



**ORIGINALE PLASTIK VERPACKUNG**

**REFERAT:**

**OPERATIONSVERSTÄRKER**

Marcel Opitz

08.05.2014

# Inhalt

- Grundlegender Aufbau
  - Innerer Aufbau
- Kennwerte des OPV
- Grundsaltungen
  - Mitkopplung, Gegenkopplung
  - Invertierender Verstärker
  - Nicht invertierender Verstärker
  - Impedanzwandler/ Spannungsfolger
  - Umkehraddierer
  - Subtrahierer
  - Tiefpass
  - Hochpass
  - Tief-, Hochpass höherer Ordnung
  - Bandpass, Bandsperre 1.Ordnung
  - Invertierender Schmitt-Trigger
  - Nichtinvertierender Schmitt-Trigger
  - Weitere Schaltungen
- Praxis
  - Offset
  - Frequenzkompensation
  - Gleichtaktunterdrückung
  - Weiter wichtige Daten
- Zusammenfassung
- Literatur

# Inhalt

- **Grundlegender Aufbau**
  - Innerer Aufbau
- Kennwerte des OPV
- Grundsaltungen
  - Mitkopplung, Gegenkopplung
  - Invertierender Verstärker
  - Nicht invertierender Verstärker
  - Impedanzwandler/ Spannungsfolger
  - Umkehraddierer
  - Subtrahierer
  - Tiefpass
  - Hochpass
  - Tief-, Hochpass höherer Ordnung
  - Bandpass, Bandsperre 1.Ordnung
  - Invertierender Schmitt-Trigger
  - Nichtinvertierender Schmitt-Trigger
  - Weitere Schaltungen
- Praxis
  - Offset
  - Frequenzkompensation
  - Gleichtaktunterdrückung
  - Weiter wichtige Daten
- Zusammenfassung
- Literatur

# Grundlegender Aufbau



Abbildung 01

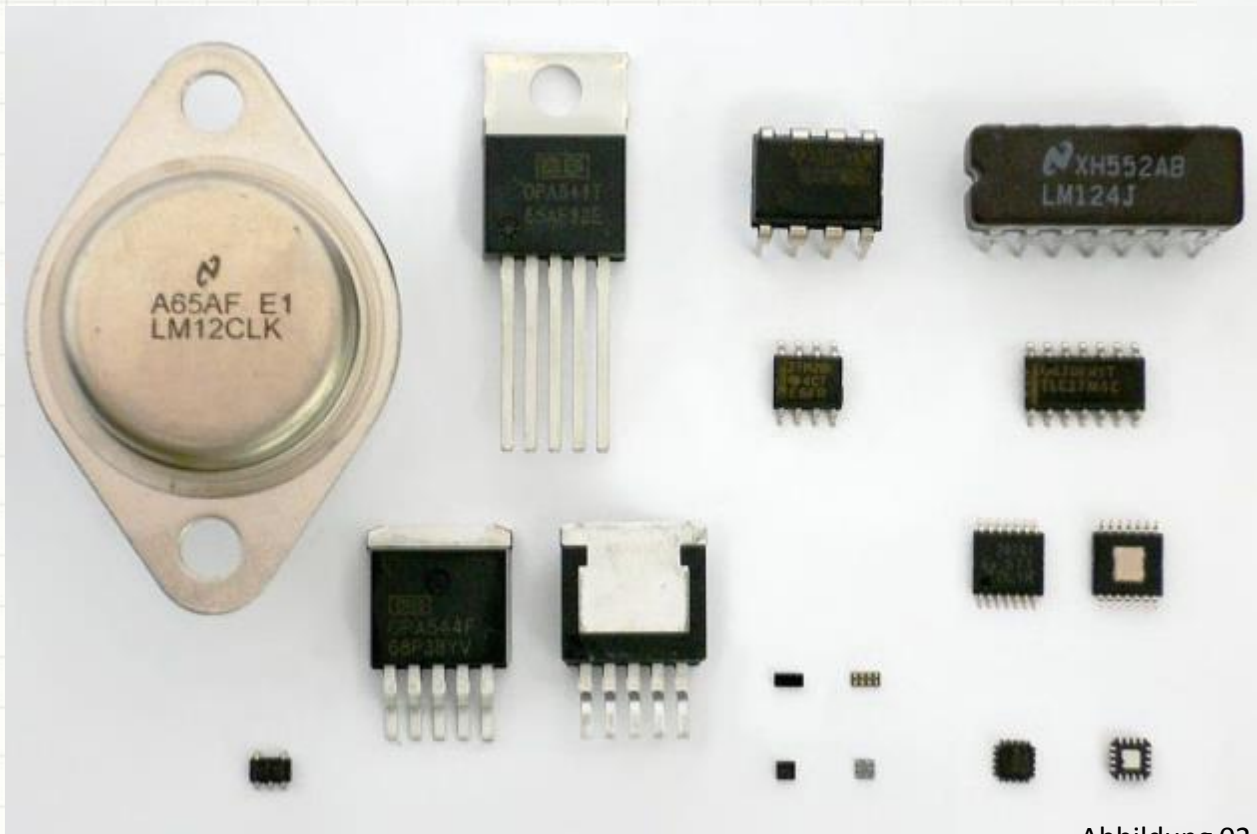


Abbildung 02

# Grundlegender Aufbau

- Invertierender Eingang,
- nicht invertierender Eingang
- Ausgang
- Versorgungsspannung



# Grundlegender Aufbau

- Invertierender Eingang,
- nicht invertierender Eingang
- Ausgang
- Versorgungsspannung

