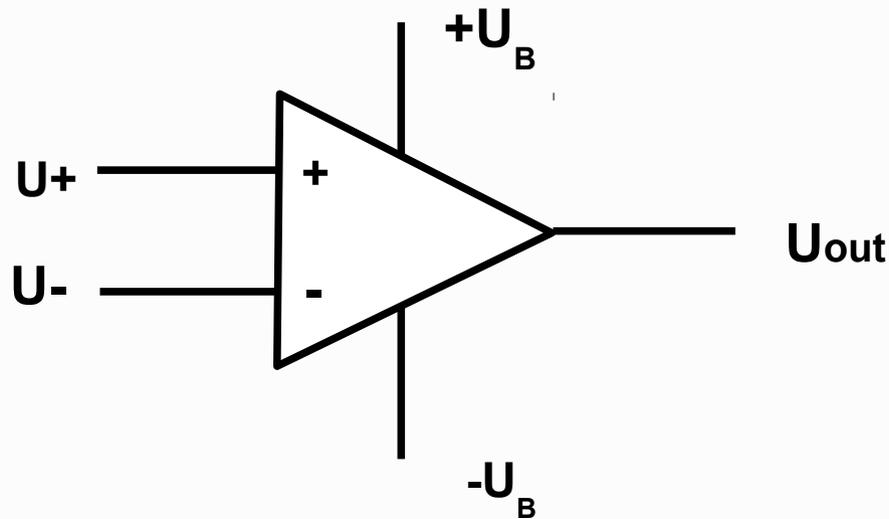


# Referat: Operationsverstärker

Referent: Johannes Kunkel  
Lichtorgel – Gruppe 2  
Projektlabor 2013

# Operationsverstärker sind spezielle Verstärker.

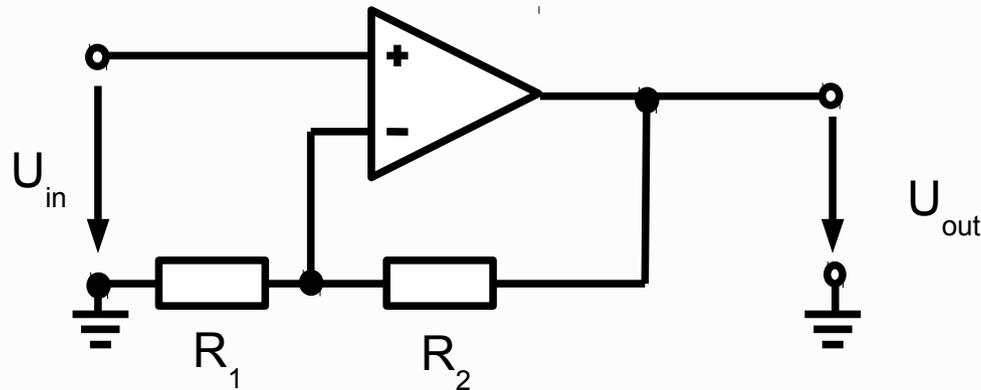


- Operationsverstärker (OPV) besitzen zwei Eingänge: invertierend und nicht-invertierend.
- Die Spannungsdifferenz beider Eingänge wird am Ausgang verstärkt.
- Am idealen OPV ist  $U_{out} = +U_B$ , wenn  $U_+ > U_-$ , bzw.  $-U_B$ , wenn  $U_+ < U_-$ .

# Der reale OPV weicht stark vom idealen OPV ab.

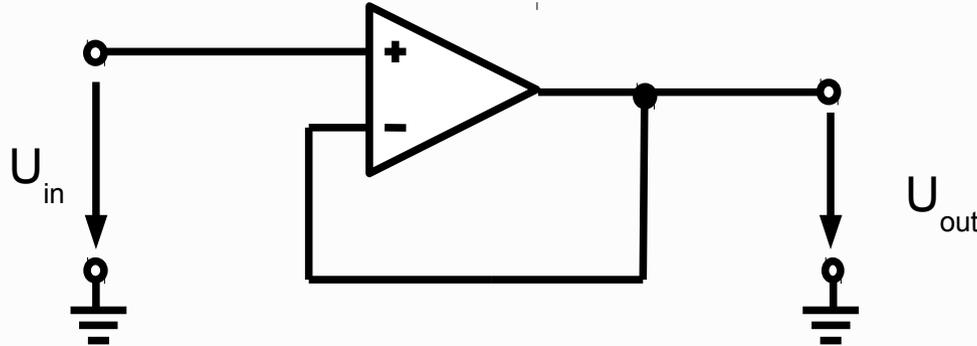
- Am realen OPV sind Eingangsadmittanz und Ausgangsimpedanz  $> 0$
- Verstärkung ist stark frequenzabhängig ( $< 1$  für  $f > 1$  MHz)
- Es treten Leckströme, Rauschen und andere Ungenauigkeiten auf
- Die Verstärkung ist endlich, jedoch sehr hoch ( $> 10^5$ )
- Die Anstiegsrate des Ausgangs ist begrenzt.
- Bei maximaler Aussteuerung ergeben sich starke Nichtlinearitäten.
- Alle Parameter werden stark vom Bautyp beeinflusst.

