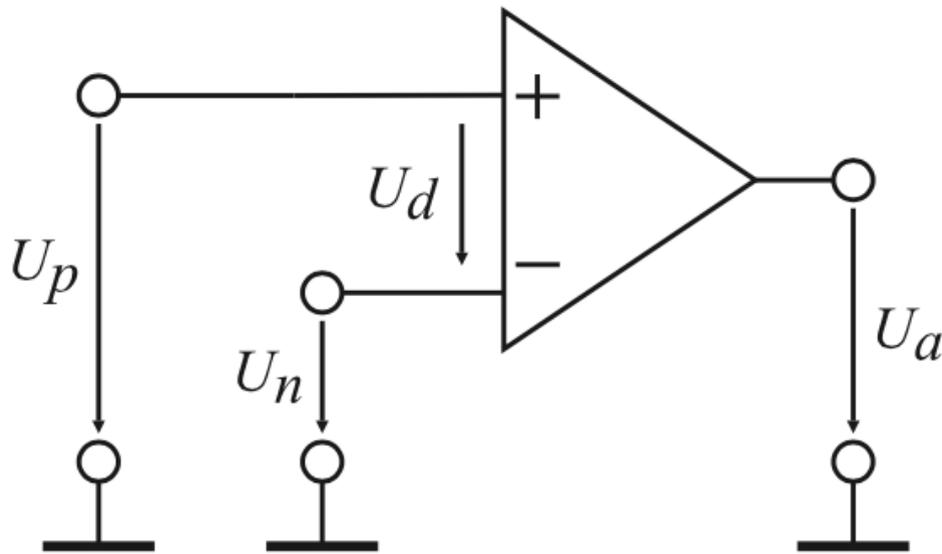


2) Betriebsarten

2.1) Ohne Rückkopplung

- Ist die einfachste äußere Beschaltung
 - Eingangsspannungen sind direkt an OPV-Eingängen angeschlossen
- **Komparator**

2.1) Ohne Rückkopplung



Komparator:

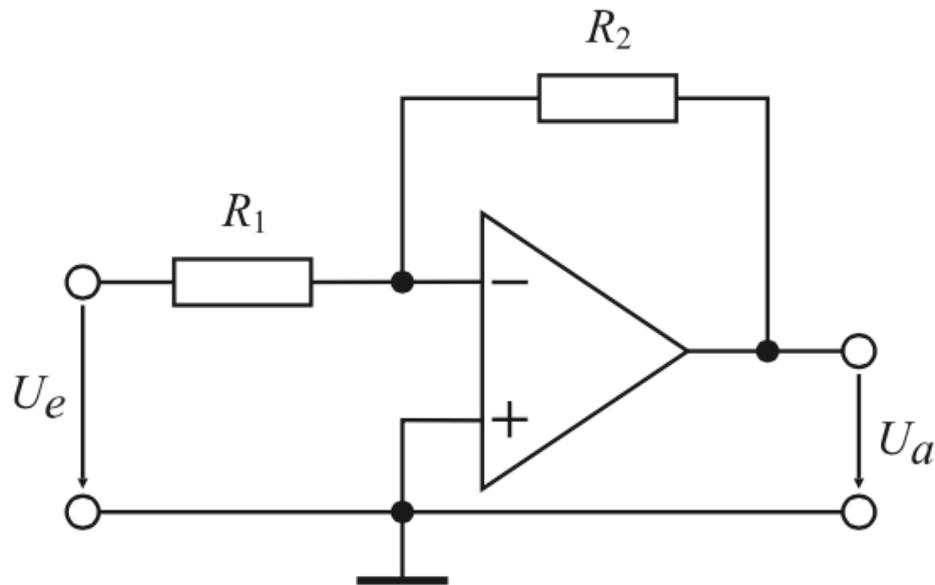
- Vergleicht Eingangsspannung mit Referenzspannung
- Wird Referenzspannung überschritten, kippt der OPV in *positive* **oder** *negative* Aussteuergrenze
- Liefert ein binäres Ausgangssignal

2.2) Gegenkopplung

Allgemein:

- Gegenkopplung ist **negative** Rückkopplung
- Ausgangssignal wirkt dem Eingangssignal entgegen
- Fehler können kompensiert werden (Nichtlinearitäten, Bauteiltoleranzen)
- Äußere Beschaltung bestimmt Eigenschaften der Schaltung
- **Nachteile:** max. Verstärkung kleiner, Instabilität

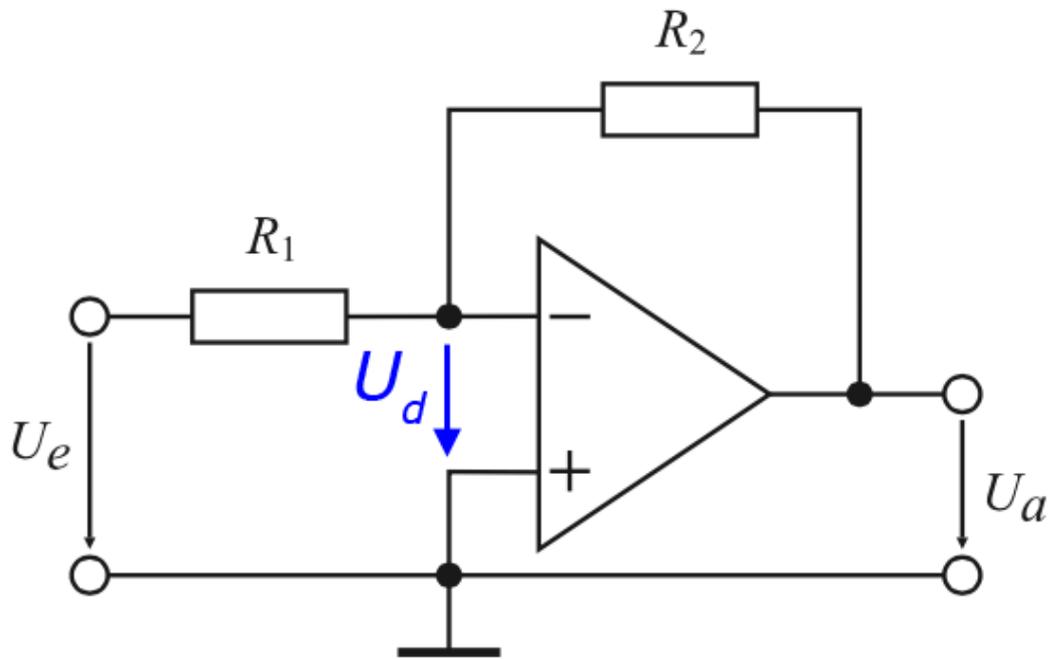
2.2) Gegenkopplung



Invertierender Verstärker

- Positive Eingangsspannung liefert negativen Ausgang
- Ausgangssignal wird über R_2 auf den Input zurückgeführt
- Eingang wird abgeschwächt