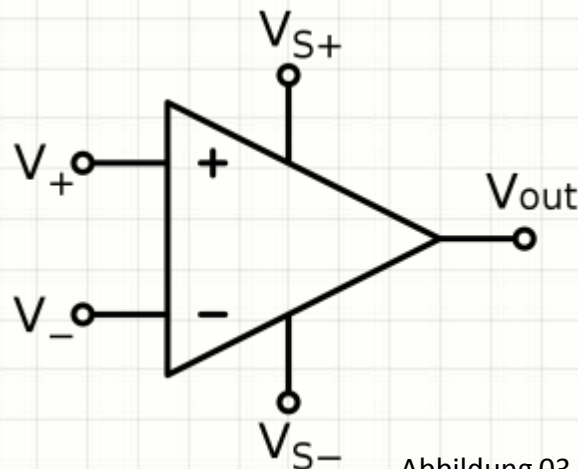


Abbildung 03

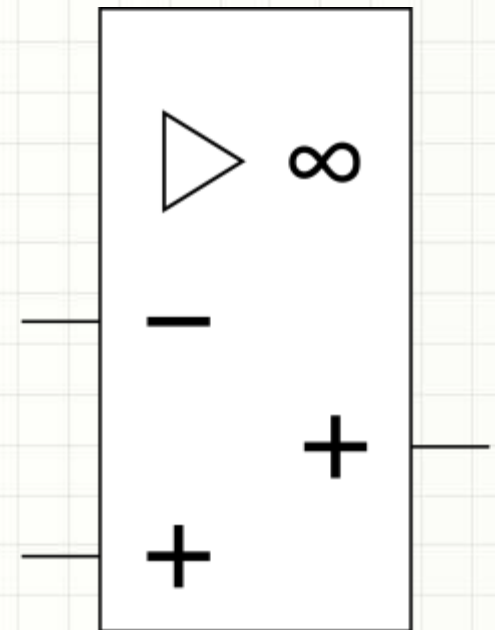


Abbildung 04

# Innerer Aufbau

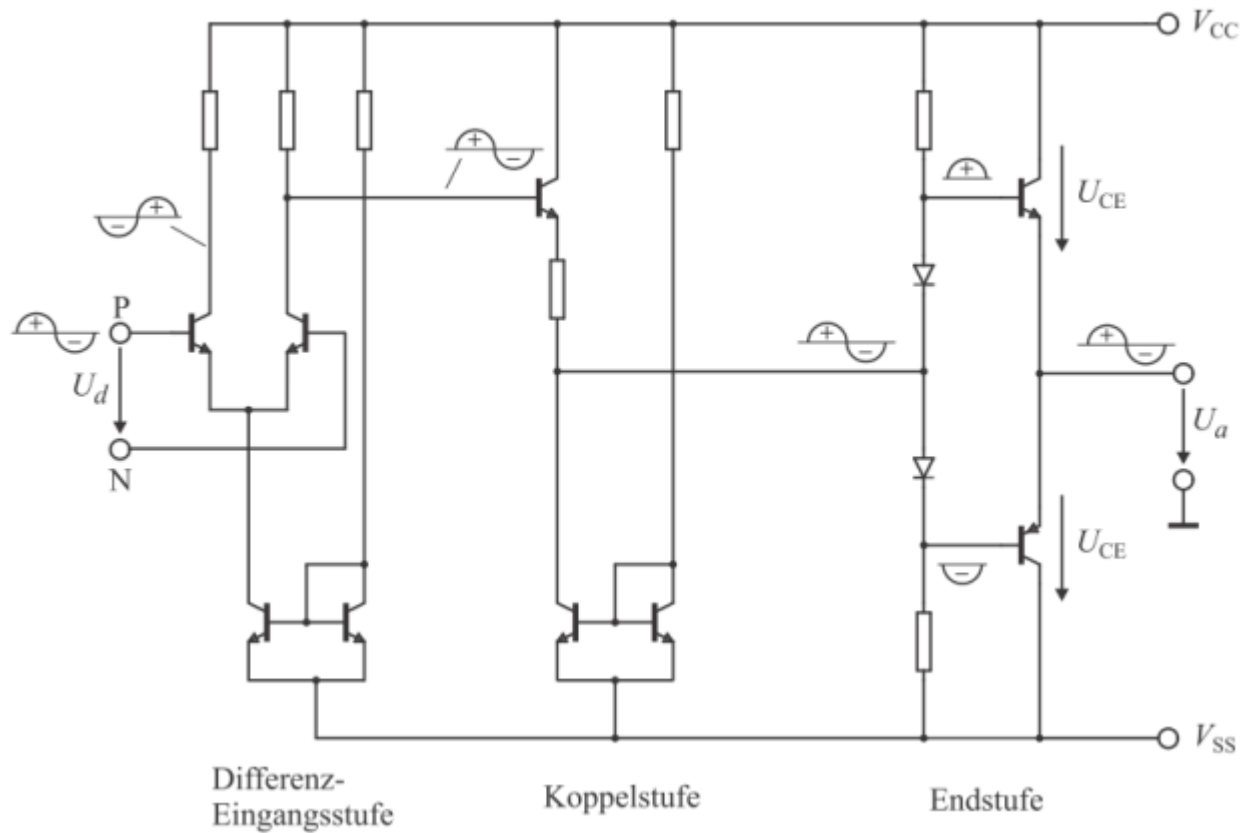


Abbildung 05

# Inhalt

- Grundlegender Aufbau
  - Innerer Aufbau
- **Kennwerte des OPV**
- Grundsaltungen
  - Mitkopplung, Gegenkopplung
  - Invertierender Verstärker
  - Nicht invertierender Verstärker
  - Impedanzwandler/ Spannungsfolger
  - Umkehraddierer
  - Subtrahierer
  - Tiefpass
  - Hochpass
  - Tief-, Hochpass höherer Ordnung
  - Bandpass, Bandsperre 1.Ordnung
  - Invertierender Schmitt-Trigger
  - Nichtinvertierender Schmitt-Trigger
  - Weitere Schaltungen
- Praxis
  - Offset
  - Frequenzkompensation
  - Gleichtaktunterdrückung
  - Weiter wichtige Daten
- Zusammenfassung
- Literatur



# Kennwerte des OPV

	Ideal	Reell
Hohe Verstärkung	$\infty$	$10^3 \dots 10^6$
Großer Eingangswiderstand	$\infty \Omega$	$10^5 \dots 10^{14} \Omega$
Kleiner Ausgangswiderstand	$0 \Omega$	$10 \dots 200 \Omega$
Ausgangsstrom	$\infty A$	max. 100mA
Aussteuerungsbereich	$-U_B \dots + U_B$	etwas weniger als $U_B$
Betriebsspannung	keine	$\pm 2V \dots \pm 18V$
Temperaturabhängigkeit, Alterungsverhalten	keine	vorhanden

