

Operationsverstärker (OV, OPV, OpAmp)

Themen

- 1. Was ist ein Operationsverstärker
 - Einleitung, Symbol, Verwendung
- 2. Funktion & Aufbau
 - Funktionsweise, Aufbau,
- 3. Unterschiede idealer / realer OPV
 - Wichtige Kenngrößen
- 4. Grundsaltungen
 - nichtinvertierender Verstärker
 - invertierender Verstärker
 - Komparator

1. Was ist ein Operationsverstärker

Einleitung

- Baustein zur Verstärkung von Gleich- und Wechselspannung
- Integrierte Schaltungen (IC)
- Realisiert durch Bipolar Transistorschaltung / Mos-FET / JFET (Abhängig vom Anwendungsbereich)

1. Was ist ein Operationsverstärker

Symbol:

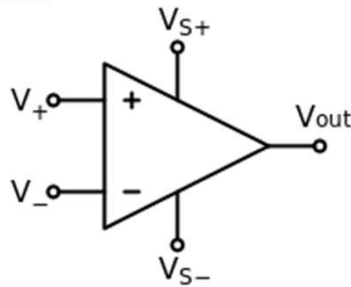


Abb.1) Schaltsymbol OPV mit Spannungsversorgung

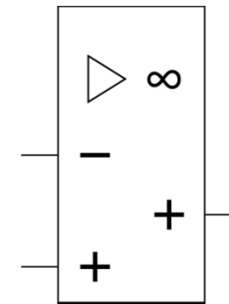


Abb.2) Normsymbol nach DIN40900 Teil 13

V_+ nicht invertierender Eingang

V_- invertierender Eingang

V_{S+} pos. Versorgungsspannung

V_{S-} neg. Versorgungsspannung

V_{out} Ausgangsspannung

asymmetrisch /
symmetrisch beschaltet

1. Was ist ein Operationsverstärker

Anwendung:

- OPV sind universell einsetzbar
- NF-Verstärker
- Regelungstechnik
- Messtechnik
- Beschaltung ist abhängig von Verwendungsbereich

2. Funktion & Aufbau

Funktionweise:

Besteht aus Eingangsstufe, Verstärkerstufe, Ausgangsstufe

- **Eingangsstufe:** Verstärkung der Spannungsdifferenz zwischen dem invertierendem und dem nichtinvertierendem Eingang.
- Realisierung Differenzverstärker.
- $U_{\text{diff}} = V_+ - V_-$ (kann negativ oder positiv sein)

2. Funktion & Aufbau

Verstärkerstufe:

- Strom (aus Eingangsstufe) wird in eine hohe Ausgangsspannung umgesetzt^[1]
- C_k dient zur Stabilität bei Rückkopplung

2. Funktion & Aufbau

Ausgangsstufe / Endstufe:

- Dient zur Stromversorgung von angeschlossenen Verbrauchern
- Keine weitere Verstärkung von U_{diff}
- Verwendet wird fast immer die Gegentaktstufe

3. Unterschiede idealer / realer OP

Kenngößen (Auszug)

- Leerlaufverstärkung $V = U_a/U_e$
- Eingangswiderstand R_e
- Ausgangswiderstand R_a
- Bandbreite

3. Unterschiede idealer / realer OP

Übertragungskennlinie:

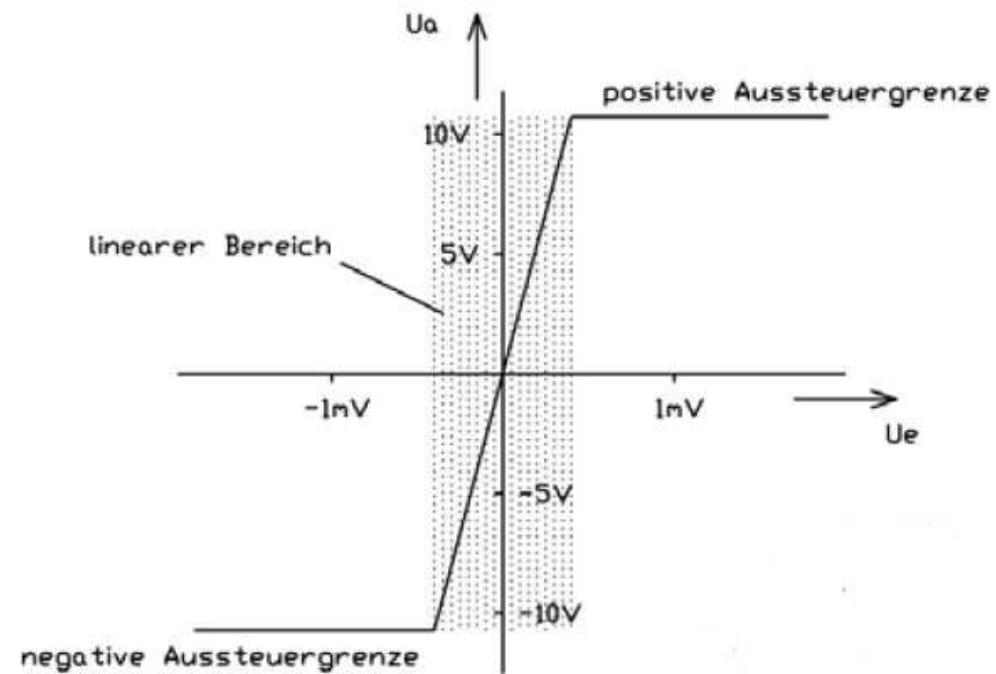


Abb3.) Übertragungskennlinie (idealer OPV)

3. Unterschiede idealer / realer OP

Kenngröße	idealer OP	Realer OP
Leerlaufverstärkung $V = U_a / U_e$	∞	100000
Eingangswiderstand R_e	∞	$>1 \text{ M}\Omega$ (bei FETs $1000 \text{ M}\Omega$)
Ausgangswiderstand R_a	0	$10 - 1000 \Omega$
Bandbreite	∞	$0 - 1 \text{ MHz}$

4. Grundsaltungen

nicht invertierender Verstärker:

- Gegenkopplung mit dem invertierenden Eingang
- U_{diff} ist abhängig von U_a ,
 $U_{\text{diff}} \approx 0$
- $V_0 = \frac{U_a}{U_e} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} = 1 + \frac{R_1}{R_2}$
 $\Rightarrow V_0 \geq 1$

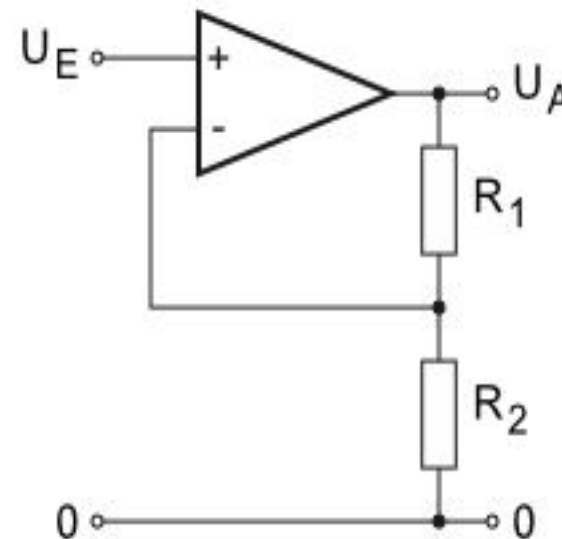


Abb.4) nicht invertierender OP mit Gegenkopplung

4. Grundsaltungen

invertierender Verstärker:

- $U_e = IR_1, U_a = -IR_2$
 $\Rightarrow V_0 = \frac{U_a}{U_e} = -\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$

