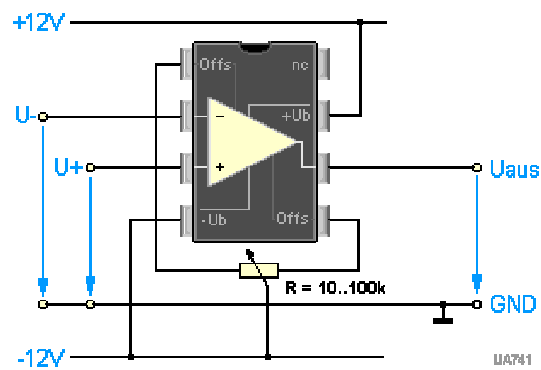
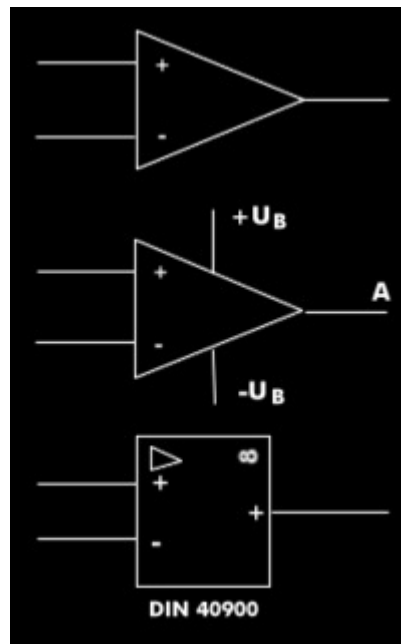


Operationsverstärker



Gliederung:

- Was ist ein OPV?
- Kurze Geschichte des OPV
- Funktionsweise
- Aufbau
- Grundsaltungen

Was ist ein OPV??

Kurzer Abriss über die Funktion

- Hat 2 Eingänge, einen Ausgang und 2 Versorgungsspannungen (Typisch +/-15V)
- Ein Eingang ist invertierend, einer normal beschaltet
- Invertierend bedeutet das ein Eingangssignal mit umgedrehtem Vorzeichen an den Ausgang weitergegeben wird z.B. Eingang positiv -> Ausgang Negativ

- Diese Eingänge nutzt der OPV um am Ausgang die Differenz zwischen den Eingängen auszugeben

Anwendungen:

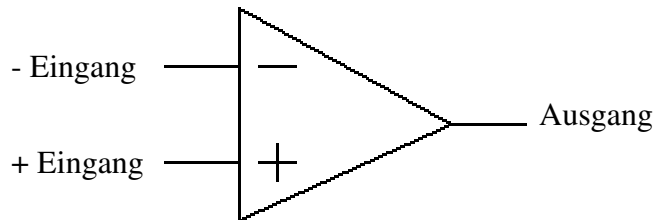
- Als Verstärker
- Als Bauelement zum Spannungsvergleich
- Analoger Integrierer
- Rechenwerk (z.B. addieren und subtrahieren)
- Impedanzwandler
- Signalgenerator (z.B. Sinus, Rechteck, Dreieck)
- Und viele mehr

Geschichte

- Erste OPV mit Hilfe von Elektronenröhren gebaut (kurz vor dem 2. WK)
- Im Krieg hauptsächlich für militärische Zwecke eingesetzt (z.B. Steuerungen)
- Namen "Operational Amplifier" (1947) von Prof. John Ragazzini (Columbia University - New York)
- Mit der Erfindung des Transistors auf Transistoren als Bauelemente umgestellt (mit allen ihren vorteilen)
- Mit der Technik der IC-Fertigung (ab 1962) Integrierte OPVs
- In den 60iger/70iger Jahren viel in Analogrechnern verwendet
- Heute hauptsächlich in der Analogtechnik verbreitet

Funktionsweise

Was passiert wenn...



