

10. Operationsverstärker

Digitale ICs:

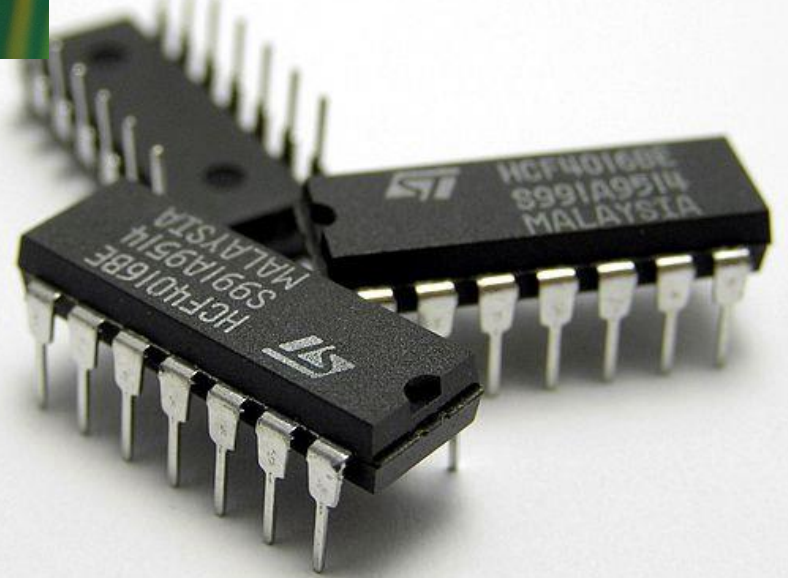
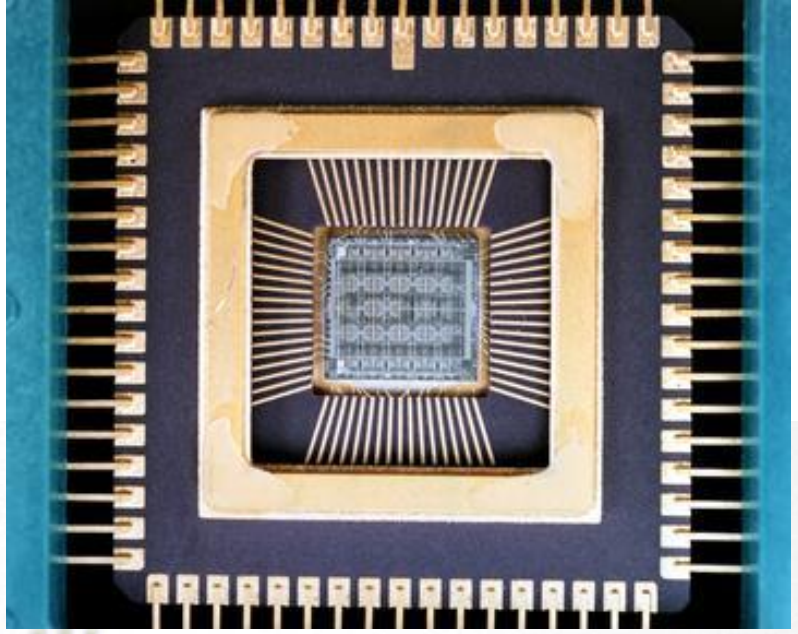
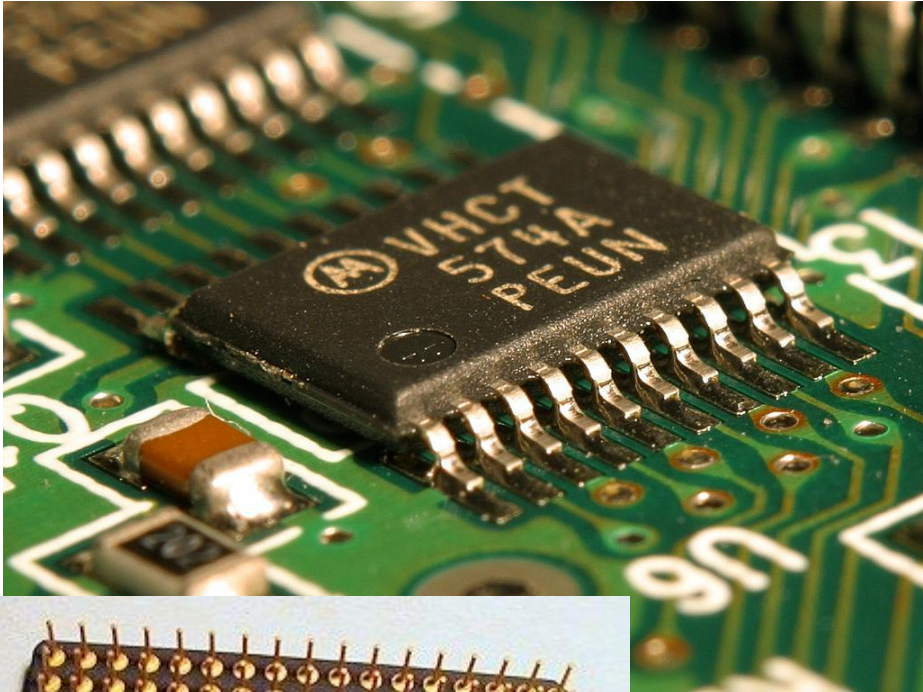
- Gatter (AND, NAND, OR, NOR, XOR), Zähler
- Speicher
- Prozessoren, Mikrocontroller

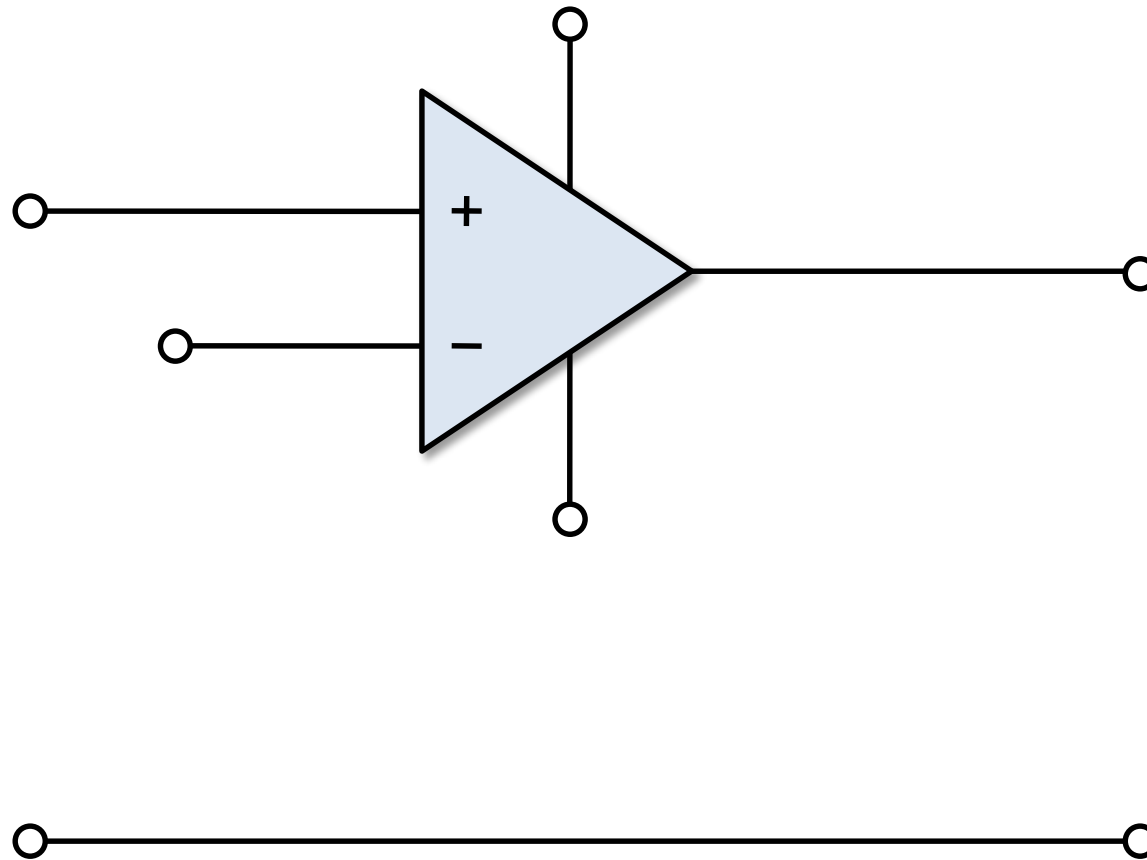
Analoge ICs:

- Audio-Verstärker (Leistungsverstärker)
- HF-Schaltkreise, Oszillatoren
- Stromversorgungen, Spannungsregler
- Operationsverstärker

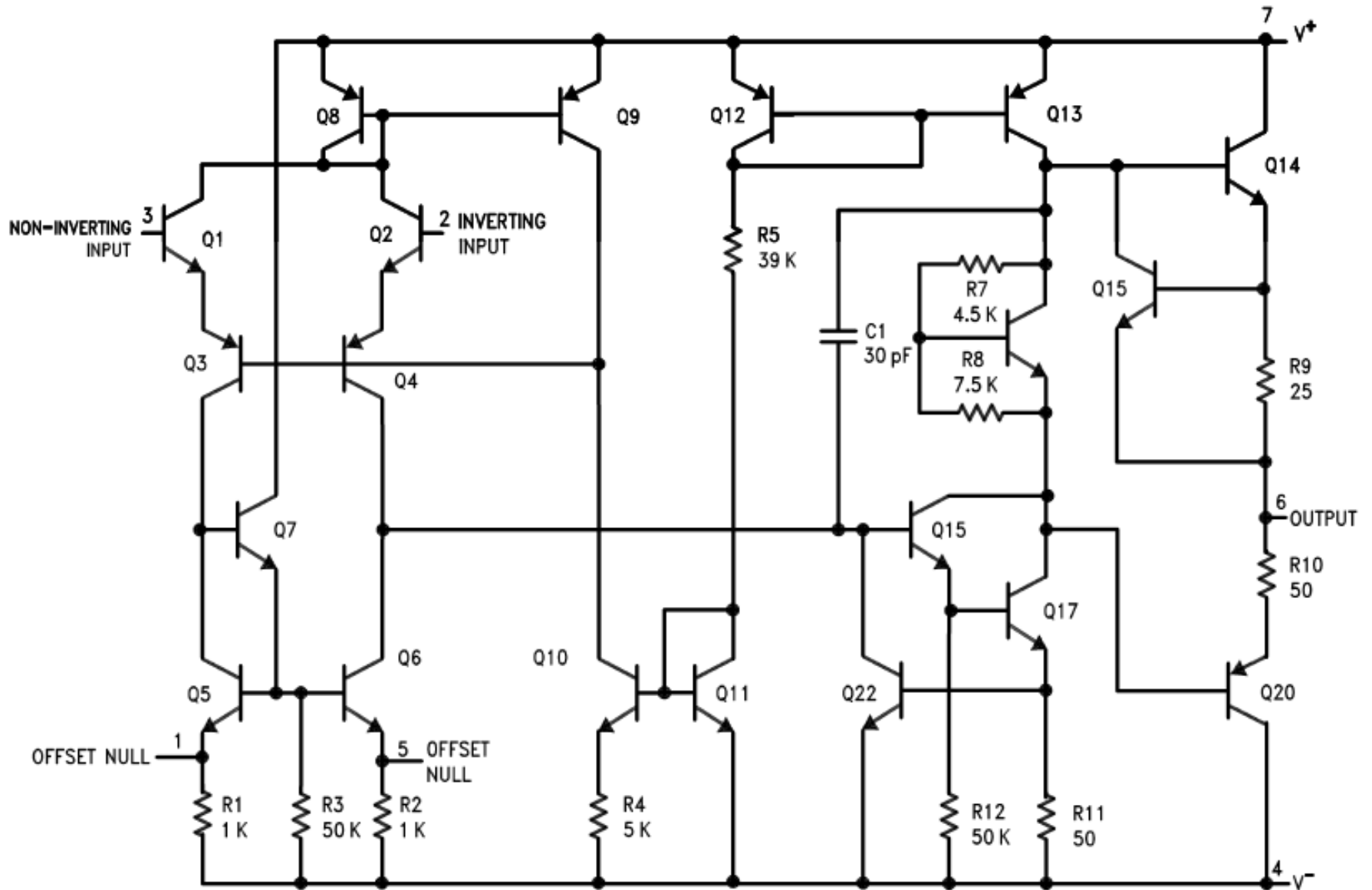
Operationsverstärker sind analoge integrierte Schaltungen (ICs). Sie werden in vielen technischen Bereichen eingesetzt. Mit Operationsverstärkern können z. B. Sensorsignale verstärkt und el. Regler aufgebaut werden.