# Nützliche Anwendungen ergeben sich aus Gegenkopplung des Ausgangs auf den Eingang.



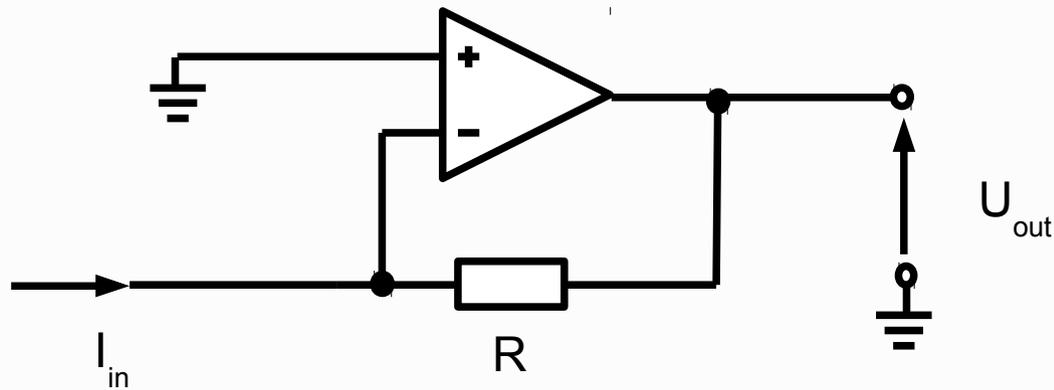
- Der OPV ist bemüht, die Spannung beider Eingänge gleichzusetzen.
- Verstärkungsverhältnis kann über  $R_2/R_1$  eingestellt werden.
- Verstärkung sollte an Eingangs-Auslenkung angepasst werden.
- Die obige Schaltung ist als “nicht-invertierender Verstärker” bekannt.
- Durch Tauschen der Anschlüsse ergibt sich ein invertierender Verstärker

# Impedanzwandler / Spannungsfolger



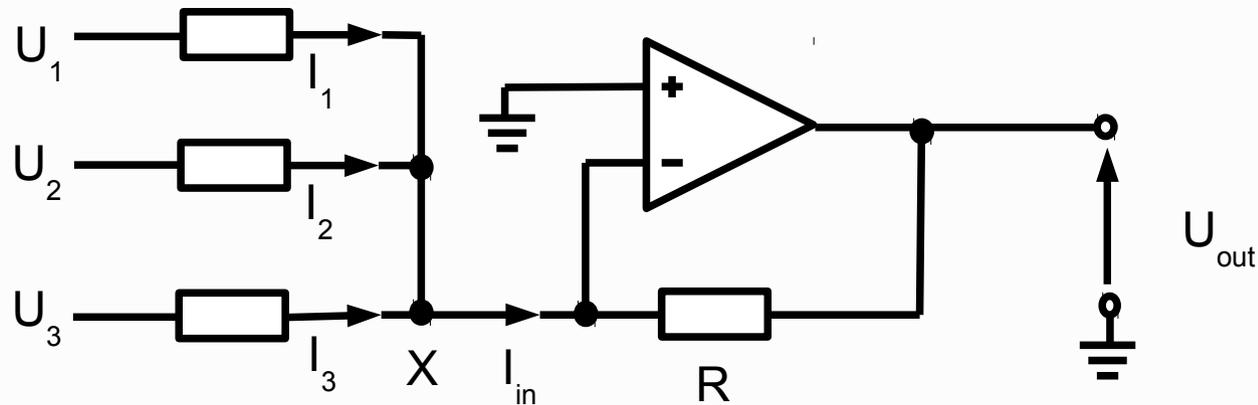
- OPV setzt Potential an beiden Eingängen gleich
- Hierzu muss der Verstärker die Spannung  $U_{in}$  selber ausgeben
- $U_{out}$  folgt also  $U_{in}$ , daher der Name
- Da der ideale OPV einen unendlichen Strom treiben kann, wird diese Schaltung als Impedanzwandler eingesetzt.