Invertierender Verstärker

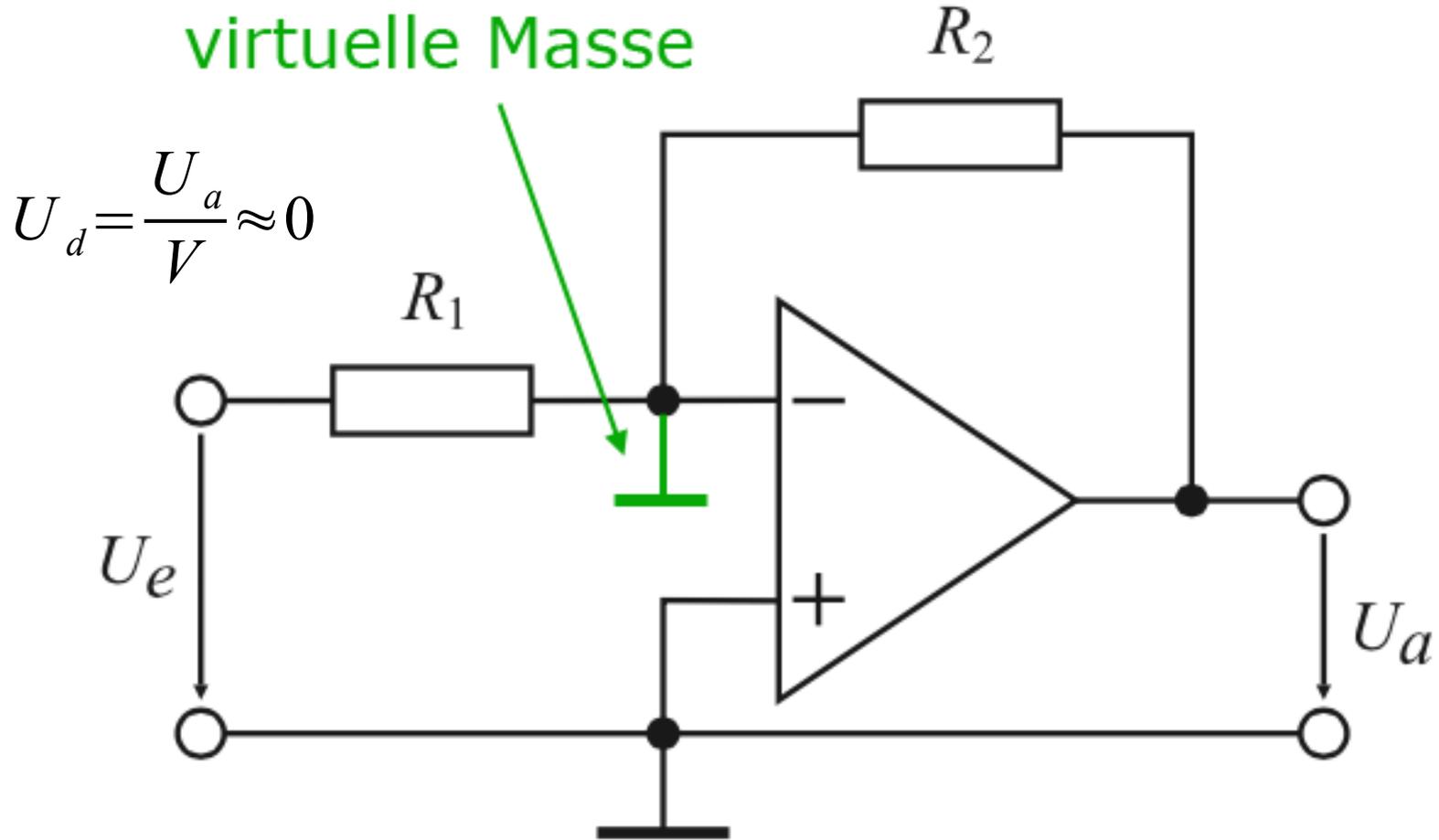


$$U_a = V \cdot U_d$$

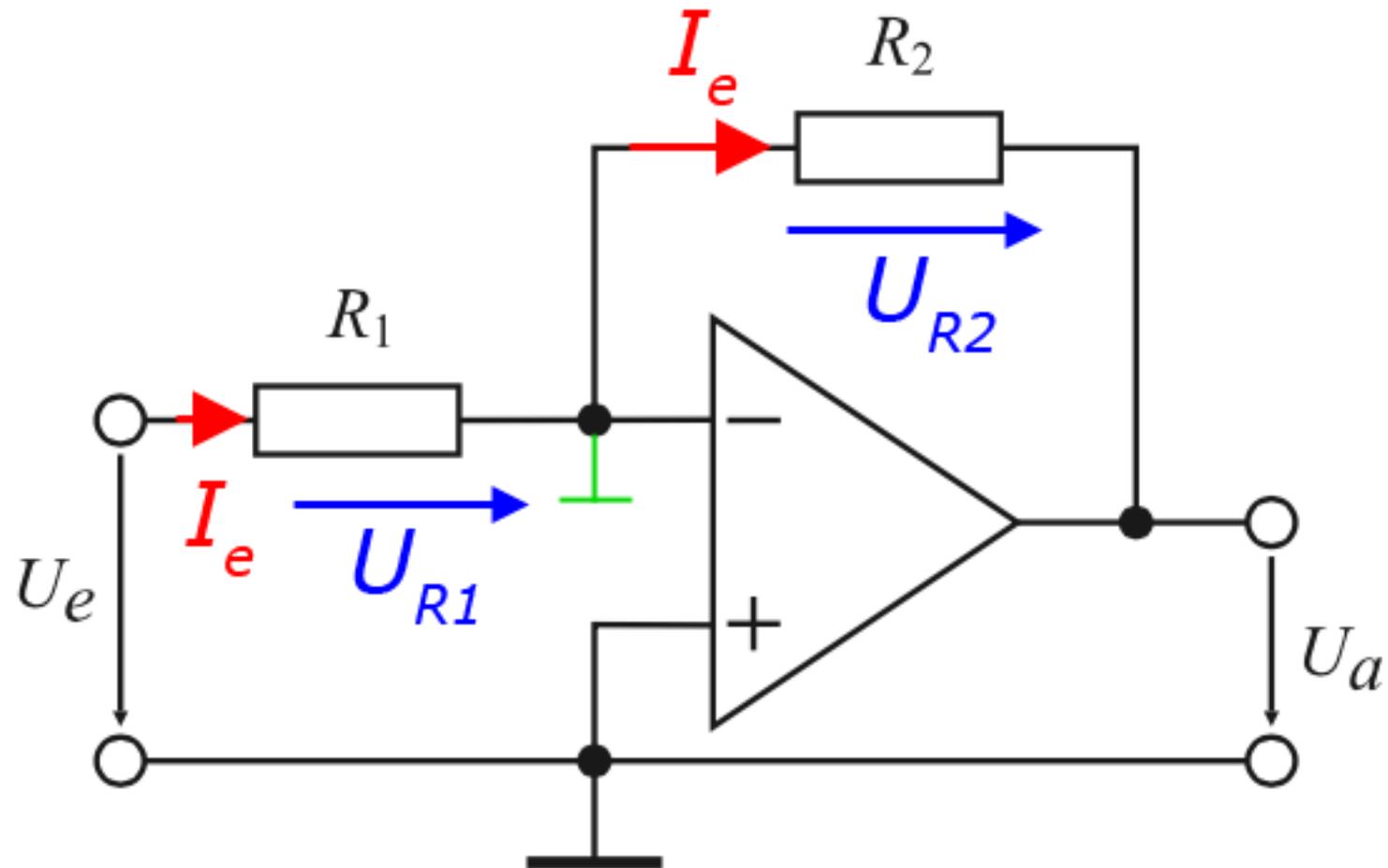
$$U_d = \frac{U_a}{V} \approx 0$$

Differenzspannung U_d
wird annähernd Null,
da $V \rightarrow \infty$

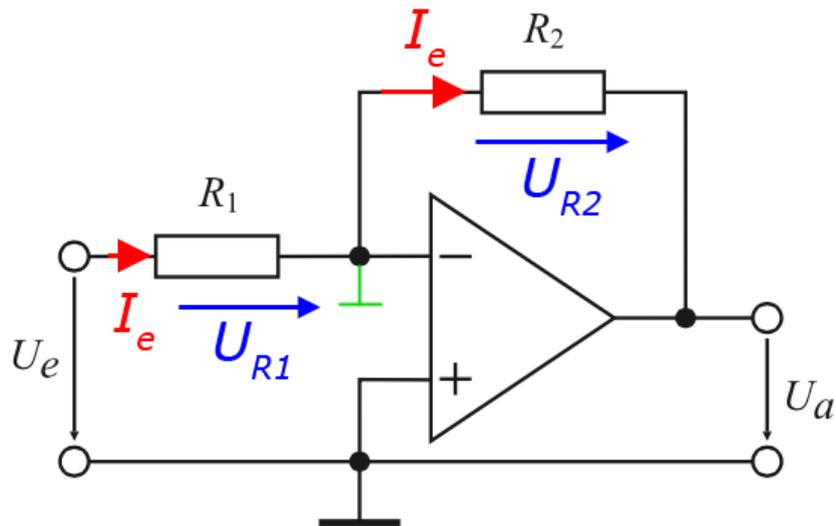
Invertierender Verstärker