Beispiele für integrierte Schaltungen





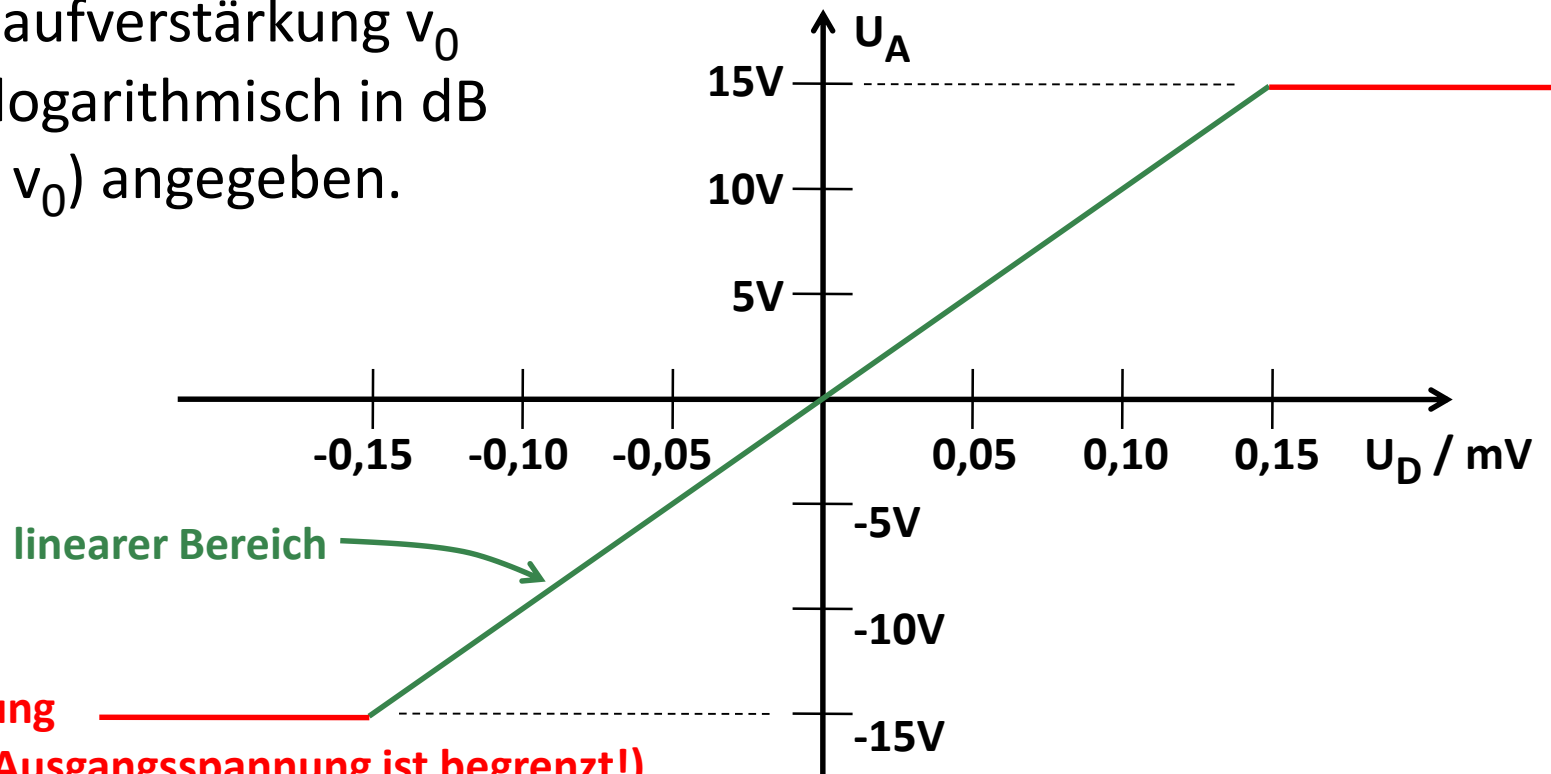
Operationsverstärker LM741, interne Schaltung



Die Differenz der beiden Eingangsspannungen erscheint verstärkt am Ausgang. Diese „Leerlaufverstärkung“ ist sehr hoch (Verstärkungsfaktor ca. 10^4 bis 10^5):

$$U_A = U_D \cdot v_0$$

Die Leerlaufverstärkung v_0 wird oft logarithmisch in dB (= $20 \cdot \log v_0$) angegeben.



Wenn an die beiden Eingänge des Operationsverstärkers unterschiedliche Spannungen angelegt werden, führt die hohe Leerlaufverstärkung dazu, dass am Ausgang ständig die maximale bzw. minimale Ausgangsspannung ansteht (der OPV ist übersteuert).

In der Regel ist daher eine Außenbeschaltung des Operationsverstärkers notwendig, ein sog. **Rückkopplungsnetzwerk**, wodurch ein Teil der Ausgangsspannung auf einen der Eingänge zurückgeführt wird.

Wird die Ausgangsspannung auf den invertierenden („negativen“) Eingang zurückgeführt, spricht man von **Gegenkopplung**, sonst von **Mitkopplung**.

Beispiel: Datenblatt LF411

National Semiconductor August 2000

LF411

Low Offset, Low Drift JFET Input Operational Amplifier

General Description

These devices are low cost, high speed, JFET input operational amplifiers with very low input offset voltage and guaranteed input offset voltage drift. They require low supply current yet maintain a large gain bandwidth product and fast slew rate. In addition, well matched high voltage JFET input devices provide very low input bias and offset currents. The LF411 is pin compatible with the standard LM741 allowing designers to immediately upgrade the overall performance of existing designs.

These amplifiers may be used in applications such as high speed integrators, fast D/A converters, sample and hold circuits and many other circuits requiring low input offset voltage and drift, low input bias current, high input impedance, high slew rate and wide bandwidth.

Features

- Internally trimmed offset voltage: 0.5 mV(max)
- Input offset voltage drift: $10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ (max)
- Low input bias current: 50 pA
- Low input noise current: 0.01 pA/√Hz
- Wide gain bandwidth: 3 MHz(min)
- High slew rate: $10\text{V}/\mu\text{s}$ (min)
- Low supply current: 1.8 mA
- High input impedance: $10^{12}\Omega$
- Low total harmonic distortion: $\leq 0.02\%$
- Low 1/f noise corner: 50 Hz
- Fast settling time to 0.01%: 2 μs

Typical Connection

Connection Diagrams

Metal Can Package

Note: Pin 4 connected to case.

Top View
Order Number LF411ACH or LF411MH883 (Note 11)
See NS Package Number H08A

Dual-In-Line Package

Top View
Order Number LF411ACN, LF411CN
See NS Package Number N08E

Ordering Information

LF411XYZ
X indicates electrical grade
Y indicates temperature range
"M" for military
"C" for commercial
Z indicates package type
"H" or "N"