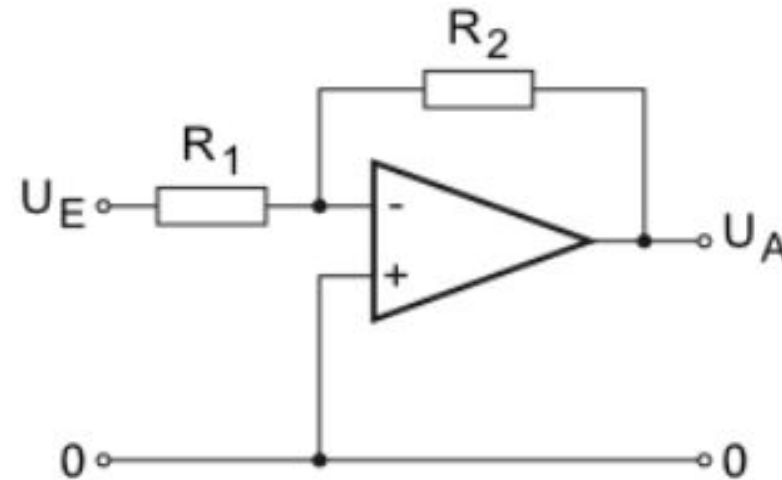


Abb.5) invertierender
OP mit Gegenkopplung

4. Grundsaltungen

Komparator:

- Vergleicht Eingangsspannung mit Referenzspannung
- $U_a = \begin{cases} V_{s+}, & U_1 > U_2 \\ V_{s-}, & U_1 < U_2 \end{cases}$
- Verhalten: "Kippschalter"