Der +Eingang positiver ist als der -Eingang:
-> Ausgang positiv

Der -Eingang positiver ist als der +Eingang
-> Ausgang negativ

Beide die gleiche Spannung haben
-> Keine Ausgangsspannung

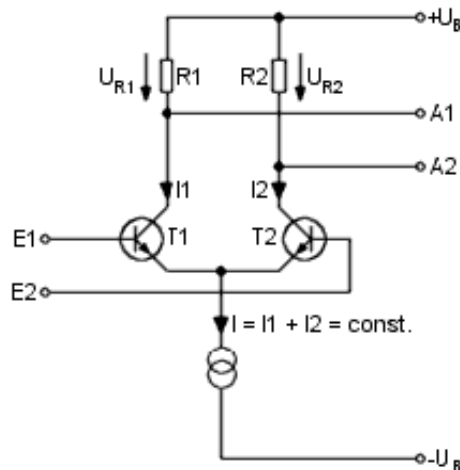
Eigenschaften:

Idealer OP	Eigenschaft	Realer OP
∞	Eingangswiderstand	$\approx M\Omega$
0	Ausgangswiderstand	$\geq 100\Omega$
∞	Leerlaufverstärkung	10^3-10^6
linear	Frequenzverhalten	Tiefpass
-Ub bis +Ub	Aussteuerbereich	2V weniger als Ub

Aufbau

Innere Beschaltung + Funktionsweise

Differenzverstärker (Eingang):

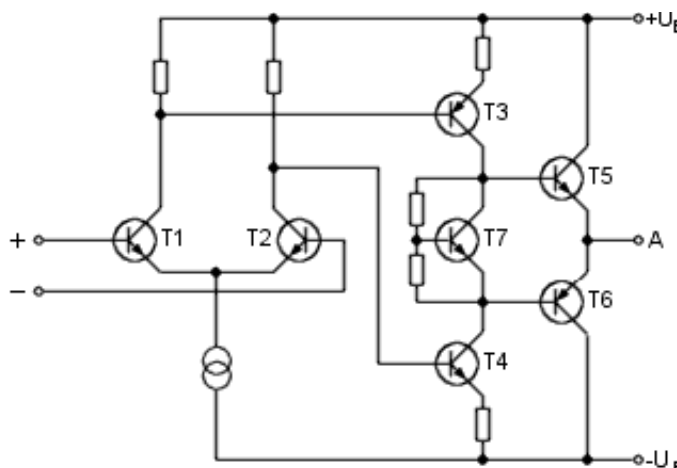


Wenn beide Spannungen gleich hoch sind, sind auch beide Kollektorströme gleich hoch, an R_1 und R_2 fällt also die gleiche Spannung ab $\rightarrow U_{a1}=U_{a2}$

Wenn nun eine E_1 ein klein wenig größer ist als E_2 , so nimmt der Kollektorstrom über T_1 und R_1 zu, die Spannung über R_1 steigt an und U_{a1} sinkt...

Da der Gesamtstrom durch T_1 und T_2 jedoch begrenzt ist, muss der Strom über T_2 sinken und U_{a2} steigt an

Voller OPV (Treiberstufe + Endstufe)



Beide Ausgänge des Differenzverstärkers steuern je einen Transistor der Treiberstufe an ($T_1 \rightarrow T_3$ und $T_2 \rightarrow T_4$)

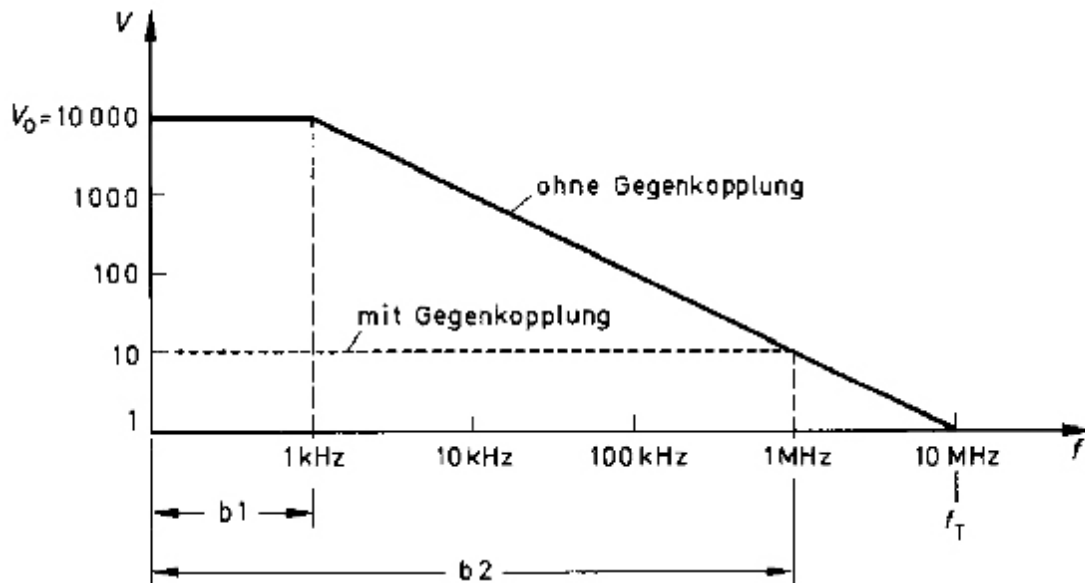
Diese steuert nun die Endstufe bestehend aus T_5 und T_6