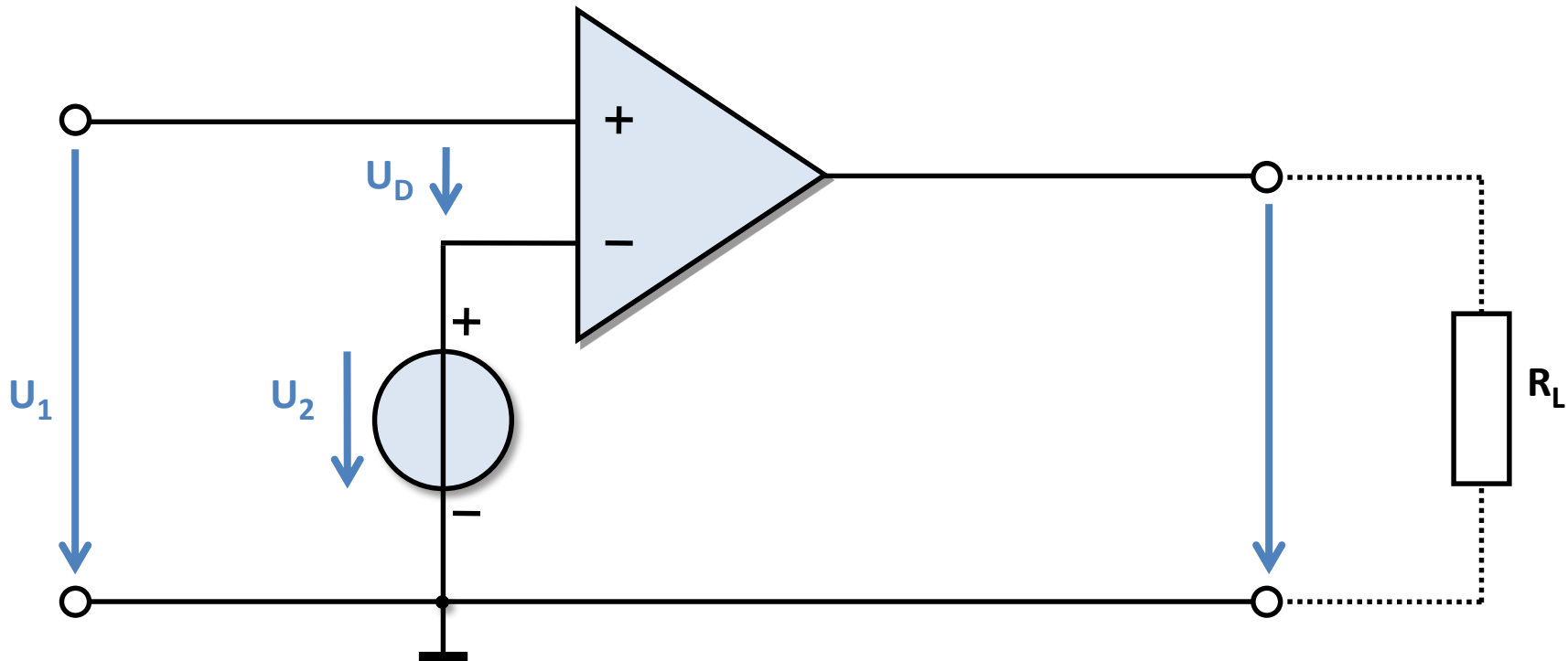
©-PAT 1974 & 1980/81 BY NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION.

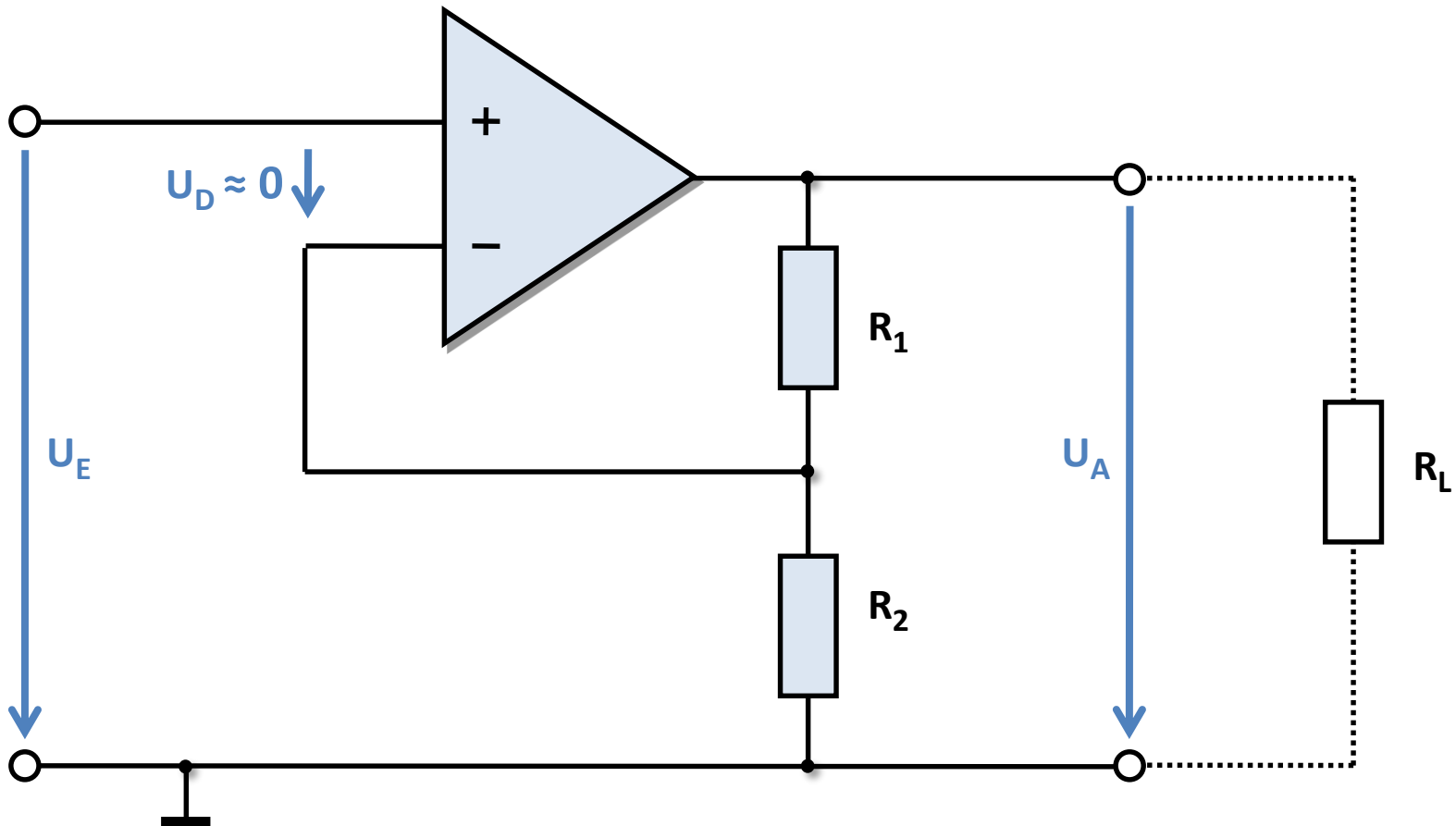
LF411 Low Offset Low Drift JFET Input Operational Amplifier

