

Handout Operationsverstärker

Gliederung

1. Was ist ein OPV?
2. Geschichte
3. Funktionsweise
4. Idealer und realer OPV
5. Innenaufbau des OPV
6. Anwendungsbeispiele
7. Quellen

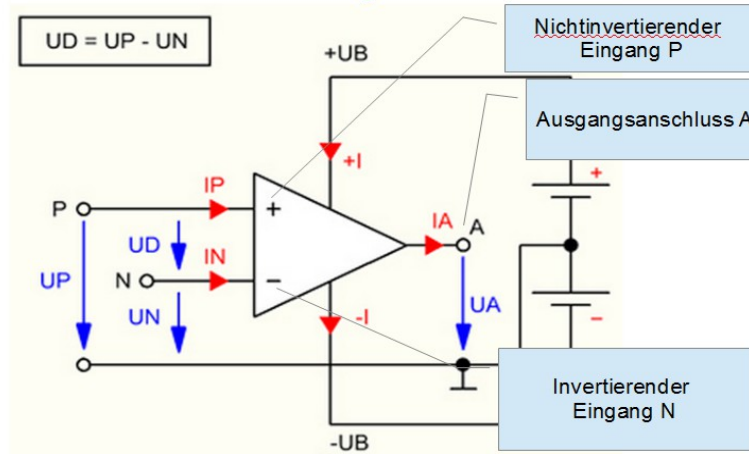
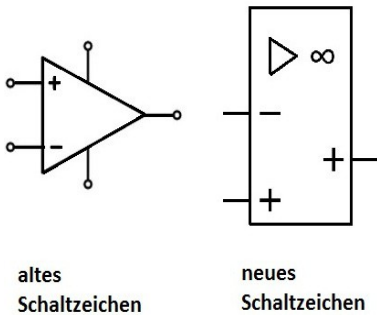
1. Was ist ein OPV?

- eines der wichtigsten Bauelemente für die Verarbeitung elektrischer Analogsignale
- viele mathematische Operationen wie z.B. Integration, Differentiation, Addition, Multiplikation mithilfe des OPV realisierbar
- auch als Spannungs-Strom-Wandler, Impedanzwandler, Signalgenerator anwendbar

2. Geschichte

- 1930: erste OPV mit Elektronenröhren
- an der Entwicklung waren berühmte Elektroingenieure wie Harold Black, Harry Nyquist und Hendrik Wade Bode beteiligt
- 1950: Elektronenröhren werden durch Transistoren ersetzt
 - Produktionskosten, Stromverbrauch und Schaltzeiten senkten sich erheblich
 - Versorgungsspannung von $\pm 20V$ reichte für den OPV aus (Elektronenröhren benötigten eine Versorgungsspannung von $\pm 110V$)
- ab 1968: kommerzieller Erfolg des OPV

3.Funktionsweise

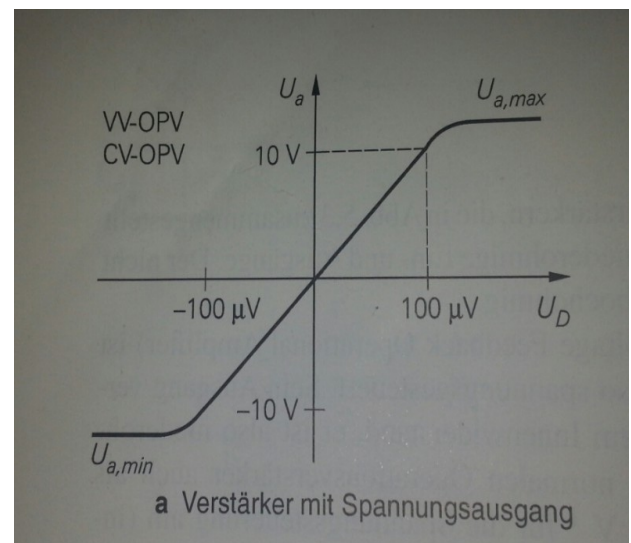


- OPV besitzt einen invertierenden Eingang, einen nichtinvertierenden Eingang, zwei Anschlüsse für die positive und negative Betriebsspannung und einen Ausgangsanschluss
- OPV verstärkt die Spannungsdifferenz U_D zwischen dem invertierenden und den nichtinvertierenden Eingang und legt die verstärkte Differenzspannung an den Ausgangs