T_7 sorgt dabei für einen kleinen Ruhestrom durch die Transistoren (T_5 und T_6) welcher eine Trägheit um den Nullpunkt vermeidet

Probleme beim OPV:

Frequenzverhalten:

Durch die Summierung der Schaltzeiten der Transistoren im inneren des OP wird die Schaltung träge
Es stellt sich eine Tiefpass-Charakteristik ein welche sich auf den Verstärkungsfaktor auswirkt



Gegenkopplung: Rückwirkung des Ausganges auf den Eingang
Gleich mehr dazu...

Gleichtaktunterdrückung: (Problem mit dem gleichen Signal auf beiden Eingängen)

Wenn man beide Eingänge mit ein und dem selben Signal steuert, so sollte am Ausgang keine Spannung vorhanden sein...

Dies ist nicht der Fall, in der Praxis findet man in diesem Fall eine geringe Ausgangsspannung

Dies ist bedingt durch Fertigungstoleranzen im inneren des OPVs

Wie stark sich dieser bei einem OPV zeigt, gibt die Gleichtaktunterdrückung an
Ihr Wert beschreibt die Änderung der Eingangsspannung und der Offsetspannung (Spannungsverschiebung am Ausgang)

Je höher die Gleichtaktunterdrückung um so geringer wirken sich gleiche Eingangssignale auf den Ausgang aus

Besonders Kritisch bei Störsignalen wie Rauschen auf den Eingängen, welches wenn es auf beiden Eingängen gleich ist, theoretisch gefiltert werden würde

Offset

Abweichung der Ausgangsspannung von 0V bei gleichen Eingangsspannungen
Bei manchen OPVs regelbar (Größenordnung ca. 2,0mV)

Latch Up Effekt

Effekt bei dem der Ausgang auf dem Maximum oder Minimum bleibt, obwohl der Eingang sich ändert.

Bei den modernen OPVs nicht mehr vorhanden

Grundsaltungen:

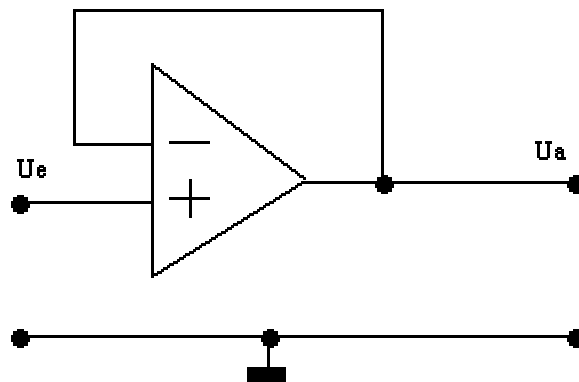
Gegenkopplung

Rückwirkung vom Ausgang auf den Eingang, über Bauelemente wie z.B.

Widerstände und Kondensatoren

Beispiel:

Impedanzwandler



Einfachste Anwendung der Rückkopplung an einem OP

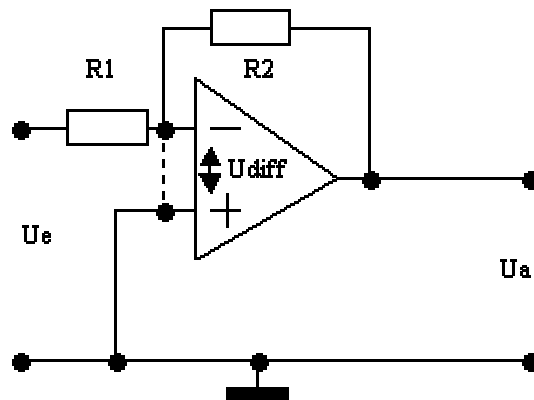
Ausgang auf $-$ Eingang \rightarrow steigt der Ausgang so steigt der $-$ Eingang und der OPV regelt die Ausgangsspannung nach unten, da der $-$ Eingang über dem $+$ Eingang liegt

