

# Handout: OPV-Grundsaltungen

## 1) Allgemeines zum OPV:

- Ein Operationsverstärker (OPV) ist ein mehrstufiger Gleichspannungsverstärker
- Hat einen invertierenden (-) und einen nichtinvertierenden (+) Eingang
- Weist eine extrem hohe Verstärkung auf
- Die äußere Beschaltung bestimmt die Eigenschaften des OPVs
- **Funktion:** Differenzspannung  $U_d$  wird mit Verstärkung  $V$  verstärkt

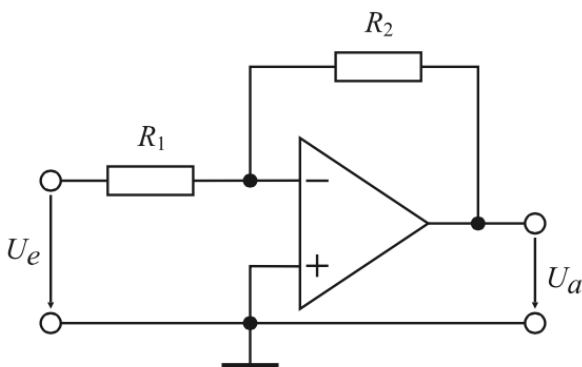
$$U_a = V \cdot U_d = V \cdot (U_p - U_n)$$

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

## 2) Betriebsarten:

a) Ohne Rückkopplung	b) Gegenkopplung	c) Mitkopplung
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einfachste äußere Beschaltung</li> <li>• Eingangsspannungen sind direkt an Eingängen angeschlossen</li> <li>• Beispiel: <i>Komparator</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Negative</i> Rückkopplung</li> <li>• Ausgangssignal wirkt Eingangssignal entgegen</li> <li>• Fehler können kompensiert werden</li> <li>• <b>Nachteile:</b> maximale Verstärkung wird reduziert, Instabilität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Positive</i> Rückkopplung</li> <li>• Ausgangssignal verstärkt Eingangssignal</li> <li>• Allgemein treibt sich der Verstärker selbst in Sättigung</li> <li>• Nicht jede Schaltung ist instabil</li> <li>• Gezielt eingesetzt bei aktiven Filtern</li> </ul>

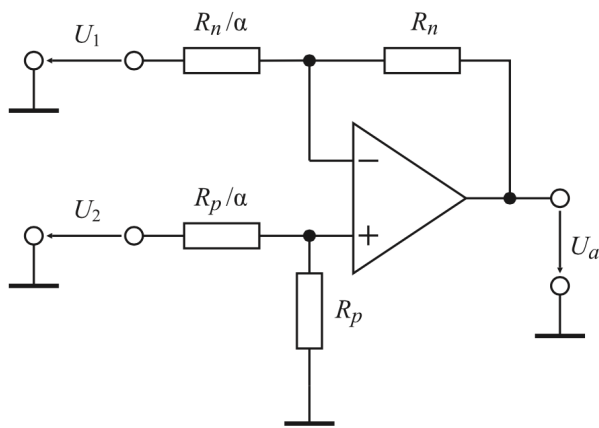
### b) Gegenkopplung:



### Invertierender Verstärker:

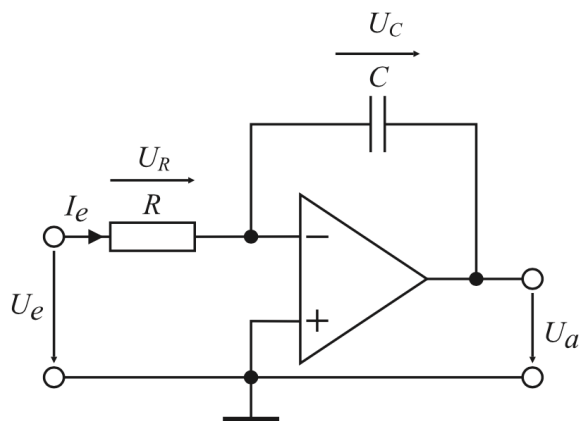
- Die Eingangsspannung wird invertiert und verstärkt am Ausgang wiedergegeben
- Über Widerstand  $R_2$  wird der Ausgang auf den Eingang zurückgekoppelt und das Eingangssignal abgeschwächt
- Der gegengekoppelte OPV stellt seine Ausgangsspannung so ein, dass die Differenzspannung  $U_d$  annähernd Null wird

- Da  $U_d \approx 0$  gilt, liegen (-) und (+)-Eingang auf Nullpotential (virtuelle Masse)
- Über virtuelle Masse und unendlichem hohen OPV-Eingangswiderstand kann die Verstärkung der Schaltung berechnet werden (durch  $R_1$  und  $R_2$  fließt der gleiche Strom)
- Verwendung der kirchhoffschen Regeln (Maschensatz, Knotenpunktsatz)
- Verstärkung  $V$  berechnet sich zu  $V = \frac{U_a}{U_e} = -\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$



### Differenzverstärker / Subtrahierer:

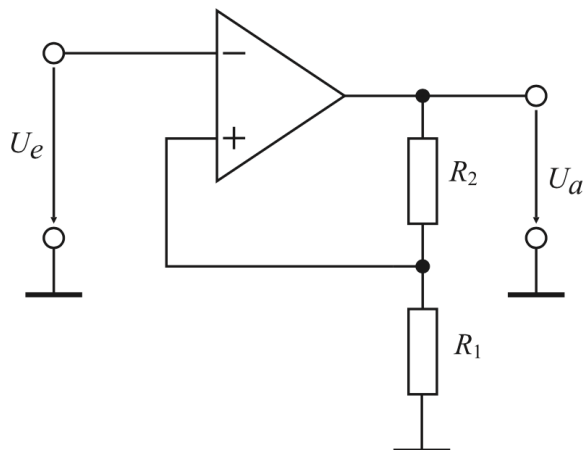
- Kann eine Rechenoperation (Subtraktion) ausführen
- Für  $U_2=0$  verhält sich die Schaltung wie ein invertierender Verstärker, Ausgangsspannung errechnet sich analog dazu
- Für  $U_2 \neq 0$  erhält man als Ausgangsspannung die Differenz von  $U_1$  und  $U_2$  mit einem Faktor  $\alpha$  skaliert
- $U_a = \alpha \cdot (U_2 - U_1)$



### Integrator:

- Ist in der Grundschaltung ein invertierender Verstärker
- Jedoch wird hier das Ausgangssignal über einen Kondensator zurückgekoppelt
- Für den Strom am Kondensator gilt die Beziehung  $I_C = C \frac{dU_C}{dt}$
- Daraus folgt für die Ausgangsspannung  $U_a = -\frac{1}{RC} \int_0^t U_e dt$
- Integrator verhält sich im Frequenzbereich wie ein Tiefpass

### c) Mitkopplung:



**Anwendung:** Der Schmitt-Trigger lässt sich als Sinus-Rechteck-Wandler benutzen

### Invertierender Schmitt-Trigger:

- $U_a$  wird über Spannungsteiler  $R_1, R_2$  auf Eingang mitgekoppelt (Hysterese)
- Um  $U_a$  auf den minimalen Wert  $U_{a,min}$  zu bringen, muss  $U_e$  den Wert  $U_{e,aus}$  überschreiten (negative Aussteuergränze)
- Um  $U_a$  auf den maximalen Wert  $U_{a,max}$  zu bringen, muss  $U_e$  so weit reduziert werden, bis  $U_e \leq U_{e,ein}$  gilt
- Einschaltsschwelle:

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

- Ausschaltsschwelle:

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

### Quellen:

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