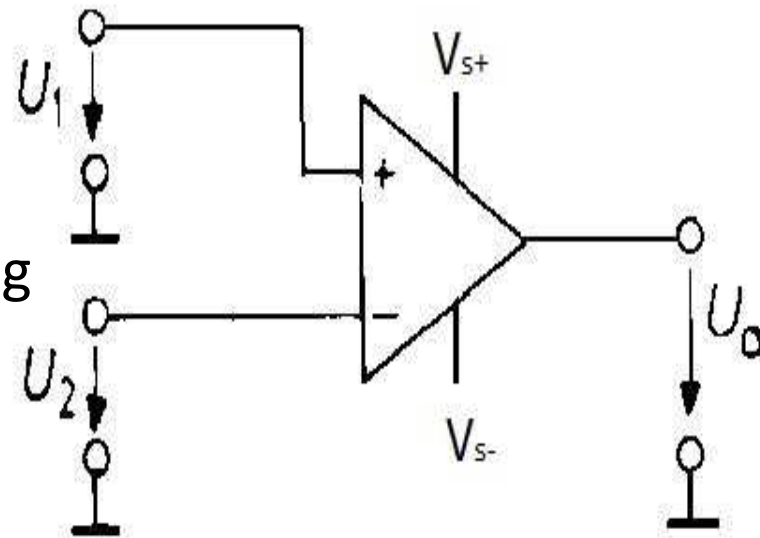
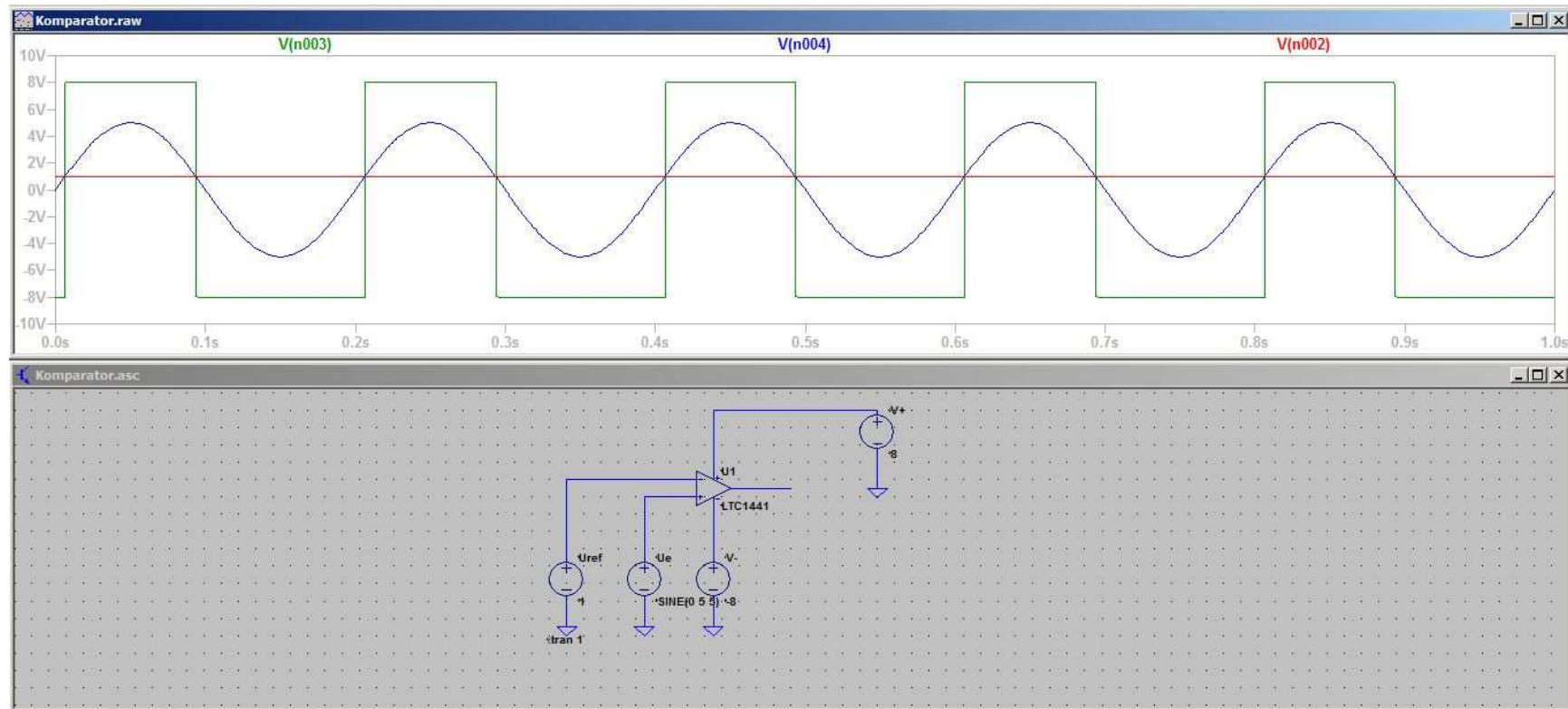


Abb.6) Komparator

4. Grundsaltungen



Vielen Dank

Quellennachweis:

Abb.1) <https://de.wikipedia.org/wiki/Operationsverst%C3%A4rker> (30.04.2017)

Abb.2) <https://de.wikipedia.org/wiki/Operationsverst%C3%A4rker> (30.04.2017)

Abb.3) Joachim Federau – Opertionsverstärker, 6 Auflage,

Abb. 4 & Abb5) <https://lp.uni-goettingen.de/get/text/4456> (30.04.2017)

Abb6) Tietze & Schenk, Halbleiter-Schaltungstechnik

[1] <https://de.wikipedia.org/wiki/Operationsverst%C3%A4rker> (30.04.2017)

<https://lp.uni-goettingen.de/get/text/4456> 30.04.2017 (02.05.2017)

<https://www.elektronik-kompodium.de/sites/bau/0209092.htm> (02.05.2017)

<https://www.elektronik-kompodium.de/sites/slt/0210141.htm> (02.05.2017)

<https://www.elektronik-kompodium.de/sites/slt/0210151.htm> (04.05.2017)

Literatur:

Joachim Federau – Opertionsverstärker, 6 Auflage, Springer

Holger Göbel - Einführung in die Halbleiter-Schaltungstechnik 5. Auflage, Springer

Tietze & Schenk, Halbleiter-Schaltungstechnik, Springer