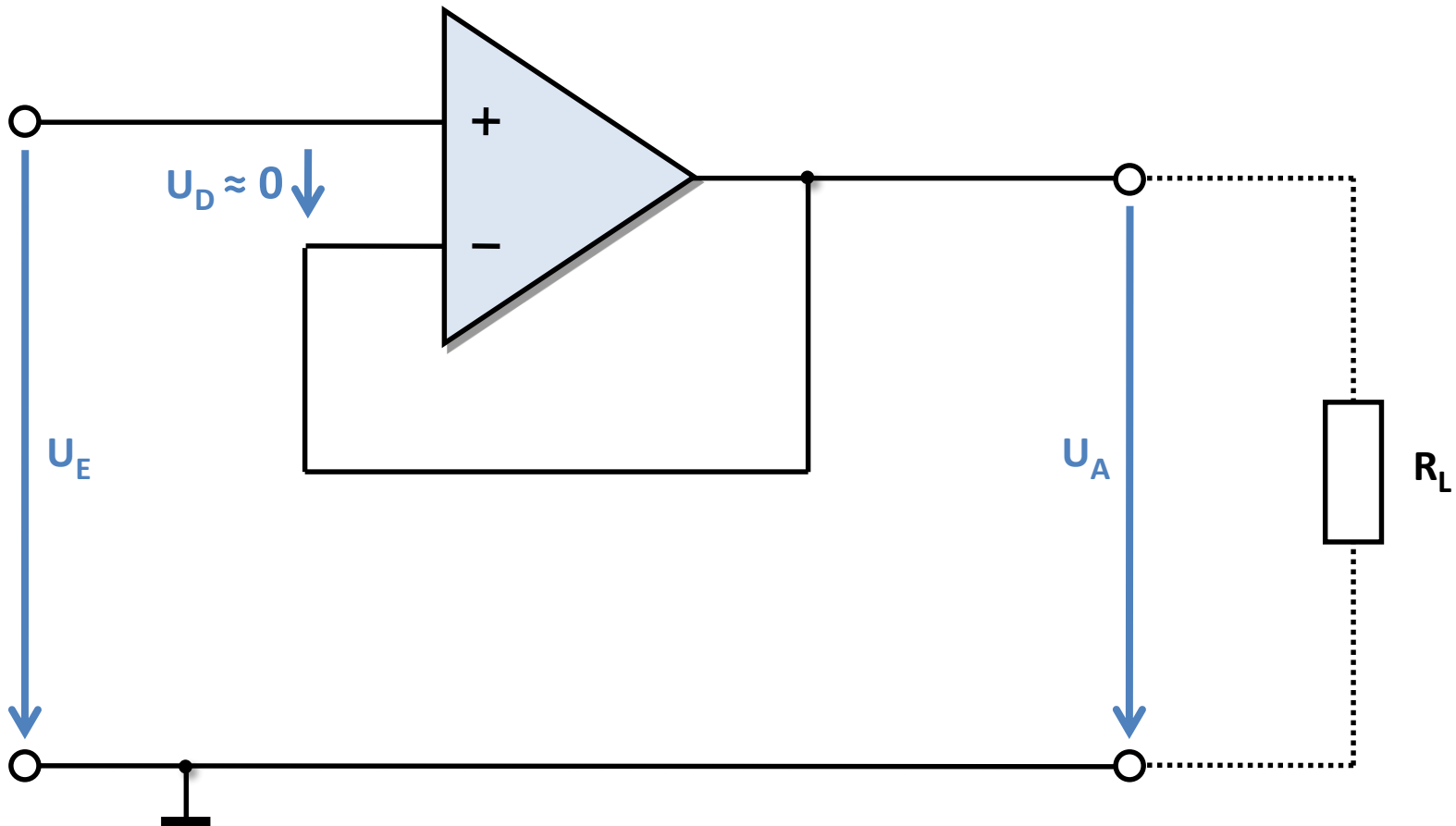
Features

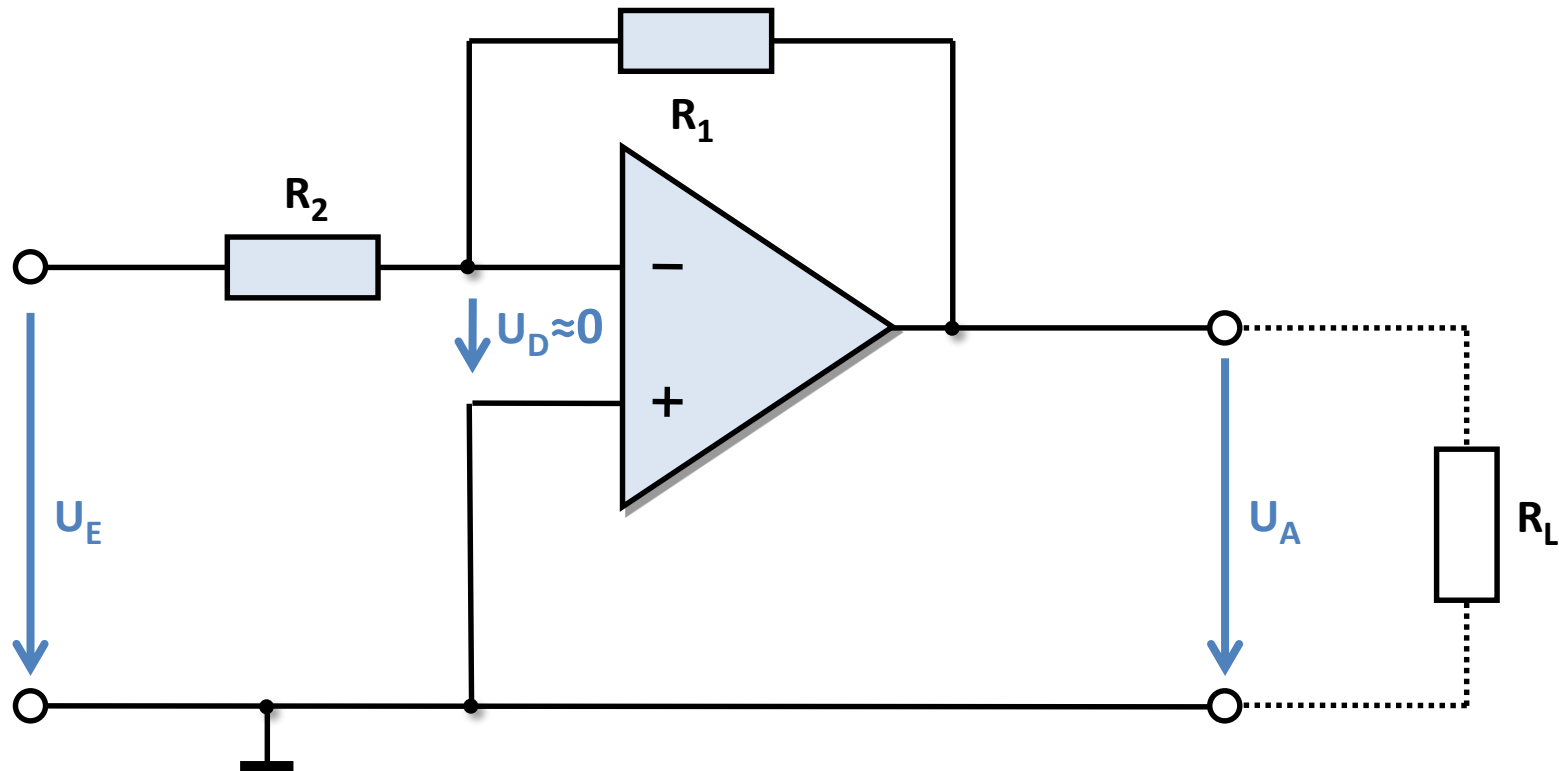
- Internally trimmed offset voltage: 0.5 mV(max)
- Input offset voltage drift: $10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ (max)
- Low input bias current: 50 pA
- Low input noise current: 0.01 pA/√Hz
- Wide gain bandwidth: 3 MHz(min)
- High slew rate: $10\text{V}/\mu\text{s}$ (min)
- Low supply current: 1.8 mA
- High input impedance: $10^{12}\Omega$
- Low total harmonic distortion: $\leq 0.02\%$
- Low 1/f noise corner: 50 Hz
- Fast settling time to 0.01%: 2 μs

Liegen an den Eingängen des OPV unterschiedliche Spannungen, führt die hohe Leerlaufverstärkung dazu, dass am Ausgang ständig die max. oder min. Ausgangsspannung ansteht (OPV ist übersteuert). Dies kann dazu genutzt werden, Spannungen zu vergleichen („Komparator“).