1. $U_D = U_P - U_N$

2. $U_A = V (U_P - U_N) = V U_D$

Kennlinie des OPV

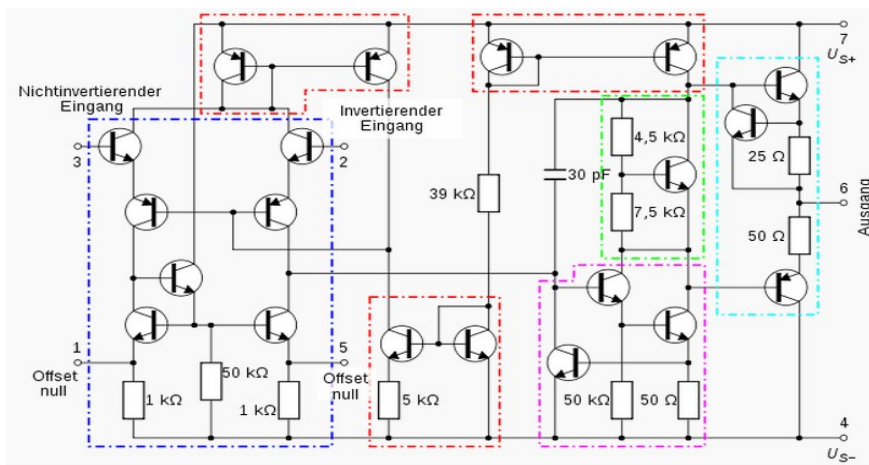


4. Idealer und realer OPV

Eigenschaften	Idealer OPV	Realer OPV
Eingangswiderstand	∞	$\leq 100 \text{ M}\Omega$
Eingangsstrom	0 A	$\approx 100 \text{ nA}$
Ausgangswiderstand	0Ω	$\approx 20 \Omega$
Aussteuerungsbereich	$-U_b \leq U \leq +U_b$	$-U_b + U_v \leq U \leq +U_b - U_v$

5. Innenaufbau des OPV

- OPV bestehen vereinfacht gesagt aus drei Stufen:
 1. Vorverstärkerstufe
 2. Treiberstufe
 3. Endstufe
- Schaltnetz eines OPV ist sehr kompliziert und schwer nachvollziehbar
- für praktische Anwendungen wird der OPV als Blackbox betrachtet
- Schaltnetz des $\mu\text{A}741$:

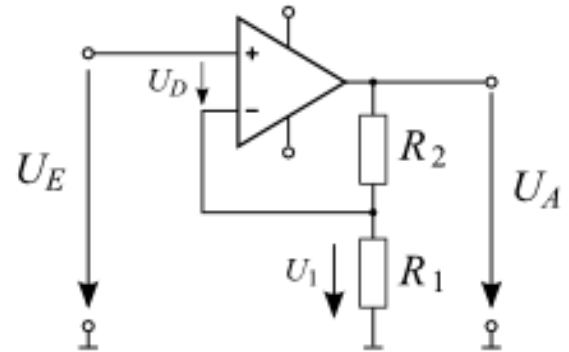


6. Anwendungsbeispiele

Die Funktion des OPV wird ausschließlich von der äußeren Beschaltung bestimmt!

OPV als nichtinvertierender Verstärker

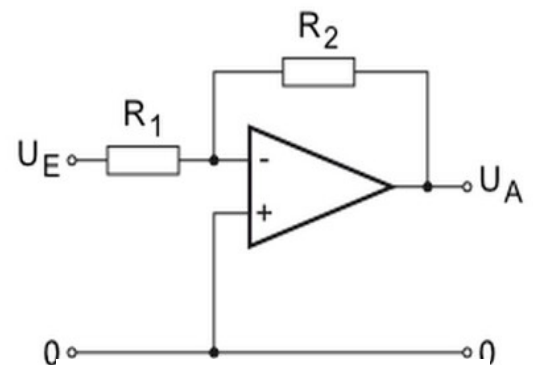
- Eingangsspannung wird verstärkt und am Ausgang ausgegeben
- äußere Beschaltung des OPV besteht aus zwei Widerständen R1 und R2
- Widerstand R2 verbindet die Ausgangsspannung mit dem invertierenden Eingang → Gegenkopplung und R1 verbindet den invertierenden Eingang mit der Masse