# Kennwerte des OPV

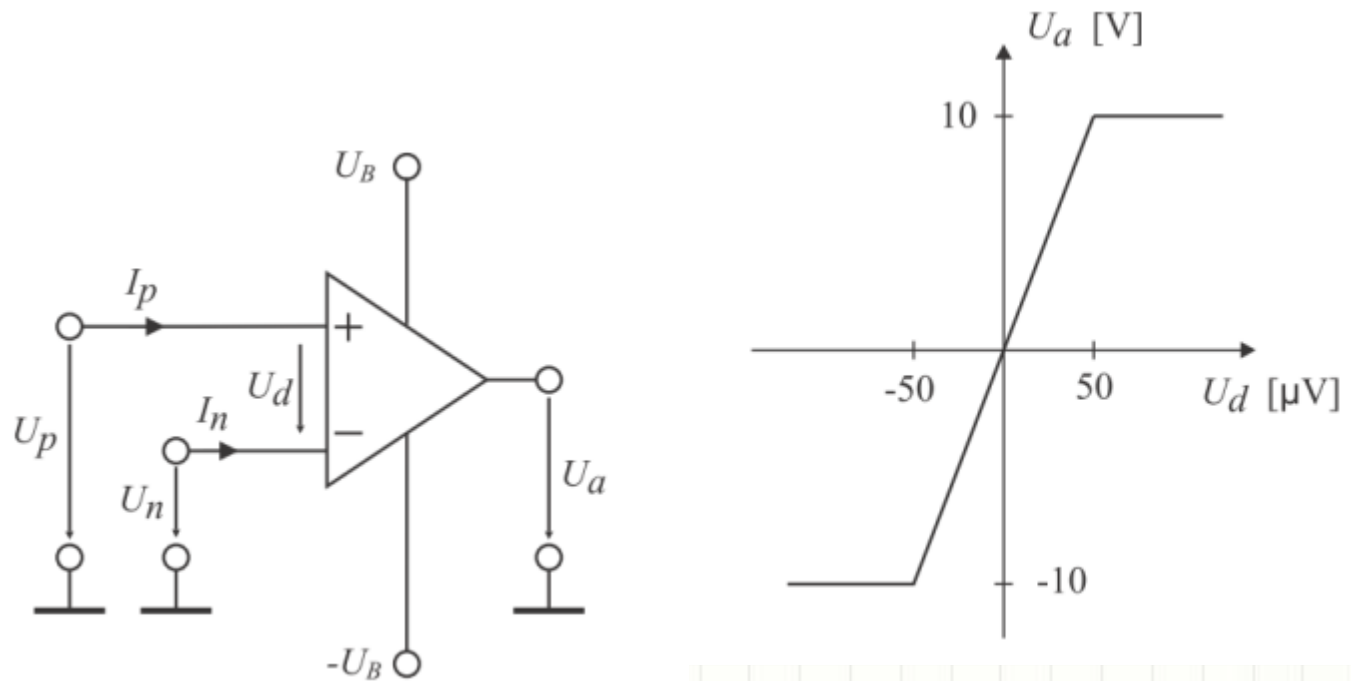


Abbildung 07

# Inhalt

- Grundlegender Aufbau
  - Innerer Aufbau
- Kennwerte des OPV
- **Grundsaltungen**
  - **Mitkopplung, Gegenkopplung**
  - **Invertierender Verstärker**
  - **Nicht invertierender Verstärker**
  - **Impedanzwandler/ Spannungsfolger**
  - **Umkehraddierer**
  - **Subtrahierer**
  - **Tiefpass**
  - **Hochpass**
  - **Tief-, Hochpass höherer Ordnung**
  - **Bandpass, Bandsperre 1.Ordnung**
  - **Invertierender Schmitt-Trigger**
  - **Nichtinvertierender Schmitt-Trigger**
  - **Weitere Schaltungen**
- Praxis
  - Offset
  - Frequenzkompensation
  - Gleichtaktunterdrückung
  - Weiter wichtige Daten
- Zusammenfassung
- Literatur

# Gegenkopplung

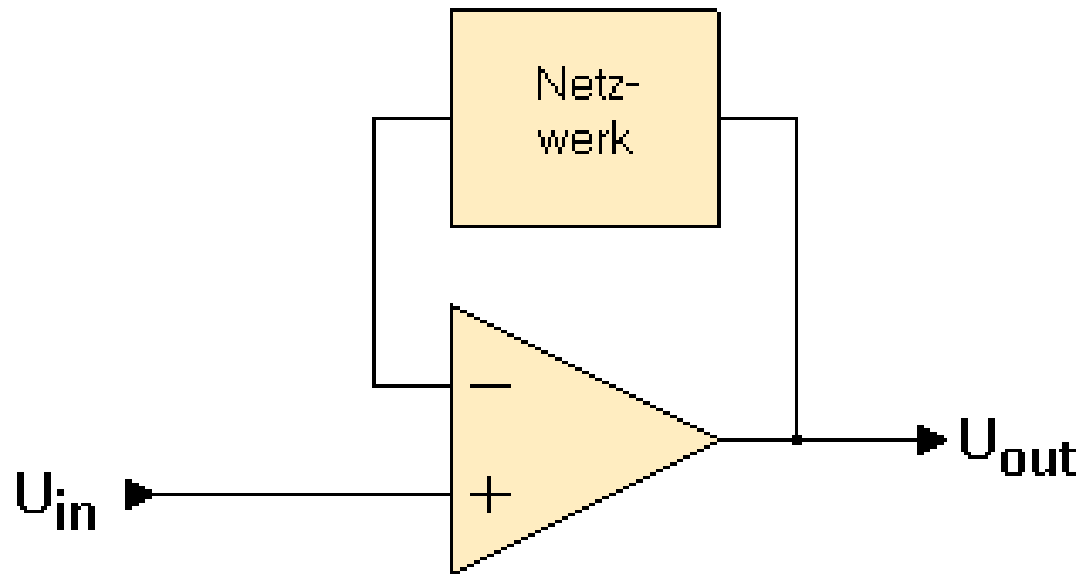


Abbildung 08

# Mitkopplung

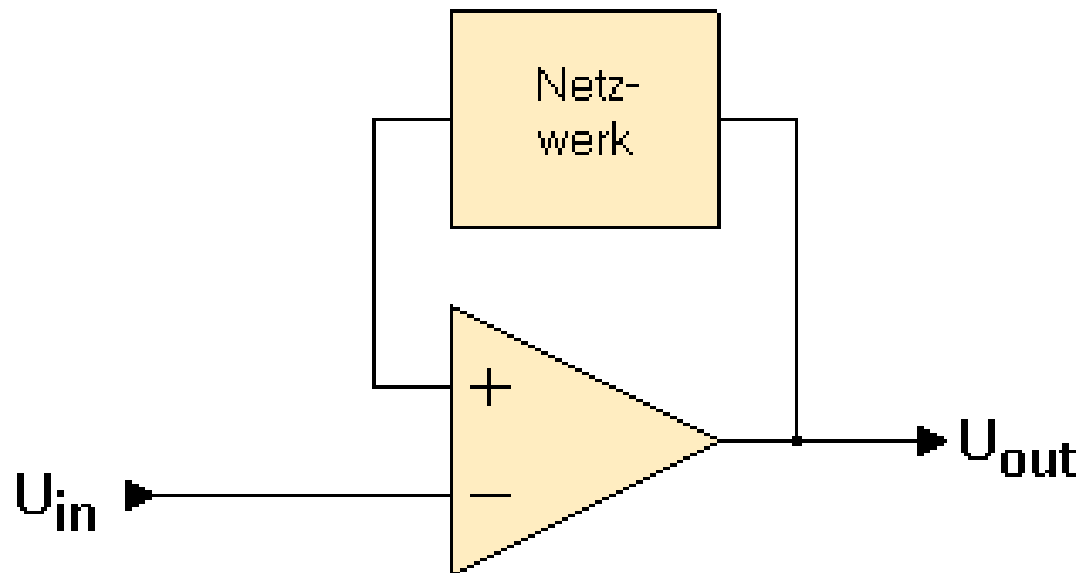
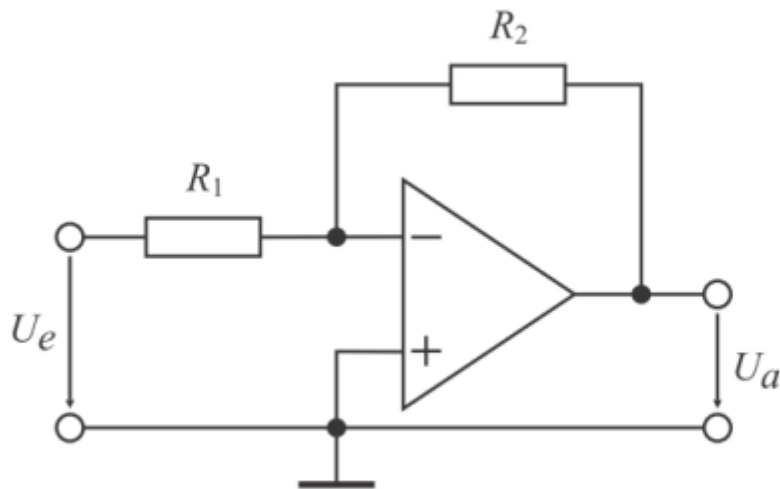