Es gilt: $U_e = U_a$

Impedanzwandler weil Eingang sehr Hochohmig ist und der Ausgang sehr niederohmig

Dadurch lässt sich ohne Rückwirkung auf den Eingangsspannung am Ausgang eine Last betreiben

Invertierter Verstärker



Invertierter Verstärker weil der Positive Eingang auf Masse liegt

Dadurch ist der OPV bestrebt U_{diff} gegen 0V zu regeln

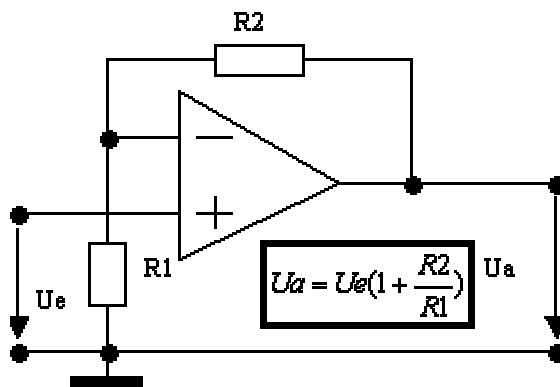
Es muss also über R_2 die gleiche Spannung wie über R_1 abfallen, nur muss, damit sich ein 0-Potential auf dem -Eingang einstellt, U_a negativ sein

Es gilt also:

$$U_a = -\frac{R_2}{R_1} \cdot U_e$$

$\frac{R_2}{R_1}$ ist also nicht mehr als ein Spannungsteiler

Nicht Invertierter Verstärker



Masse auf -Eingang daher Nicht Invertierter Verstärker

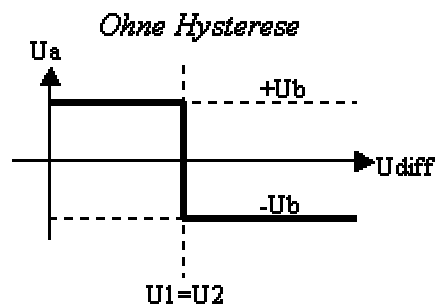
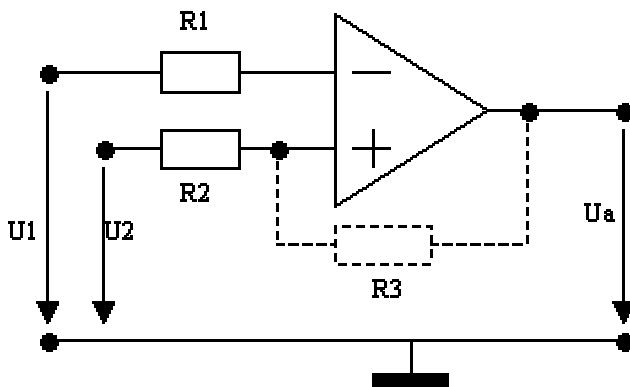
Die 1 erhält man, da über R_1 immer mindestens U_a abfallen muss

Mit dem Spannungsteiler $\frac{R_2}{R_1}$ lässt sich nun die Verstärkung zu Gunsten des

Ausganges einstellen, da über R_2 eine zusätzliche Spannung abfällt

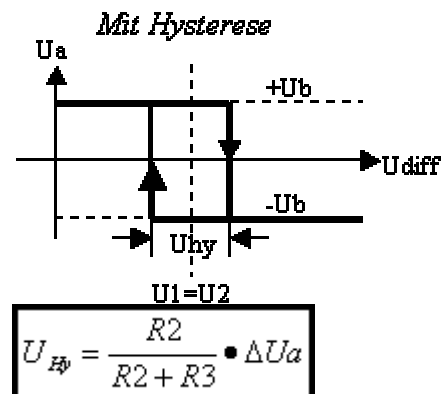
Wenn man R_1 unendlich groß macht erhält wieder man einen Impedanzwandler

Komperator



Der OPV vergleicht U_1 mit U_2 und bei schon kleinsten Änderungen steuert er auf Grund des hohen Verstärkungsfaktors (100000) voll durch....
(ohne R3)