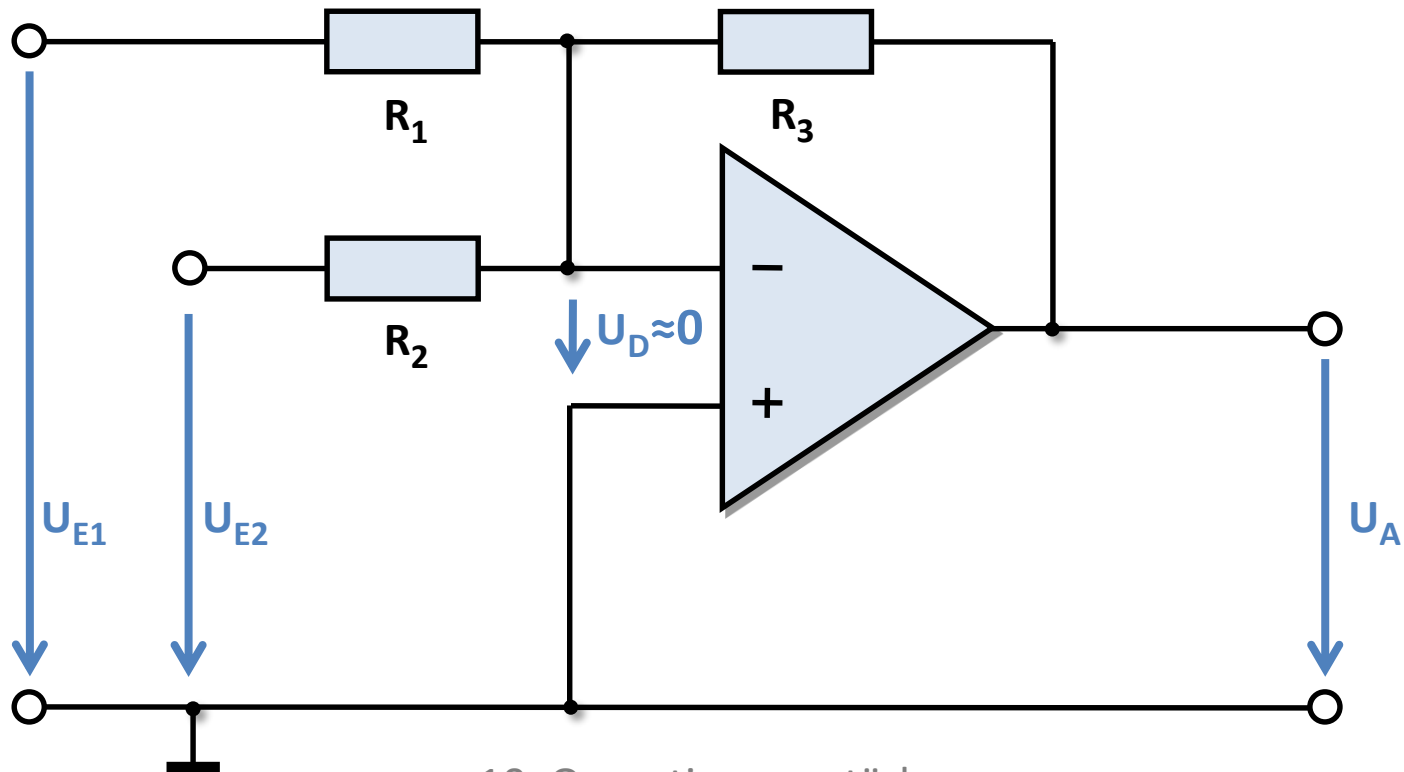


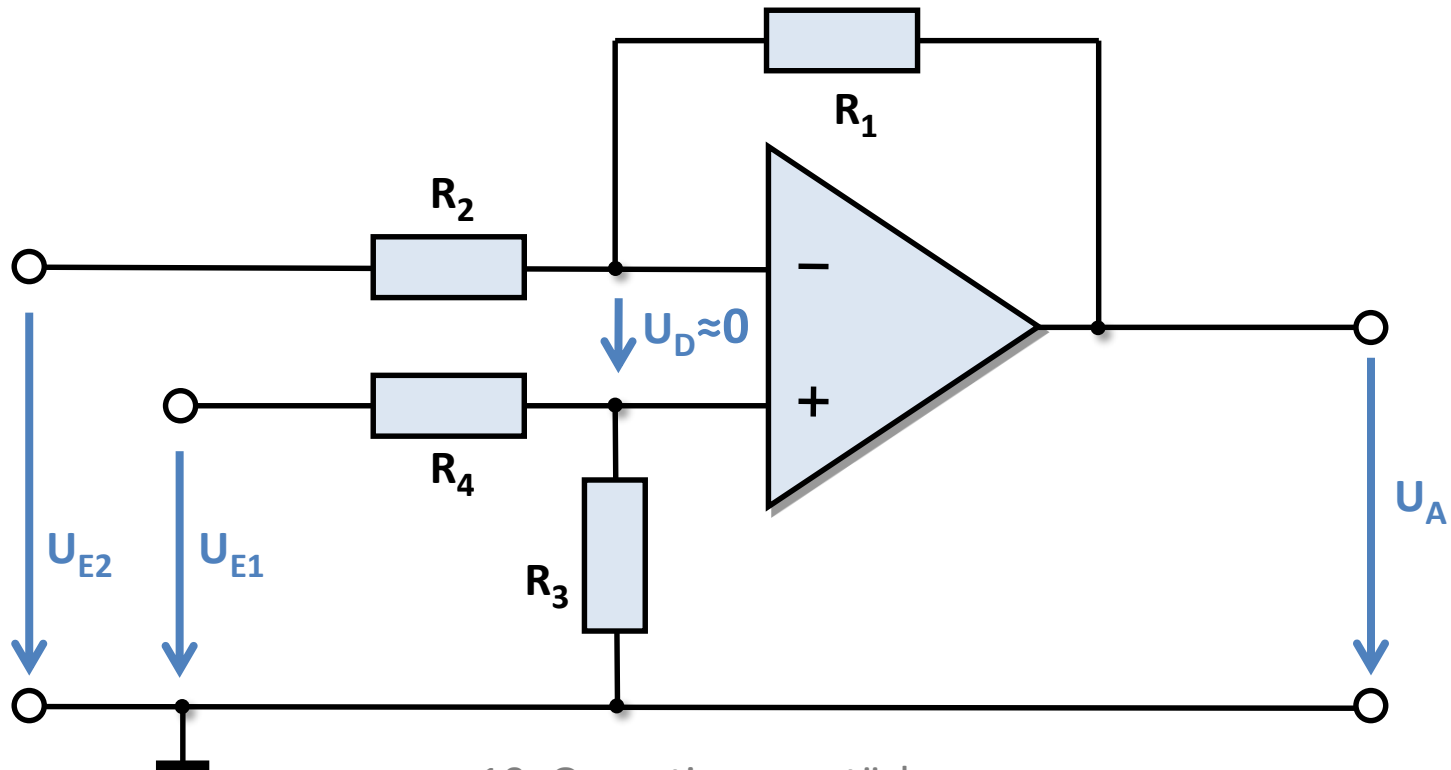






Addierverstärker (invertierend)