Abbildung 09

# Invertierender Verstärker

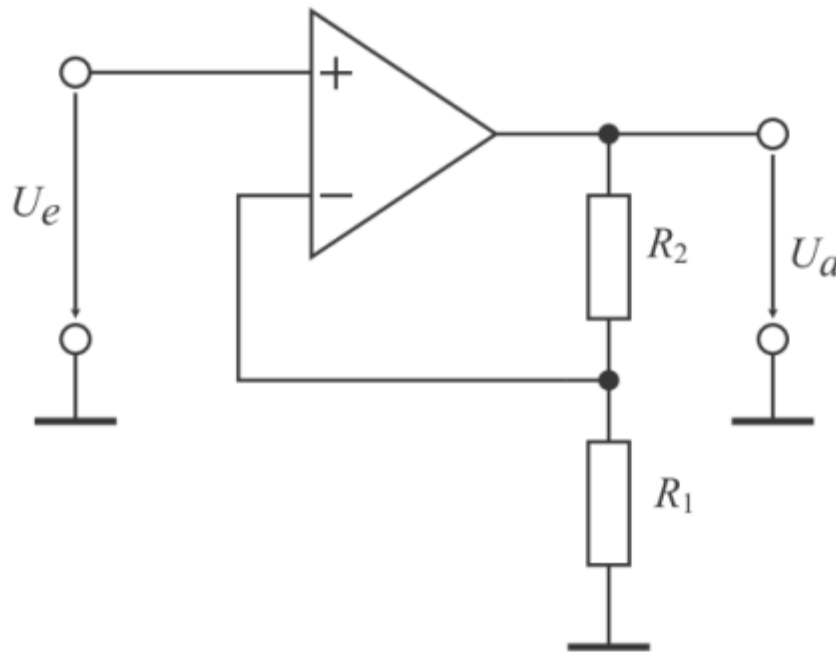


$$V = \frac{U_a}{U_e} = -\frac{R_2}{R_1}$$

Abbildung 10



# Nicht invertierender Verstärker



$$V = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Abbildung 11

# Impedanzwandler/ Spannungsfolger

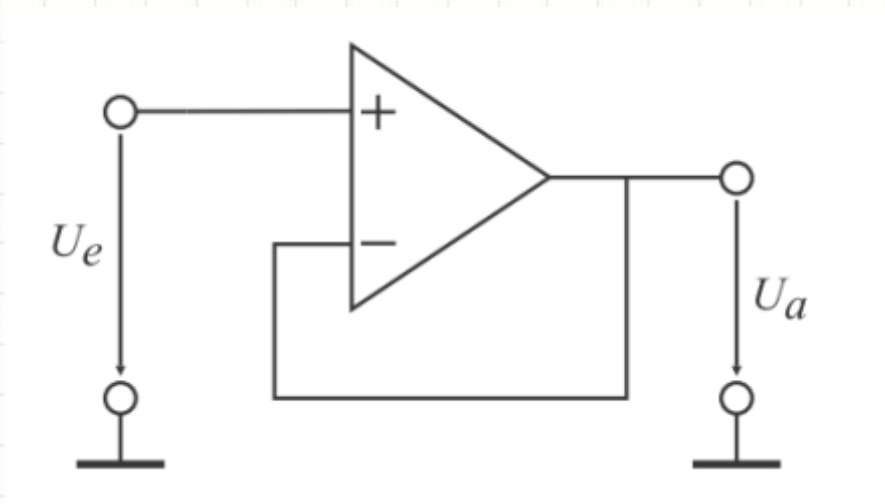


Abbildung 12

$$U_a = U_e$$

# Umkehraddierer

$$U_a = - \left[ U_1 \frac{R}{R_1} + U_2 \frac{R}{R_2} + \dots + U_m \frac{R}{R_m} \right]$$

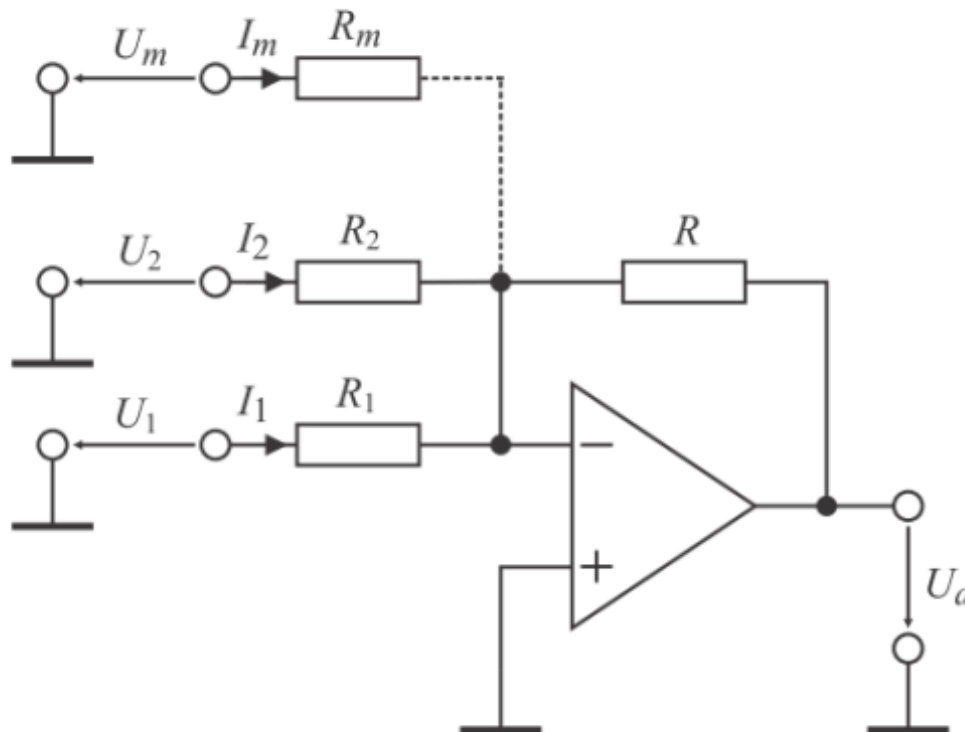
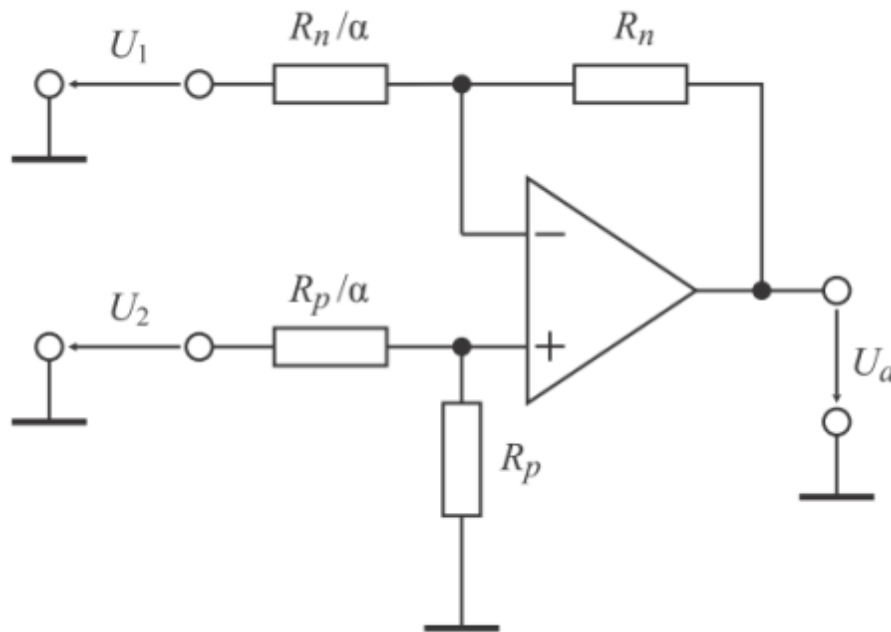