# Strom-Spannungs-Wandler



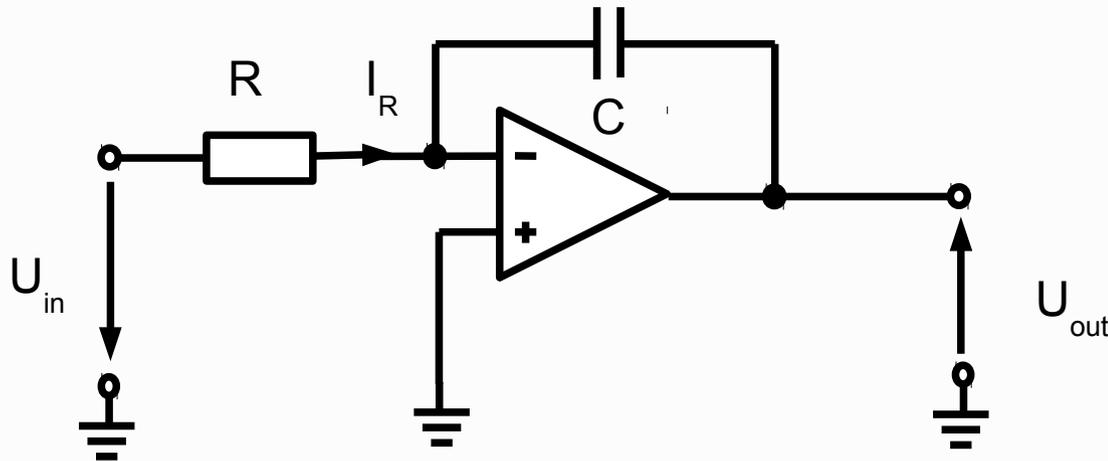
- Der gesamte Strom fließt über  $R$ , da Eingangsimpedanz  $\rightarrow \infty$ .
- Der Ausgang wird zur Stromsenke für diesen.
- Somit ist  $U_{out}$  mit Faktor  $R$  proportional zu  $I_{in}$ .
- Diese Schaltung kann zum Addierer erweitert werden.  
werden

# Addierer / Summierverstärker



- Die Ströme addieren sich am Punkt  $X$  zu  $I_{in}$ .
- Damit ist  $U_{out}$  mit Faktor  $R$  proportional zu  $I_1 + I_2 + I_3$ .
- Auch das Addieren von Spannungen ist möglich
- Hierzu werden die Spannungen durch Widerstände in Ströme gewandelt

# Integrierer



- Gesamter Strom wird als Ladestrom in C gezwungen
- An C gilt:  $I_R = C \cdot \frac{d}{dt} \cdot U_{out}$
- Dies lässt umstellen zu:  $U_{out} = \int_{t=t_0}^t \frac{I_R}{C} dt$
- $t_0$  wird durch den Ladestart des Kondensators bestimmt
- Hierdurch kann das Integral von außen zurückgesetzt werden.

# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

---

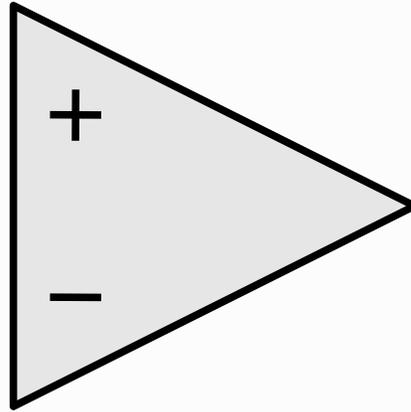
## Quellen:

Wupper, Niemeyer: *Elektronische Schaltungen 2*, Springer 1996

Clayton, Winder: *Operational Amplifiers*, Newnes-Butterworth 2003

Wikipedia-Artikel "Operationsverstärker"

---

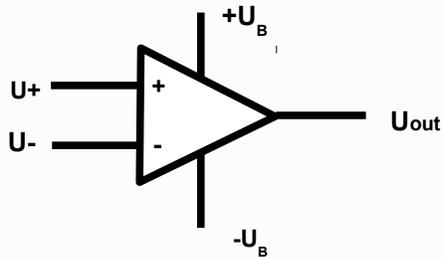


# Referat: Operationsverstärker

Referent: Johannes Kunkel  
Lichtorgel – Gruppe 2  
Projektlabor 2013

## Operationsverstärker sind spezielle Verstärker.

---



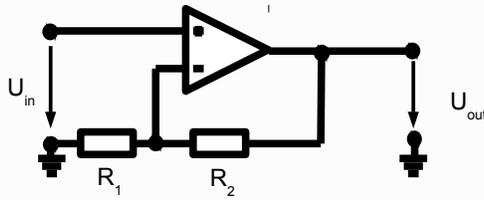
- Operationsverstärker (OPV) besitzen zwei Eingänge: invertierend und nicht-invertierend.
- Die Spannungsdifferenz beider Eingänge wird am Ausgang verstärkt.
- Am idealen OPV ist  $U_{out} = +U_B$ , wenn  $U_+ > U_-$ , bzw.  $-U_B$ , wenn  $U_+ < U_-$ .