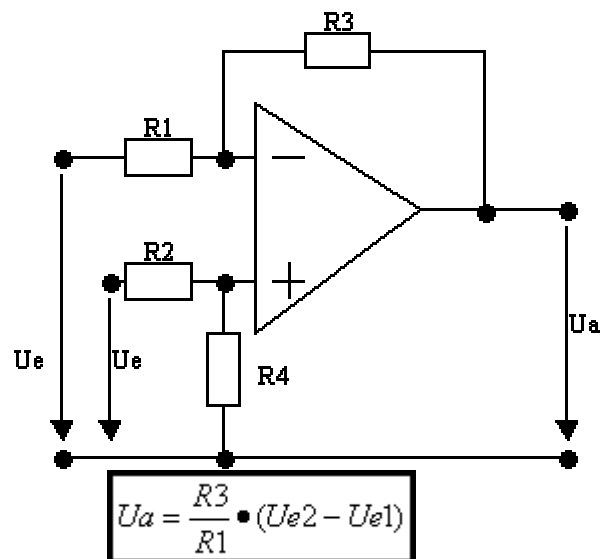
Komperator mit Hysterese



Ist R3 zusätzlich eingebaut...
Beispiel für Mitkopplung, (nicht entgegengesetzte Rückkopplung)
-> Schmitt-Trigger

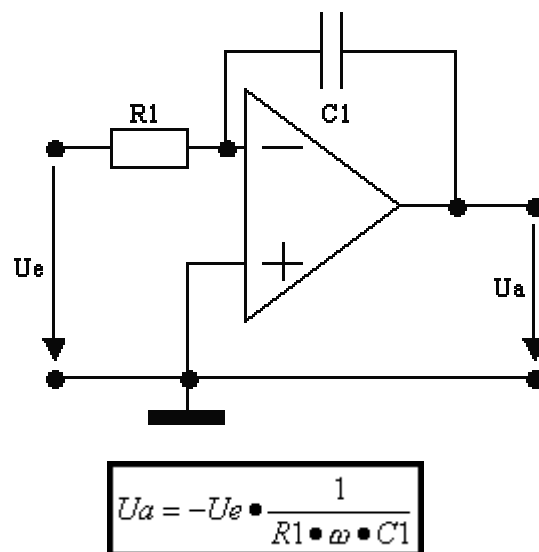
Nun Bildet sich ein Spannungsteiler zwischen R2 und R3 (R1 ist keine Pflicht, sollte aber gleich R2 sein (da der OPV eben doch einen kleinen Strom zieht)

Differenzverstärker



Wenn man keine sofortige Durchsteuerung möchte, sondern ein bestimmtes Verstärkungsverhältnis (Verringerung des Verstärkungsverhältnisses)
Geht nur wenn: $R_1=R_2$ und $R_3=R_4$

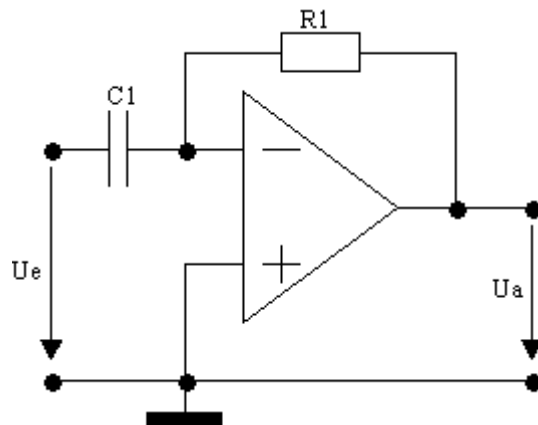
Integrierer



Invertierter Verstärker -> Bei gleichbleibender Spannung am Eingang wird der Kondensator immer weiter aufgeladen und der Ausgang muss noch weiter aufsteuern ($U_a \rightarrow \infty$) Entspricht dem Integral einer Konstanten bis ∞

Schwankt das Eingangssignal, so integriert diese Schaltung über die Zeit und gibt einen Konstanten wert aus.

Differenzierer (Hochpass) (FOLIE)



$$U_a = -U_e \cdot R_1 \cdot \omega \cdot C_1$$

C1 blockt Gleichspannungsanteile (und niedrige Frequenzen)

- differenzial von einer Konstanten ist 0
- R1 ist zum einstellen des Verstärkungsfaktors
- mathematisch ist dies ein Differenzierer

Quellen:

Projektlabor Referate der Vergangenen Jahre
(<http://projektlabor.ee.tu-berlin.de/projekte/alteprojekte.php>)
<http://batronix.com/elektronik/know-how/op-amp.shtml#04f>
<http://de.wikipedia.org>

Script GET2

Und viele andere Websites als Erklärungshilfe