Abbildung 13

# Subtrahierer



$$U_a = \alpha[U_2 - U_1]$$

Abbildung 14

# Tiefpass

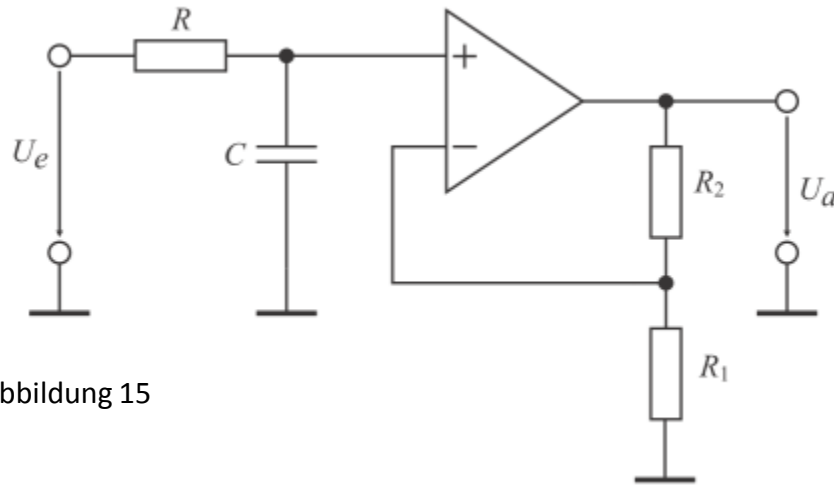


Abbildung 15

$$H(s) = V \cdot \frac{1}{1 + sRC}$$

$$V = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

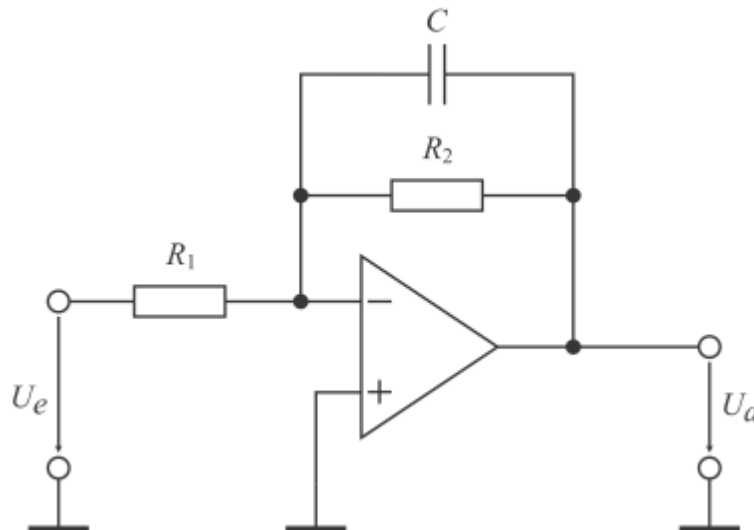


Abbildung 16

$$H(s) = V \cdot \frac{1}{1 + sR_2C}$$

$$V = -\frac{R_2}{R_1}$$

# Hochpass

$$H(s) = V \cdot \frac{sRC}{1 + sRC}$$

$$V = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

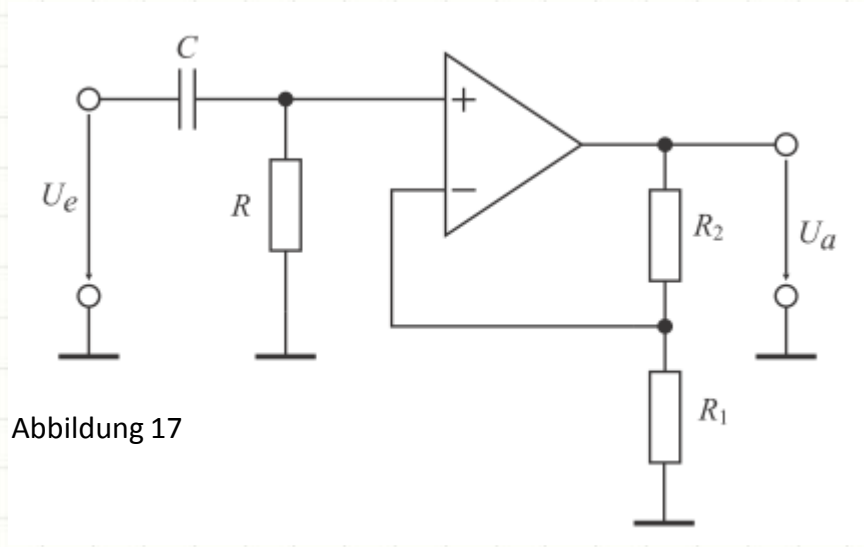


Abbildung 17

$$H(s) = V \cdot \frac{sR_1C}{1 + sR_1C}$$

$$V = -\frac{R_2}{R_1}$$

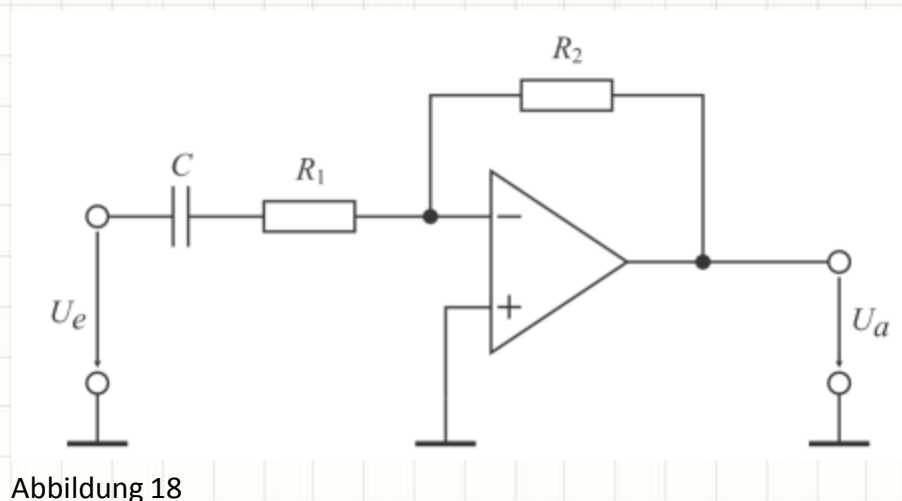


Abbildung 18



# Tief-, Hochpass höherer Ordnung

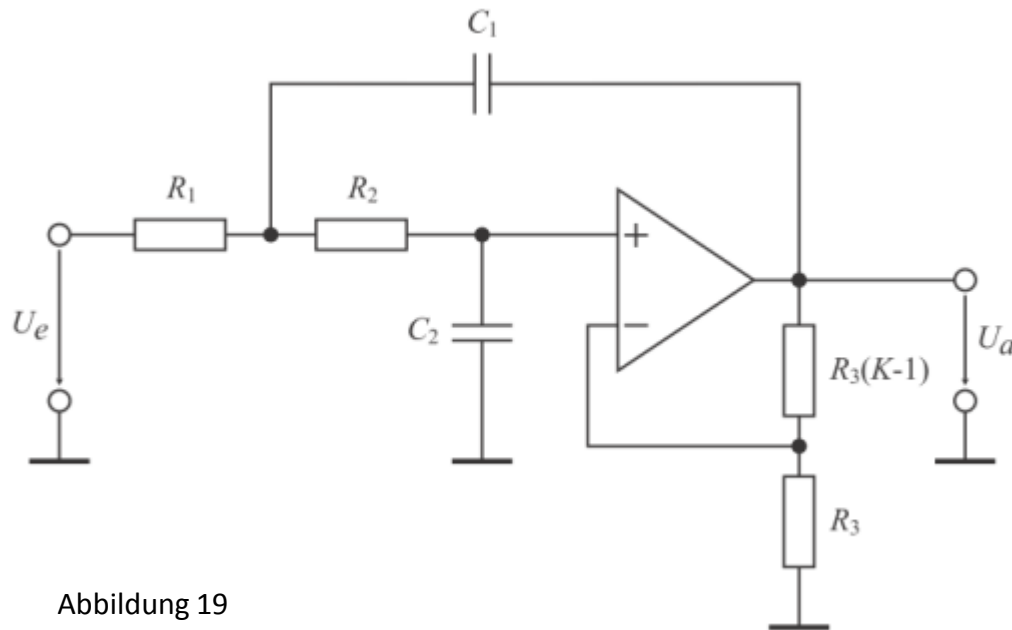