Berechnung der Verstärkung V



Berechnung der Verstärkung V



- Unendlich hoher Eingangswiderstand
- I_e fließt durch R_1 und R_2
- **Virt. Masse:** $U_e = U_{R1} = R_1 \cdot I_e$
- Nach I_e umstellen

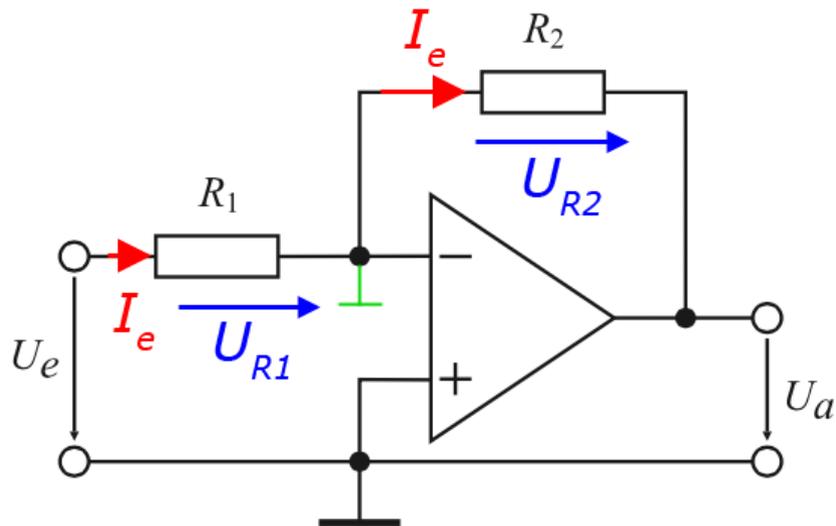
$$U_2 = U_{R2} = R_2 \cdot I_e = \frac{R_2}{R_1} \cdot U_e$$