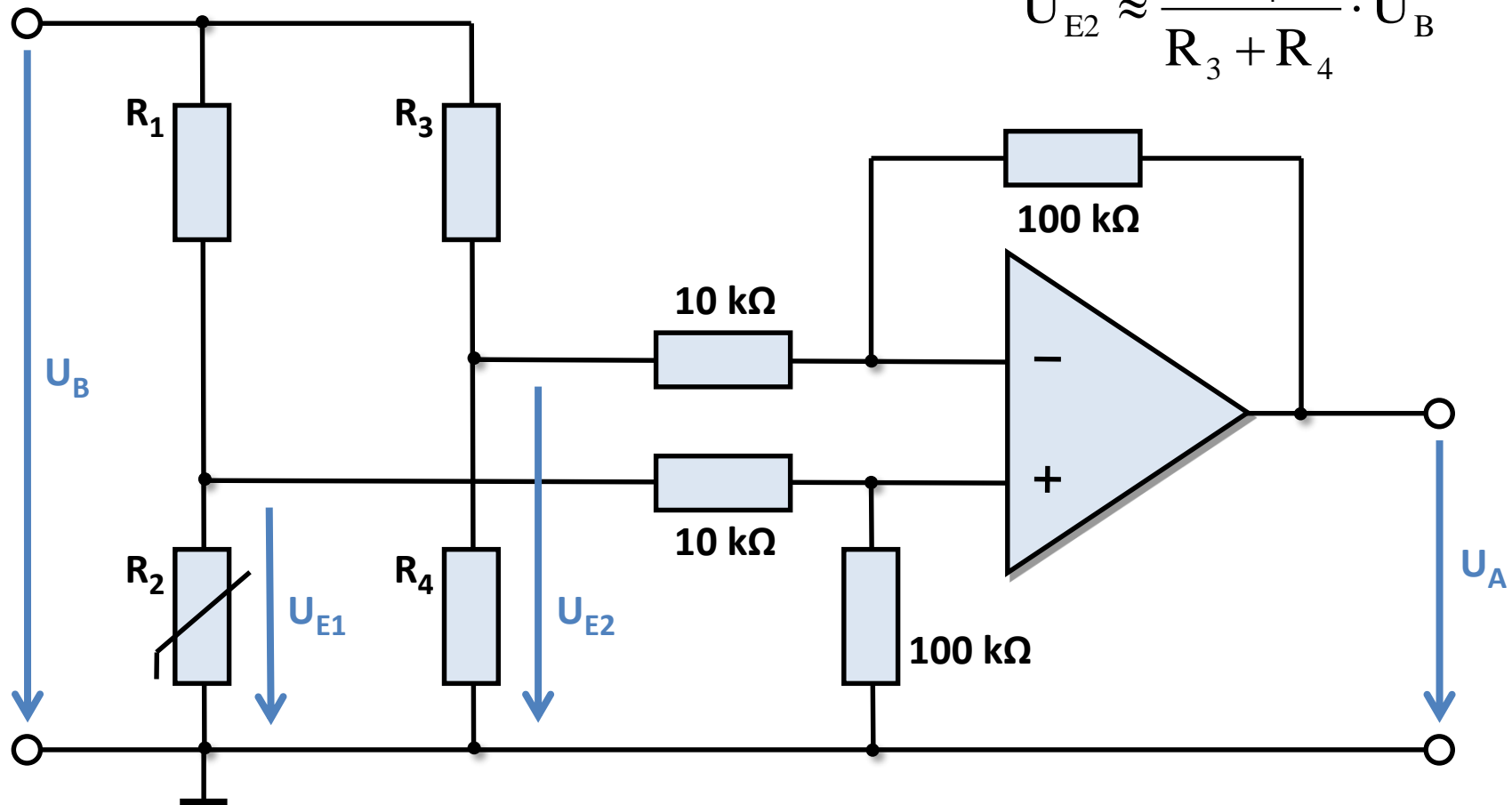


Differenzverstärker (Anwendungsbeispiel)

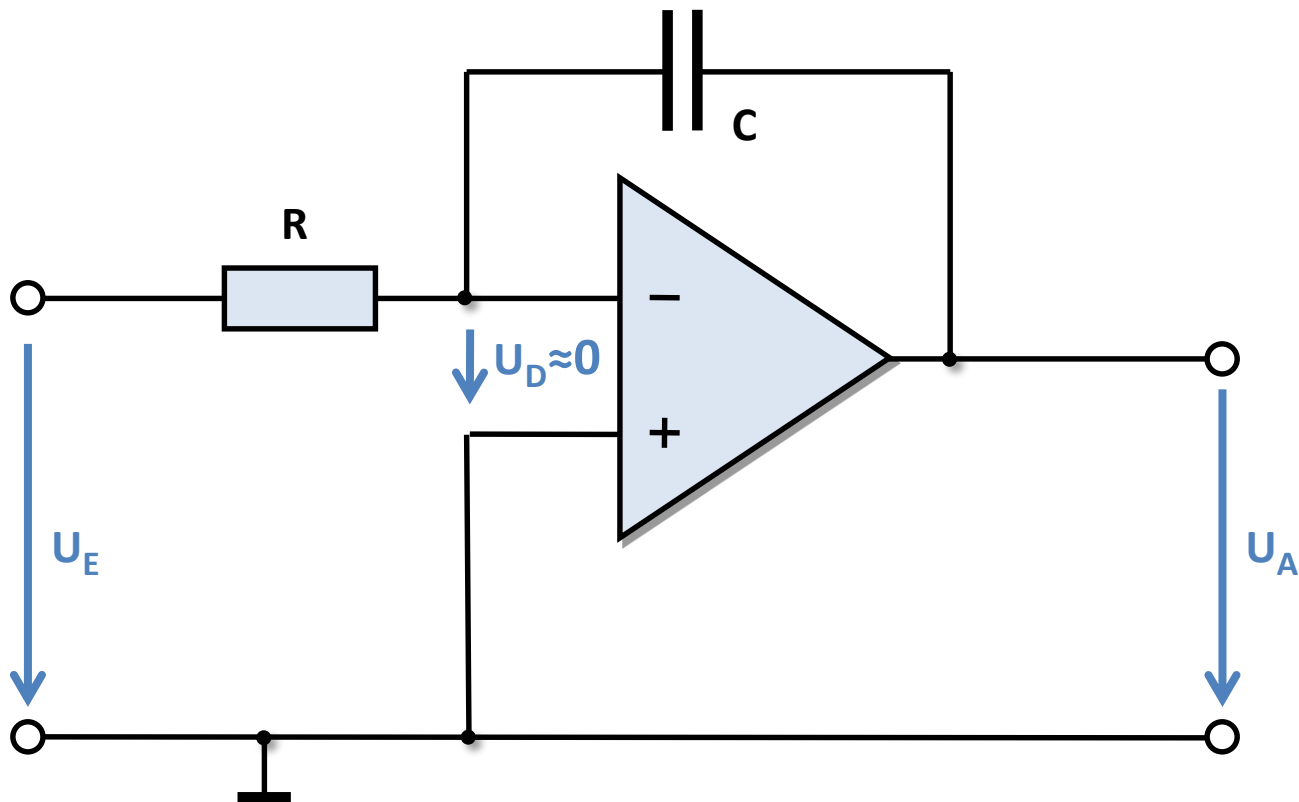
Differenzverstärker mit Brückenschaltung:
z. B. zur Temperatur-, Strömungsmessung