Abbildung 19

Tiefpass 2. Ordnung

(Hochpass 2. Ordnung  
Analog)

# Bandpass, Bandsperre 1.Ordnung

Bandpass:  $f_{HP} < f_{TP}$

Bandspeere:  $f_{TP} < f_{HP}$

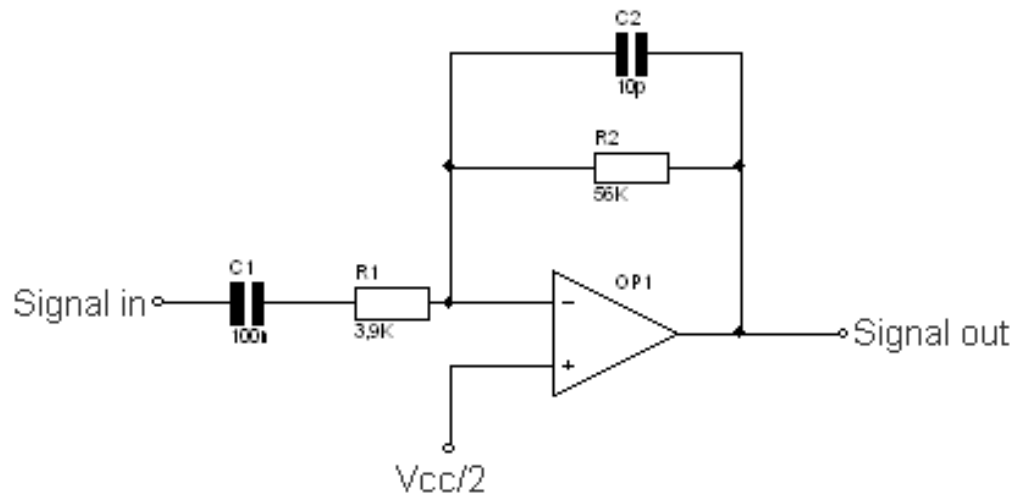


Abbildung 20

$$V = - \frac{R_2}{R_1}$$

$$f_1 = f_{HP} = \frac{1}{2\pi \cdot R_1 \cdot C_1}$$

$$f_2 = f_{TP} = \frac{1}{2\pi \cdot R_2 \cdot C_2}$$

# Invertierender Schmitt-Trigger

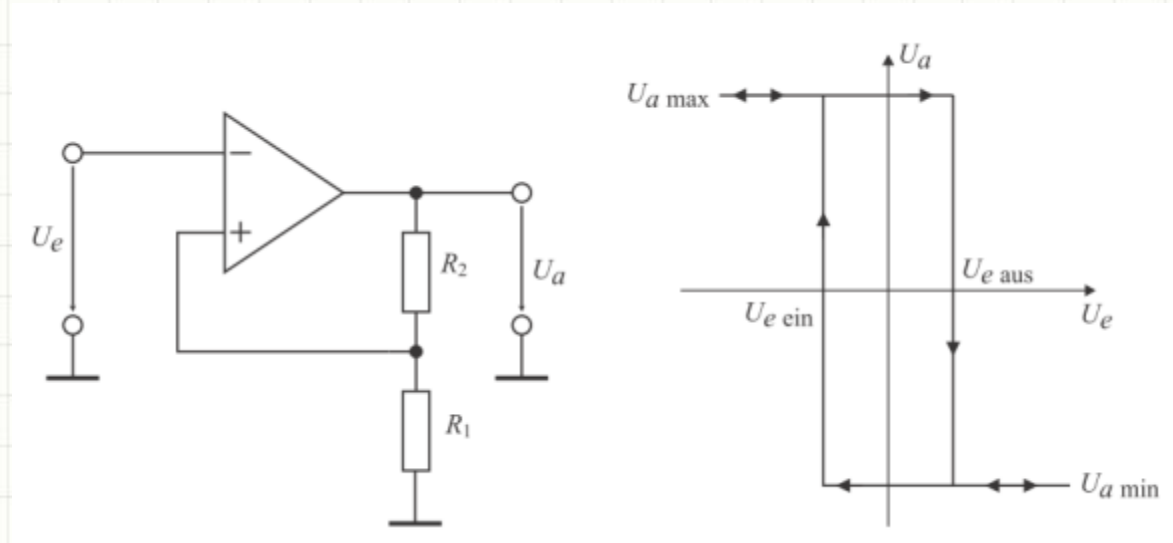


Abbildung 25

$$\text{Einschaltsschwelle: } U_{e \text{ ein}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{a \min}$$

$$\text{Ausschaltsschwelle: } U_{e \text{ aus}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{a \max}$$