$$U_a = -U_2 = -\left(\frac{R_2}{R_1}\right) \cdot U_e$$

Berechnung der Verstärkung V

$$U_a = -\left(\frac{R_2}{R_1}\right) \cdot U_e$$

- Gesucht ist die Verstärkung V



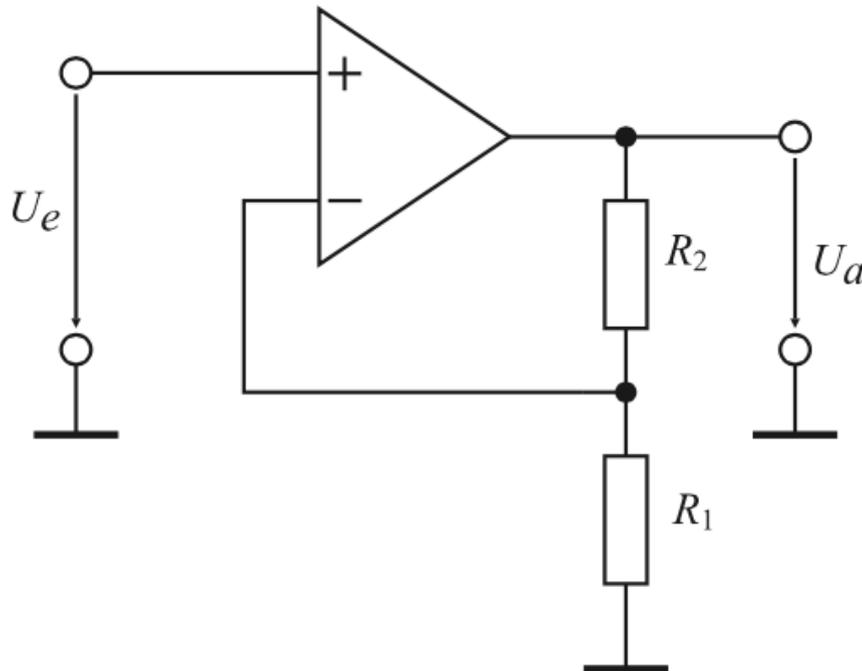
$$V = \frac{U_a}{U_e} = -\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$$

- V nur vom Widerstandsverhältnis abhängig!

2.2) Gegenkopplung

Weitere wichtige Verstärkerschaltung

- Nichtinvertierender Verstärker

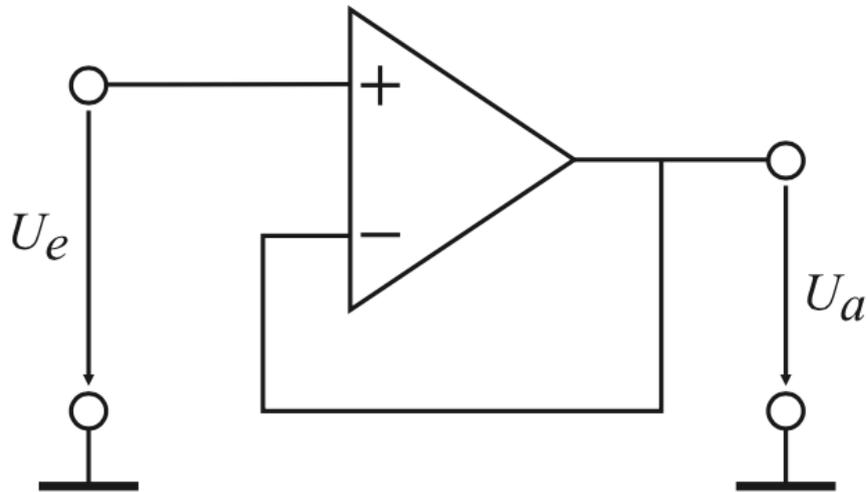


$$V = \frac{U_a}{U_e} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

2.2) Gegenkopplung

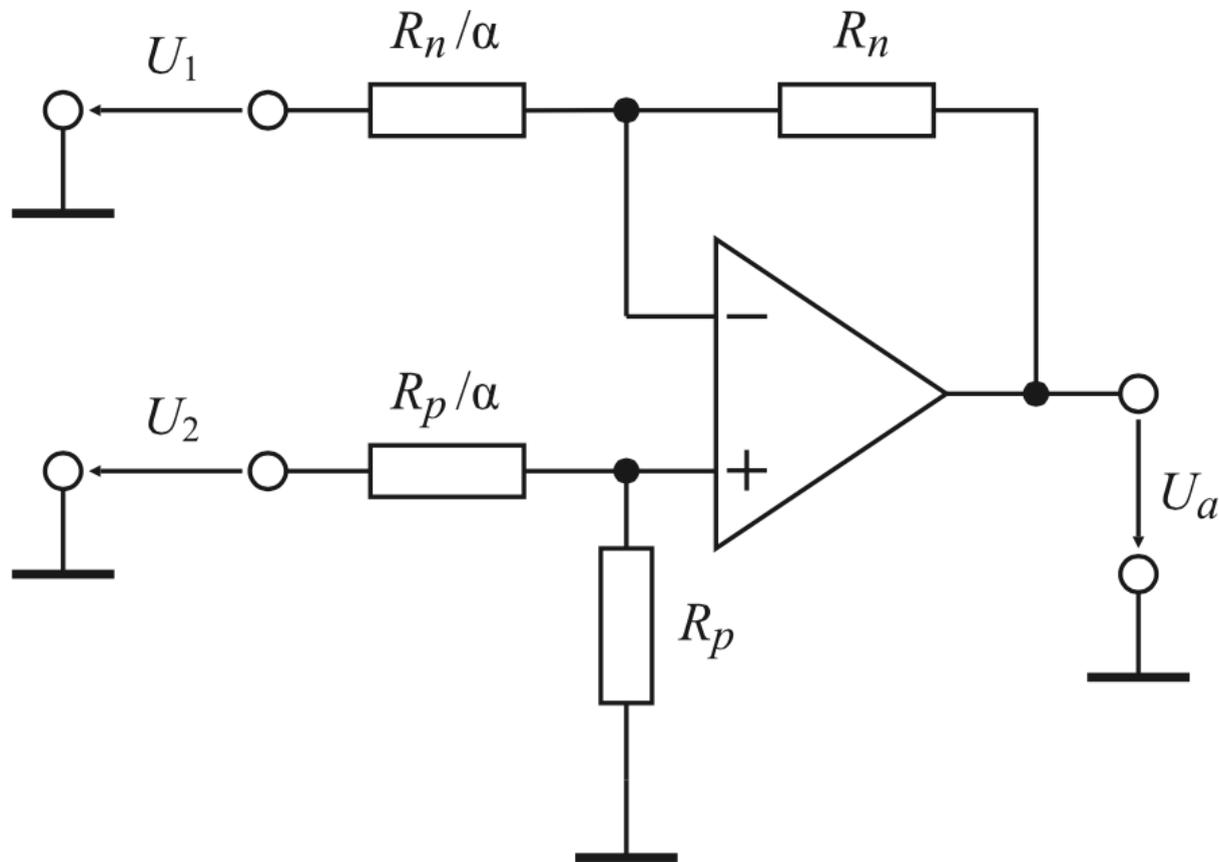
Spannungsfolger:

- Spezialfall vom nichtinvertierenden Verstärker
- Verstärkung ist $V = 1$
- Ausgangsspannung folgt der Eingangsspannung



$$U_a = U_e$$

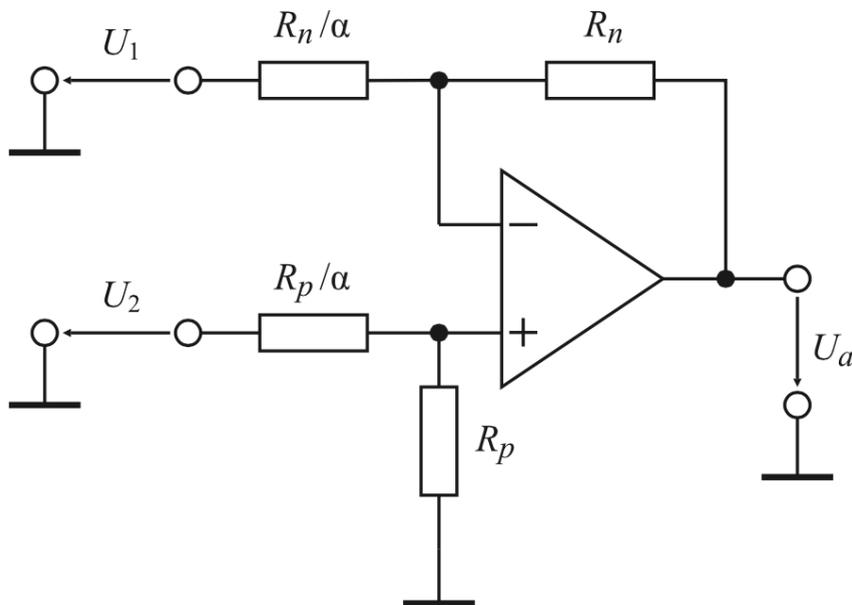
Subtrahierer / Differenzverstärker



2.2) Gegenkopplung

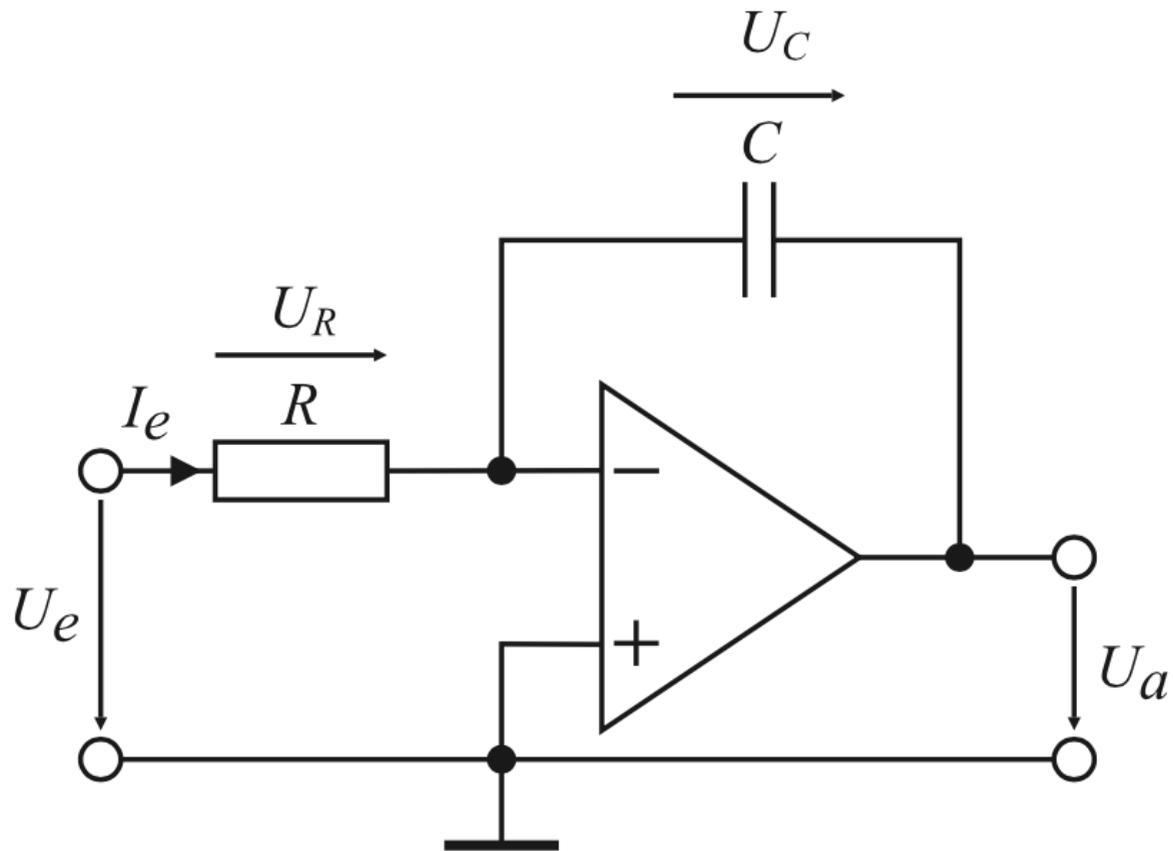
Subtrahierer:

- Ist eine Rechenschaltung
- Differenz zwischen U_1 und U_2 wird am Ausgang verstärkt
- Mit Faktor α skaliert



$$U_a = \alpha \cdot (U_2 - U_1)$$

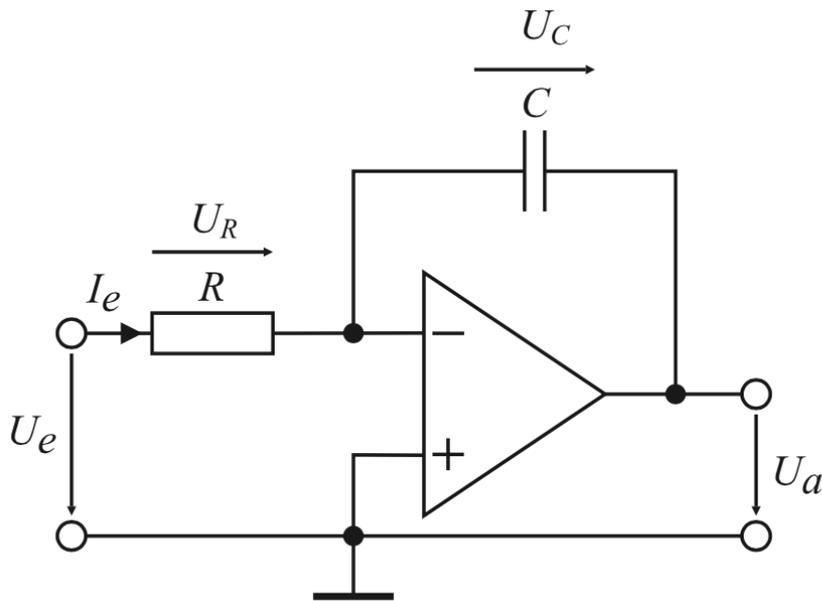
Integrator



2.2) Gegenkopplung

Integrator:

- Ausgang wird nicht über Widerstand, sondern über Kondensator zurückgeführt
- Strom am Kondensator

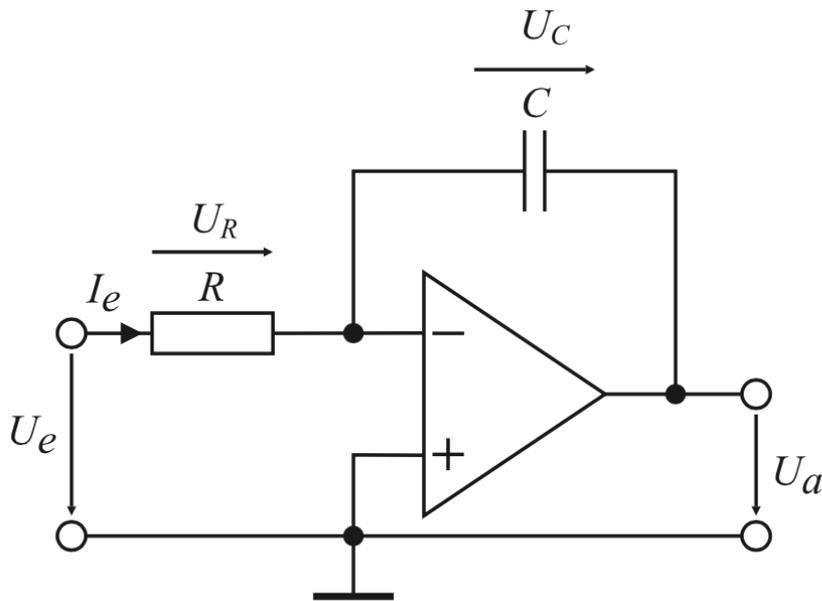


$$I_C = C \frac{dU_C}{dt}$$

2.2) Gegenkopplung

Integrator:

- Ausgangsspannung ist die zeitlich integrierte Eingangsspannung



$$U_a = \frac{-1}{RC} \cdot \int_0^t U_e dt$$

- Integrator ist Tiefpass

2.2) Gegenkopplung

Weitere Rechenschaltungen:

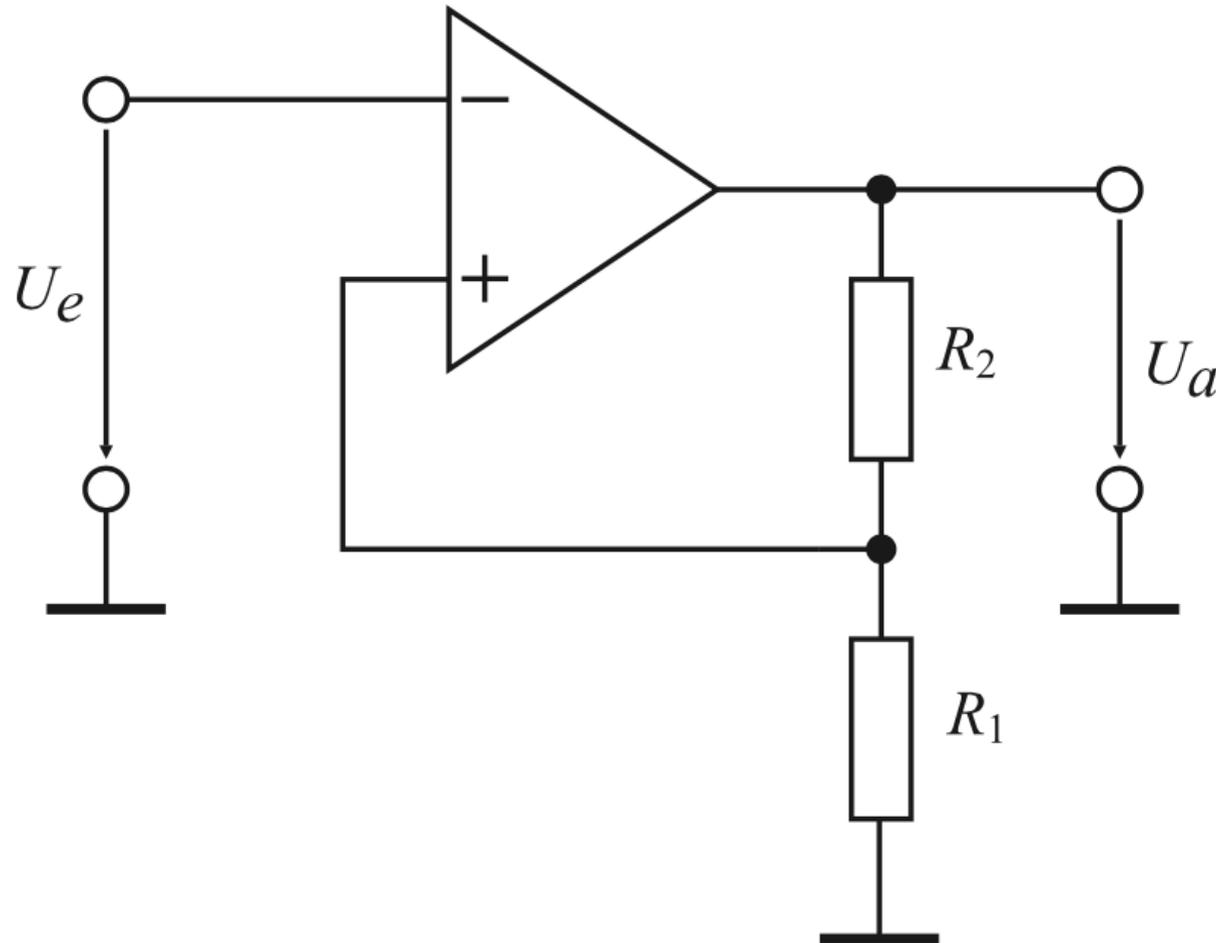
- Addierer
- Differenzierer
- Logarithmierer