$$U_{E1} \approx \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_B$$

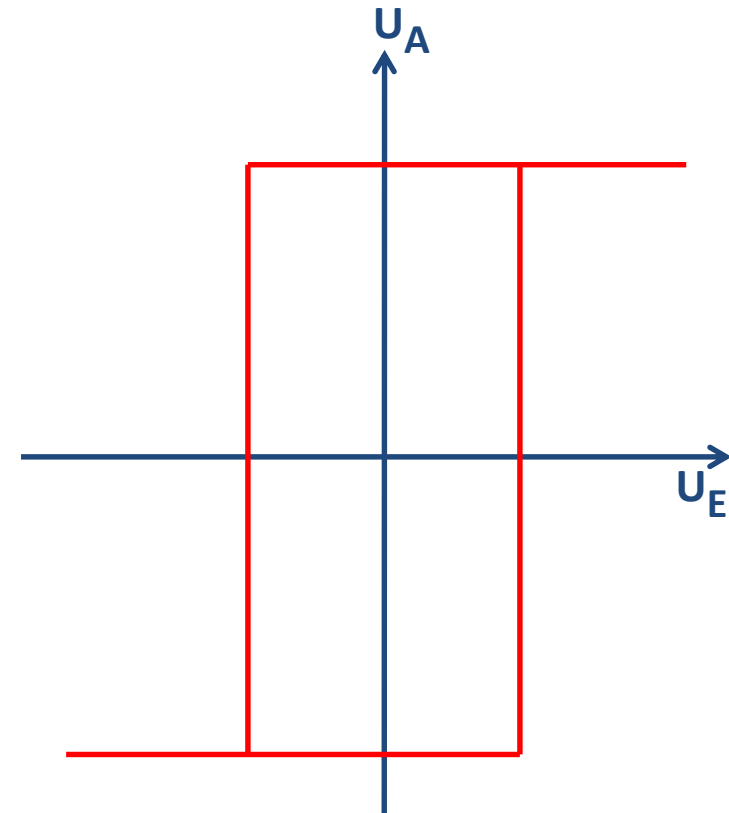
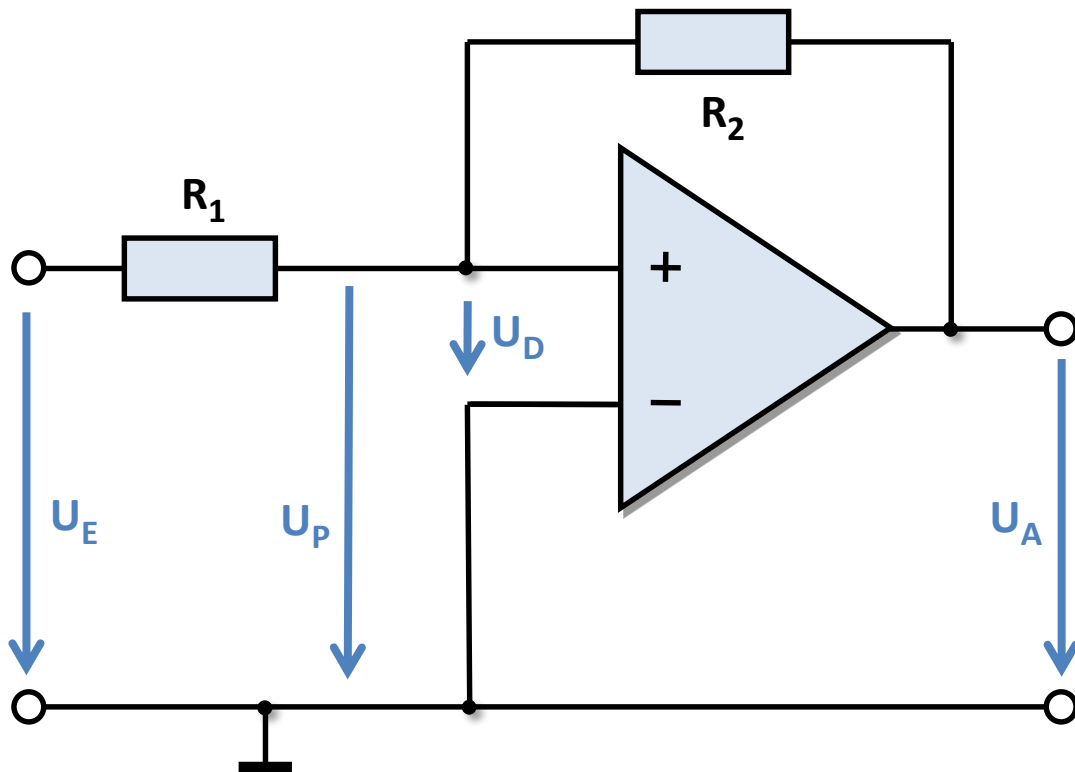
$$U_{E2} \approx \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot U_B$$



Integrator



Komparator mit Hysterese („Schmitt-Trigger“)



(SS 2010 – FA, Aufgabe 2)

Auf der folgenden Seite ist ein PI-Regler aus drei idealen Operationsverstärkern abgebildet. Die Reaktion des Reglers auf einen Sprung der Eingangsspannung u_E soll ermittelt werden („Sprungantwort“).

Alle Operationsverstärker haben eine maximale Ausgangsspannung von ± 10 Volt. Zum Zeitpunkt $t = 0$ ist der Kondensator nicht geladen.

- i. Geben Sie die genaue Funktion der Verstärkerstufen OP_1 , OP_2 und OP_3 an. Welche Zusammenhänge bestehen zwischen den Ein- und Ausgangsspannungen bei jeder der drei Teilschaltungen?
- ii. Zeichnen Sie die zeitlichen Verläufe von u_1 , u_2 und u_A in das vorbereitete Diagramm.
- iii. Zu welchem Zeitpunkt t_1 erreicht die Ausgangsspannung u_A den maximal möglichen Wert von 10 Volt?

Übungsaufgabe 10.1 (b)