# Nichtinvertierender Schmitt-Trigger

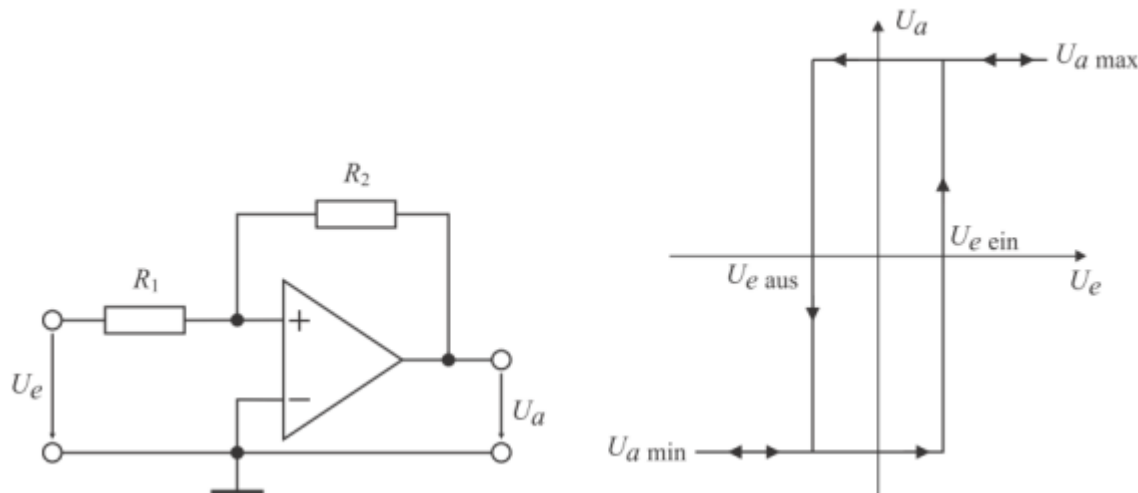


Abbildung 26

$$\text{Einschaltschwelle: } U_{e \text{ ein}} = -\frac{R_1}{R_2} U_{a \min}$$

$$\text{Ausschaltschwelle: } U_{e \text{ aus}} = -\frac{R_1}{R_2} U_{a \max}$$

# Weitere Schaltungen

- Integrator
- Differenzierer
- Logarithmierer
- Komparator
- ...

# Inhalt

- Grundlegender Aufbau
  - Innerer Aufbau
- Kennwerte des OPV
- Grundsaltungen
  - Mitkopplung, Gegenkopplung
  - Invertierender Verstärker
  - Nicht invertierender Verstärker
  - Impedanzwandler/ Spannungsfolger
  - Umkehrdaddierer
  - Subtrahierer
  - Tiefpass
  - Hochpass
  - Tief-, Hochpass höherer Ordnung
  - Bandpass, Bandsperre 1.Ordnung
  - Invertierender Schmitt-Trigger
  - Nichtinvertierender Schmitt-Trigger
  - Weitere Schaltungen
- Praxis
  - **Offset**
  - **Frequenzkompensation**
  - **Gleichtaktunterdrückung**
  - **Weiter wichtige Daten**
- Zusammenfassung
- Literatur