2.3) Mitkopplung

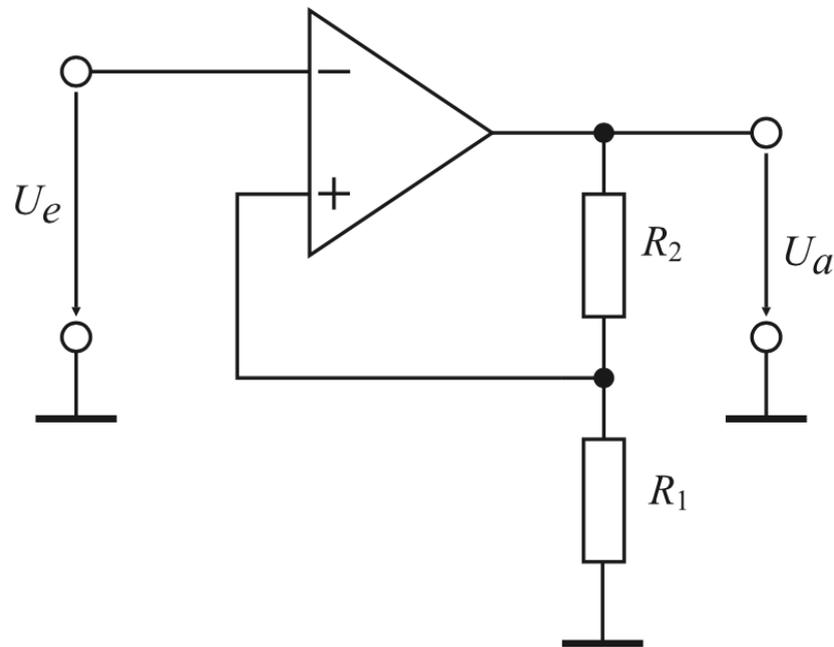
Allgemein:

- Mitkopplung ist **positive** Rückkopplung
- Ausgangssignal verstärkt das Eingangssignal
- Verstärker treibt sich selbst in Sättigung
- **Aber:** Schaltung nicht unbedingt instabil!
- Übertragungsfunktion wird bei ausgewählten Frequenzen verstärkt
- Gezielter Einsatz bei z.B. aktiven Filtern

Invertierender Schmitt-Trigger



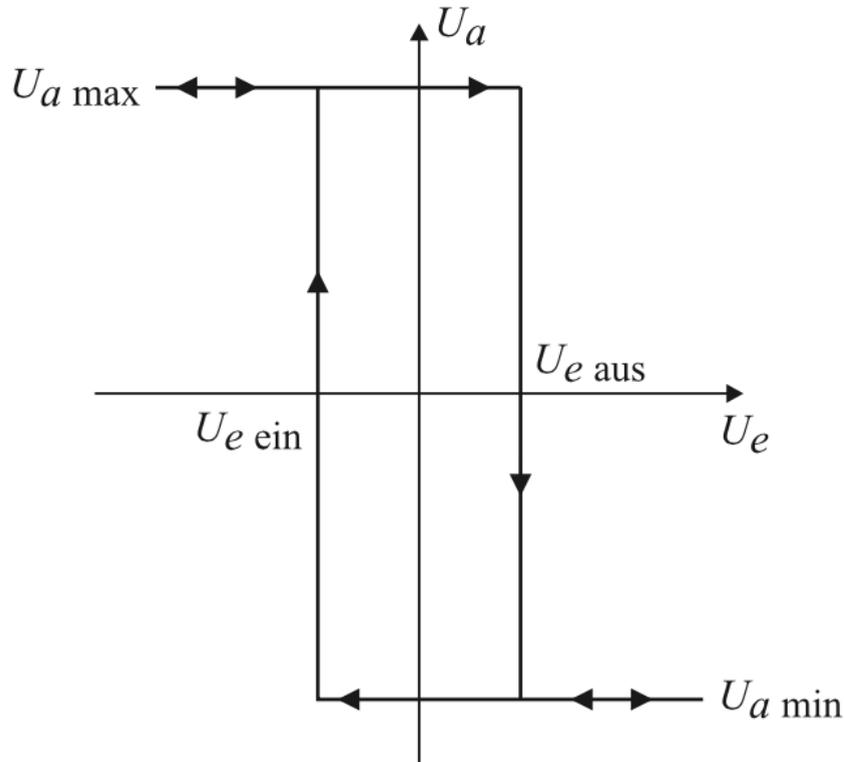
2.3) Mitkopplung



Inv. Schmitt-Trigger:

- U_a wird über Spannungsteiler R_1 , R_2 auf Eingang mitgekoppelt
- Kennlinie weist Hysterese auf
- Einschalt- und Ausschaltsschwelle unterschiedlich

2.3) Mitkopplung

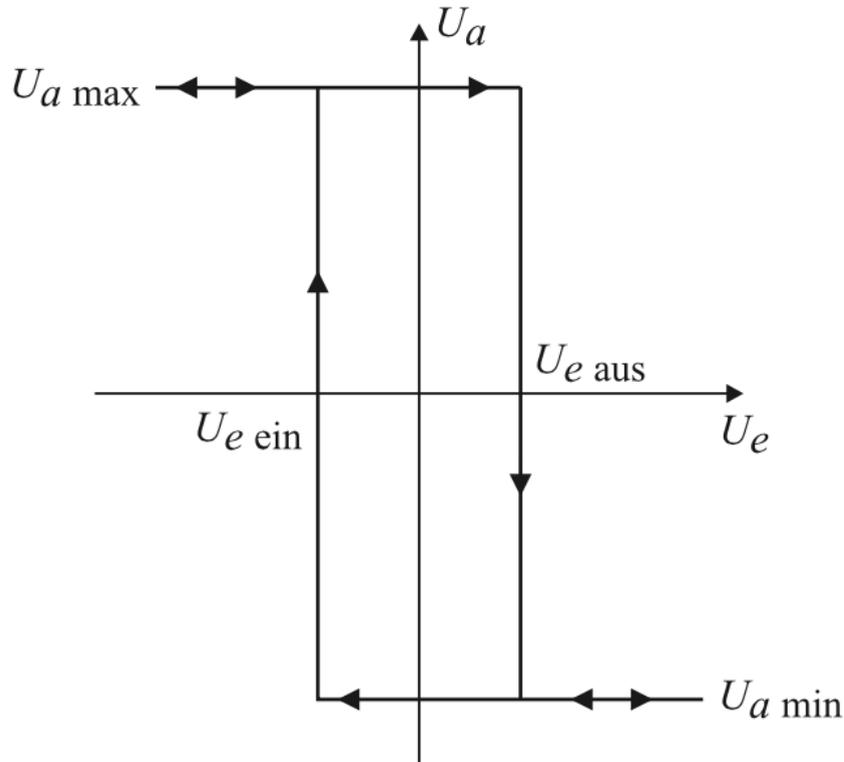


Ausschaltsschwelle:

- Um U_a auf *minimalen* Wert $U_{a, \text{min}}$ zu bringen, muss U_e den Wert $U_{e, \text{aus}}$ überschreiten
- Verstärker an *negativer* Aussteuerergrenze

$$U_{e, \text{aus}} = \frac{R_1}{(R_1 + R_2)} \cdot U_{a, \text{max}}$$

2.3) Mitkopplung

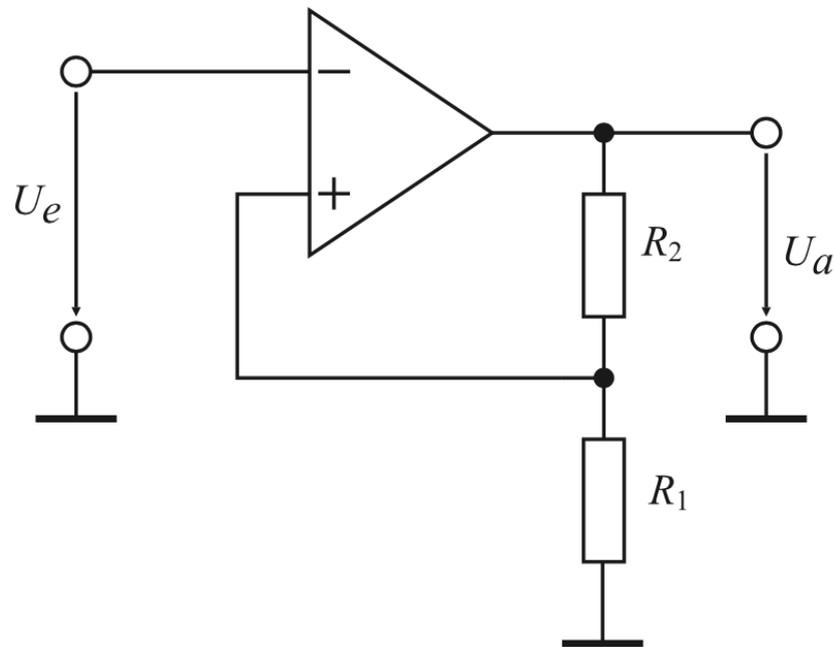


Einschaltswelle:

- Um U_a auf *maximalen* Wert $U_{a, \max}$ zu bringen, muss U_e den Wert $U_{e, \text{ein}}$ unterschreiten
- Verstärker an *positiver* Aussteuerergrenze

$$U_{e, \text{ein}} = \frac{R_1}{(R_1 + R_2)} \cdot U_{a, \min}$$

2.3) Mitkopplung



Inv. Schmitt-Trigger:

Anwendung:

- Sinus-Rechteck-Wandler

3) Zusammenfassung

3) Zusammenfassung

- OPV ist Gleichspannungsverstärker
- Ideale OPV-Eigenschaften werden ausgenutzt
- Verhalten einer Grundschialtung nur abhängig von äußerer Beschaltung

Äußere Beschaltung:

- Ohne Rückkopplung
- Gegenkopplung
- Mitkopplung

3) Zusammenfassung

Mitkopplung:

- Schaltungen mit Hysterese
 - Invertierender Schmitt-Trigger
 - Nichtinvertierender Schmitt-Trigger

4) Quellen

1. Orglmeister, R.: Skript Analog- und Digitalelektronik, 2012, TUBerlin, Berlin
2. Federau, J.: Operationsverstärker - Lehr- und Arbeitsbuch zu angewandten Grundsaltungen, 2013, Springer Vieweg, Wiesbaden
3. Tietze, U.; Schenk, Ch.: Halbleiter-Schaltungstechnik 13.Auflage, 2010, Springer- Verlag, Berlin