$$U_A = U_E \left(1 + R_2 / R_1 \right)$$

OPV als invertierender Verstärker

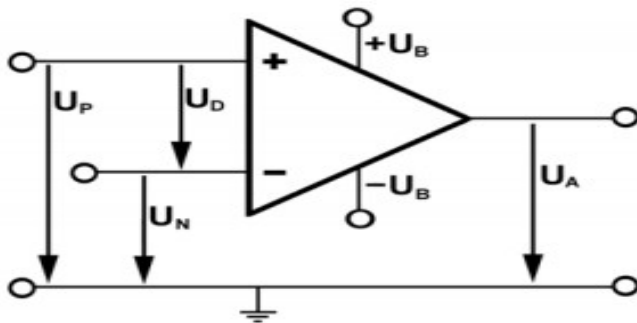
- Eingangsspannung wird verstärkt und invertiert am Ausgang ausgegeben
- äußere Beschaltung des OPV besteht aus zwei Widerständen R1 und R2
- R2 befindet sich zwischen dem invertierenden Eingang und dem Ausgang → Gegenkopplung
- über R1 wird die Eingangsspannung in den invertierenden Eingang eingespeist
- nichtinvertierender Eingang ist mit der Masse kurzgeschlossen



$$U_A = U_E \left(-R_2 / R_1 \right)$$

OPV als Komparator

- OPV kann ohne äußere Beschaltung zum Vergleich von zwei Spannungen dienen



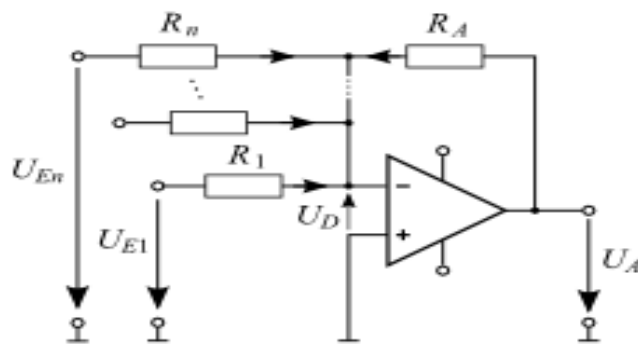
$$U_P > U_N \rightarrow U_A = +U_{max}$$

$$U_P < U_N \rightarrow U_A = -U_{max}$$

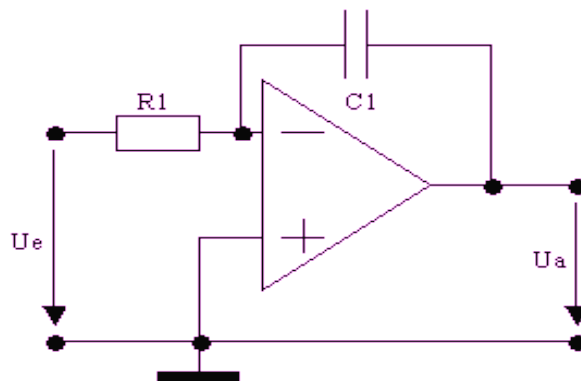
$$U_P = U_N \rightarrow U_A = 0V$$

Weitere Anwendungsbeispiele:

→ OPV als Addierer:



→ OPV als Integrierer:



7. Quellen

<http://www-ekp.physik.uni-karlsruhe.de/~simonis/praktikum/p2/p2-versuchsanleitungen/Operationsverstaerker-Vorbereitungshilfe.pdf>

<http://ueberm-hofe.de/opv.pdf> http://www.mdt.tu-berlin.de/fileadmin/fg184/Lehre/Messtechnik/Vorlesung/MT1_Kap_5.pdf

http://service.projektlabor.tu-berlin.de/projekte/spannungswaechter/material/handout_opv_stephan.pdf <http://lp.uni-goettingen.de/get/text/4456>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Operationsverst%C3%A4rker>

Ulrich Tietze, Christoph Schenk - Halbleiter - Schaltungstechnik