# Offset

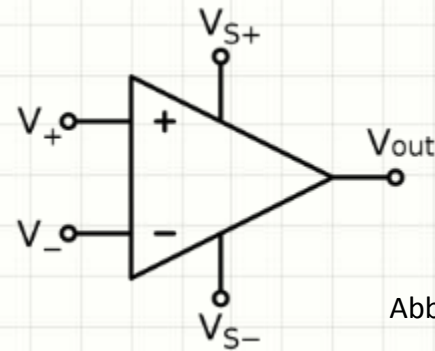


Abbildung 03

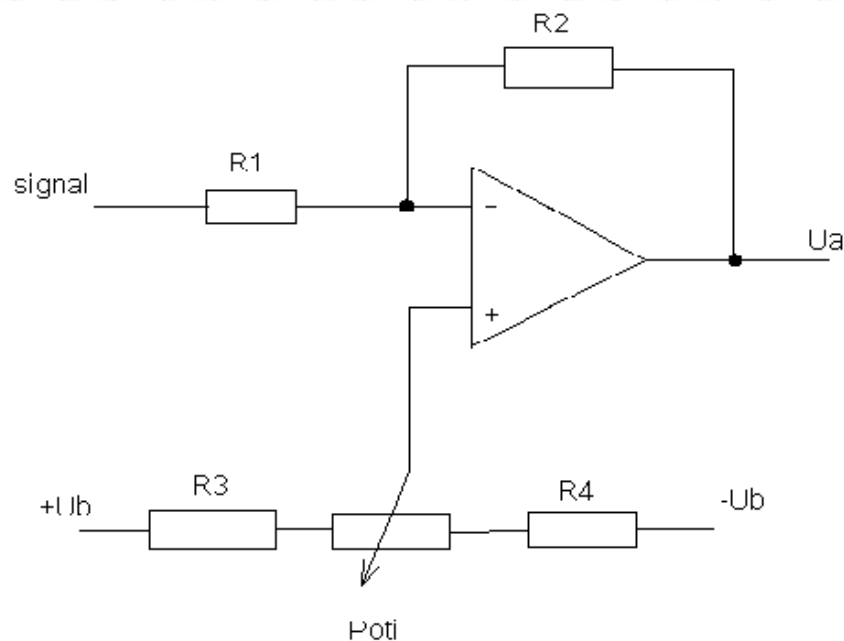


Abbildung 22

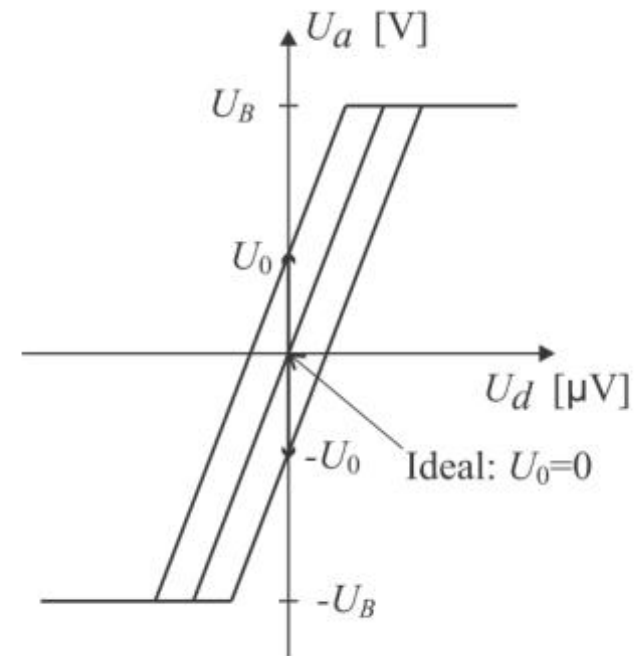


Abbildung 21

# Frequenzkompensation

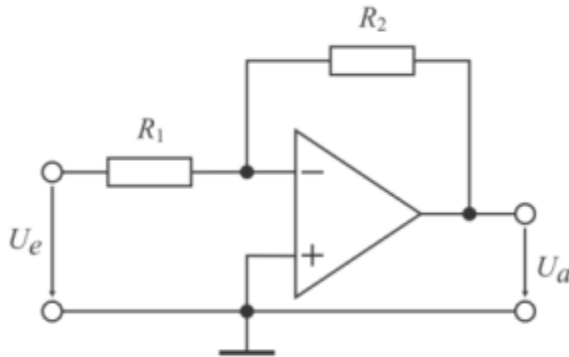


Abbildung 10

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

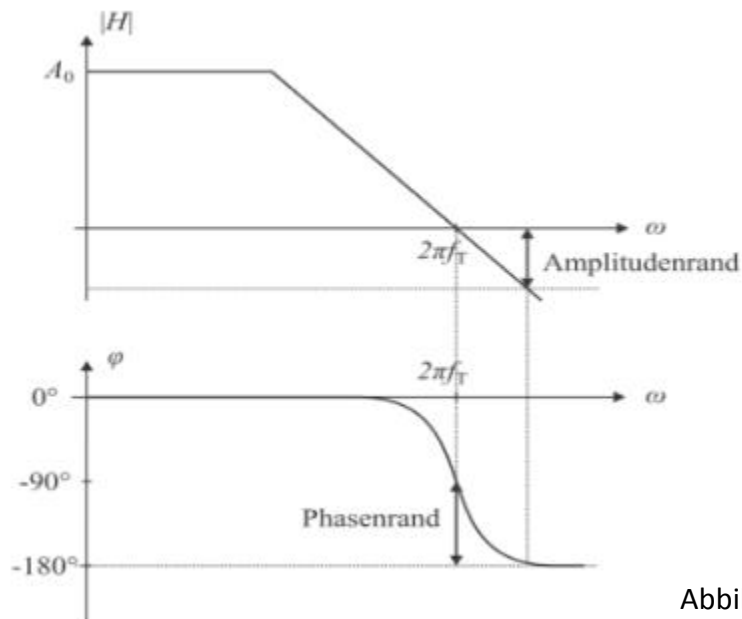


Abbildung 23

$f_T$  ... Transitfrequenz  
 ... Amplitudenrand  
 ... Phasenrand

# Gleichtaktunterdrückung

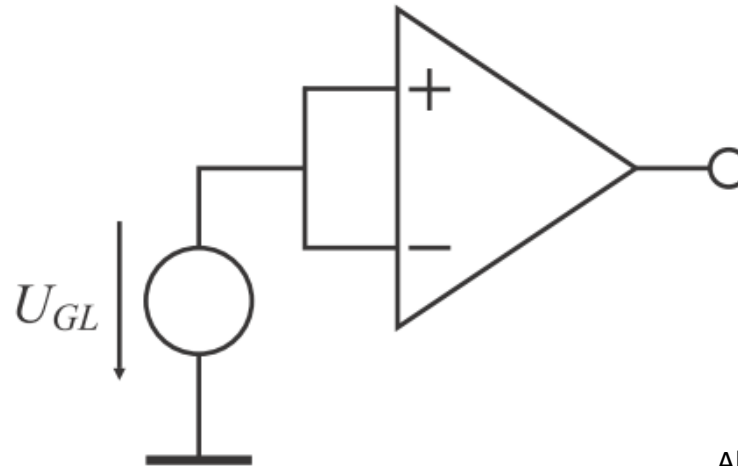


Abbildung 24

# Weitere wichtige Kenndaten

- Umgebungstemperatur
- Anstiegsgeschwindigkeit
- Kurzschlussfest
- Überspannungsschutz
- Rauschen
- ...

# Inhalt

- Grundlegender Aufbau
  - Innerer Aufbau
- Kennwerte des OPV
- Grundsaltungen
  - Mitkopplung, Gegenkopplung
  - Invertierender Verstärker
  - Nicht invertierender Verstärker
  - Impedanzwandler/ Spannungsfolger
  - Umkehraddierer
  - Subtrahierer
  - Tiefpass
  - Hochpass
  - Tief-, Hochpass höherer Ordnung
  - Bandpass, Bandsperre 1.Ordnung
  - Invertierender Schmitt-Trigger
  - Nichtinvertierender Schmitt-Trigger
  - Weitere Schaltungen
- Praxis
  - Offset
  - Frequenzkompensation
  - Gleichtaktunterdrückung
  - Weiter wichtige Daten
- **Zusammenfassung**
- Literatur

# Zusammenfassung

- Grundlegender Aufbau & Innerer Aufbau
- Unterschied idealer und reeller OPV
- Grundsaltungen
  - Invertierender -, Nicht invertierender Verstärker
  - Impedanzwandler/ Spannungsfolger
  - Umkehraddierer, Subtrahierer
  - Tiefpass, Hochpass & höherer Ordnungen
  - Bandpass, Bandsperre 1.Ordnung
  - Invertierender -, Nichtinvertierender Schmitt-Trigger
- Praxis
  - Offset
  - Frequenzkompensation
  - Gleichtaktunterdrückung



# Inhalt

- Grundlegender Aufbau
  - Innerer Aufbau
- Kennwerte des OPV
- Grundsaltungen
  - Mitkopplung, Gegenkopplung
  - Invertierender Verstärker
  - Nicht invertierender Verstärker
  - Impedanzwandler/ Spannungsfolger
  - Umkehrdaddierer
  - Subtrahierer
  - Tiefpass
  - Hochpass
  - Tief-, Hochpass höherer Ordnung
  - Bandpass, Bandsperre 1.Ordnung
  - Invertierender Schmitt-Trigger
  - Nichtinvertierender Schmitt-Trigger
  - Weitere Schaltungen
- Praxis
  - Offset
  - Frequenzkompensation
  - Gleichtaktunterdrückung
  - Weiter wichtige Daten
- Zusammenfassung
- **Literatur**

# Literatur: Bücher

- Klaus Tkotz: Fachkunde Elektrotechnik. 24 Aufl. Europa. 2008. 220ff
- Dr. Michael Dzieia: Tabellenbuch Informatik Geräte und Systemtechnik. 2.Aufl. Westermann. 2006. S.107ff
- Prof. Dr.-Ing. Reinhold Orglmeister: Analog- und Digitalelektronik. Skript. TU-Berlin. 2012. S.1ff

# Literatur: Internetseiten

- Wiki: Operationsverstärker:  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Operationsverst%C3%A4rker>
- VIAS-Bibliothek:  
[http://www.vias.org/mikroelektronik/oa\\_gegenkopplung.html](http://www.vias.org/mikroelektronik/oa_gegenkopplung.html)
- Martin Hahn – Fragebogen 06: Industrielle Elektronik:  
[http://mhoerte1.equinox.eu.com/fragen/ie/IE\\_06.pdf](http://mhoerte1.equinox.eu.com/fragen/ie/IE_06.pdf)

# Literatur: Abbildungen

- Abb.1-4
  - Wiki: Operationsverstärker: <http://de.wikipedia.org/wiki/Operationsverst%C3%A4rker>
- Abb.5-7, 10-19, 21, 23-26
  - Prof. Dr.-Ing. Reinhold Orglmeister: Analog- und Digitalelektronik. Skript. TU-Berlin. 2012. S.1ff
- Abb.8, 9, 22
  - VIAS-Bibliothek:  
[http://www.vias.org/mikroelektronik/oa\\_gegenkopplung.html](http://www.vias.org/mikroelektronik/oa_gegenkopplung.html)
- Abb.20, 22
  - Mikrocontroller.net:  
[http://www.mikrocontroller.net/articles/Entfernungsmessung\\_mit\\_Ultraschall](http://www.mikrocontroller.net/articles/Entfernungsmessung_mit_Ultraschall)  
<http://www.mikrocontroller.net/topic/162939>



**FRAGEN?**



**DANKE FÜR DIE  
AUFMERKSAMKEIT!**