## Der reale OPV weicht stark vom idealen OPV ab.

---

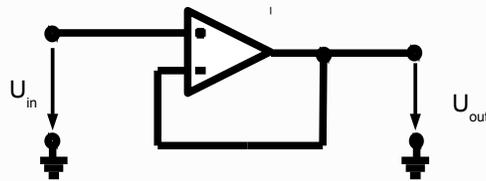
- Am realen OPV sind Eingangsadmittanz und Ausgangsimpedanz  $> 0$
- Verstärkung ist stark frequenzabhängig ( $< 1$  für  $f > 1$  MHz)
- Es treten Leckströme, Rauschen und andere Ungenauigkeiten auf
- Die Verstärkung ist endlich, jedoch sehr hoch ( $> 10^5$ )
- Die Anstiegsrate des Ausgangs ist begrenzt.
- Bei maximaler Aussteuerung ergeben sich starke Nichtlinearitäten.
- Alle Parameter werden stark vom Bautyp beeinflusst.

## Nützliche Anwendungen ergeben sich aus Gegenkopplung des Ausgangs auf den Eingang.



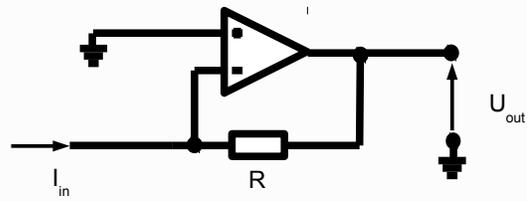
- Der OPV ist bemüht, die Spannung beider Eingänge gleichzusetzen.
- Verstärkungsverhältnis kann über  $R_2/R_1$  eingestellt werden.
- Verstärkung sollte an Eingangs-Auslenkung angepasst werden.
- Die obige Schaltung ist als “nicht-invertierender Verstärker” bekannt.
- Durch Tauschen der Anschlüsse ergibt sich ein invertierender Verstärker

## Impedanzwandler / Spannungsfolger



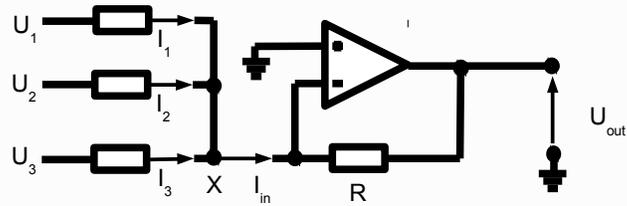
- OPV setzt Potential an beiden Eingängen gleich
- Hierzu muss der Verstärker die Spannung  $U_{in}$  selber ausgeben
- $U_{out}$  folgt also  $U_{in}$ , daher der Name
- Da der ideale OPV einen unendlichen Strom treiben kann, wird diese Schaltung als Impedanzwandler eingesetzt.

## Strom-Spannungs-Wandler



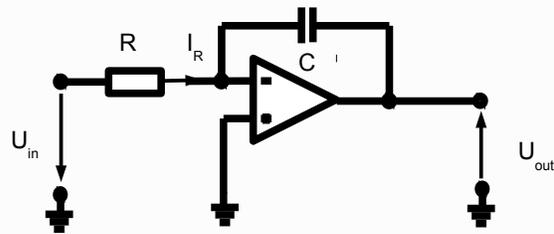
- Der gesamte Strom fließt über  $R$ , da Eingangsimpedanz  $\rightarrow \infty$ .
- Der Ausgang wird zur Stromsenke für diesen.
- Somit ist  $U_{out}$  mit Faktor  $R$  proportional zu  $I_{in}$ .
- Diese Schaltung kann zum Addierer erweitert werden.

## Addierer / Summierverstärker



- Die Ströme addieren sich am Punkt X zu  $I_{in}$ .
- Damit ist  $U_{out}$  mit Faktor  $R$  proportional zu  $I_1 + I_2 + I_3$ .
- Auch das Addieren von Spannungen ist möglich
- Hierzu werden die Spannungen durch Widerstände in Ströme gewandelt

# Integrierer



- Gesamter Strom wird als Ladestrom in C gezwungen
- An C gilt:  $I_R = C \cdot \frac{d}{dt} \cdot U_{out}$
- Dies lässt umstellen zu:  $U_{out} = \int_{t=t_0}^t \frac{I_R}{C} dt$
- $t_0$  wird durch den Ladestart des Kondensators bestimmt
- Hierdurch kann das Integral von außen zurückgesetzt werden.

# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

---

## Quellen:

Wupper, Niemeyer: *Elektronische Schaltungen 2*, Springer 1996

Clayton, Winder: *Operational Amplifiers*, Newnes-Butterworth 2003

Wikipedia-Artikel "Operationsverstärker"

---