

# Operationsverstärker

- Martin Albert -

- 24. Mai 2006 -

# Gliederung

- Einführung
- Grundlagen
- Grundlegende Schaltungen
- spezielle Typen

# Gliederung

- Einführung
  - Begriff OPV
  - Grundlagen Transistor
  - Grundsaltungen
  - Probleme

# Einführung

- Begriff Operationsverstärker ?

# Einführung

- Begriff Operationsverstärker ?
  - Operation ?

# Einführung

- Begriff Operationsverstärker ?
  - Operation ?
  - Lexikon:

# Einführung

- Begriff Operationsverstärker ?
  - Operation ?
  - Lexikon:
    1. Handlung

# Einführung

- Begriff Operationsverstärker ?
  - Operation ?
  - Lexikon:
    1. Handlung
    2. Eingriff in Körperorgane

# Einführung

- Begriff Operationsverstärker ?
  - Operation ?
  - Lexikon:
    1. Handlung
    2. Eingriff in Körperorgane
    3. in sich abgeschlossene Kampfhandl.

# Einführung

- Begriff Operationsverstärker ?
  - Operation ?
  - Lexikon:
    1. Handlung
    2. Eingriff in Körperorgane
    3. in sich abgeschlossene Kampfhandl.
    4. Durchführung einer math. Vorschrift

# Einführung

- Begriff Operationsverstärker ?
  - Operation ?
  - Lexikon:
    1. Handlung
    2. Eingriff in Körperorgane
    3. in sich abgeschlossene Kampfhandl.
    4. Durchführung einer math. Vorschrift
    5. Arbeitsschritt einer Rechenmaschine

# Einführung

- Begriff Operationsverstärker ?
  - Verstärker ?

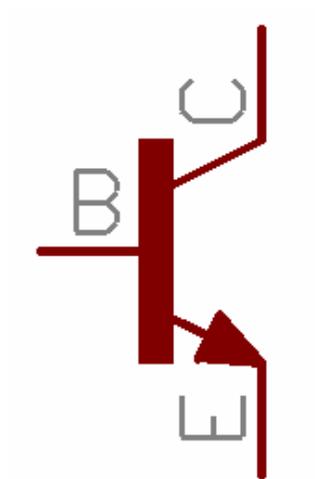
# Einführung

- Begriff Operationsverstärker ?
  - Verstärker ?

## Transistor

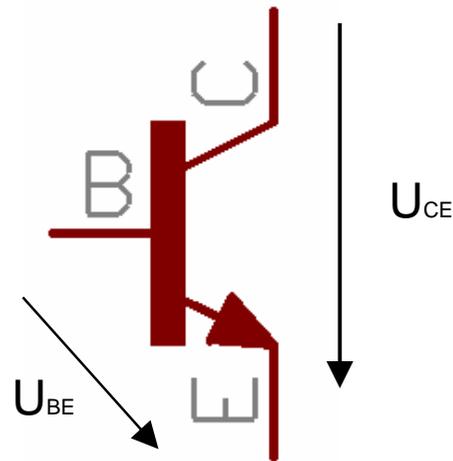
# Einführung

- Wiederholung Bipolar-Transistor:



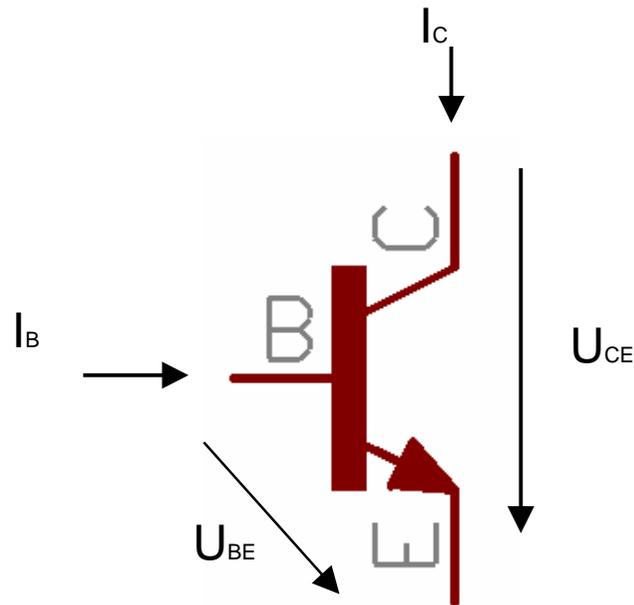
# Einführung

- Wiederholung Bipolar-Transistor:



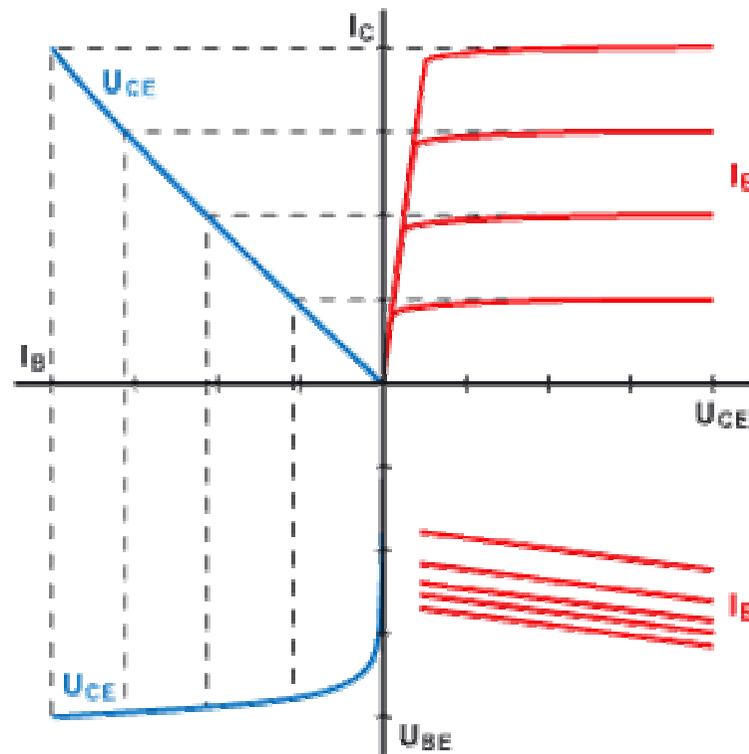
# Einführung

- Wiederholung Bipolar-Transistor:



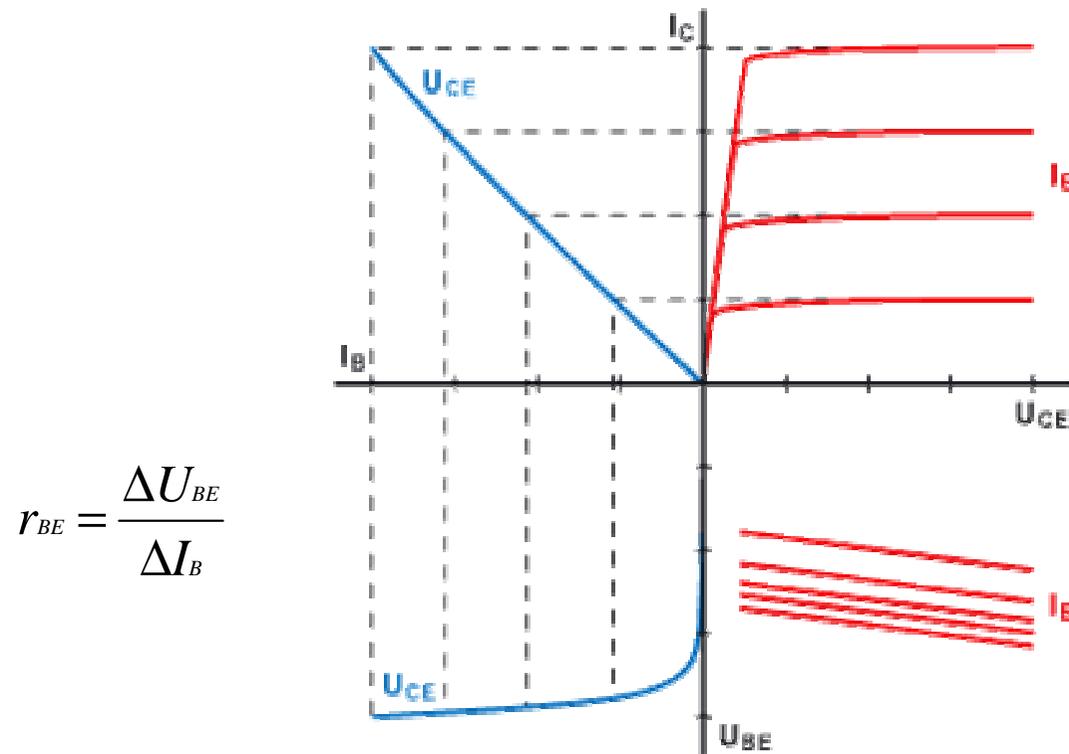
# Einführung

- Kennlinie Bipolar-Transistor:



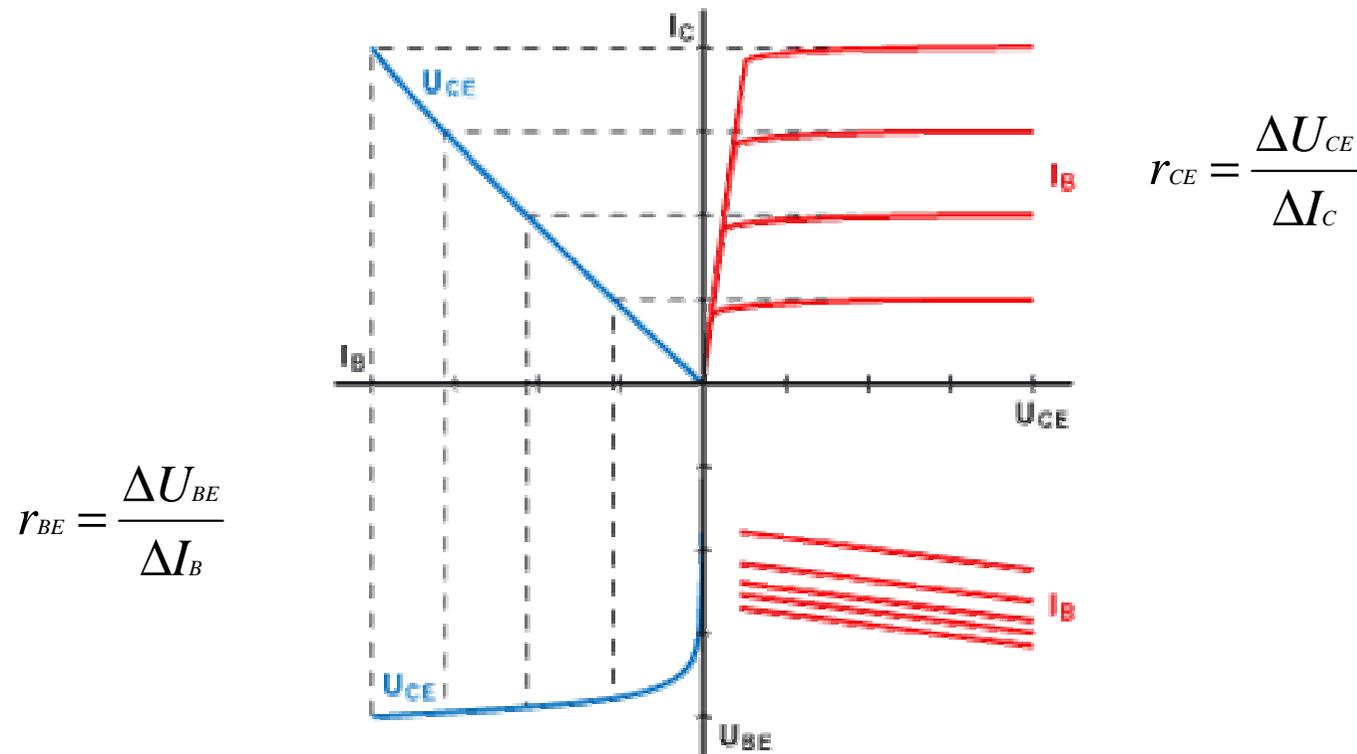
# Einführung

- Kennlinie Bipolar-Transistor:



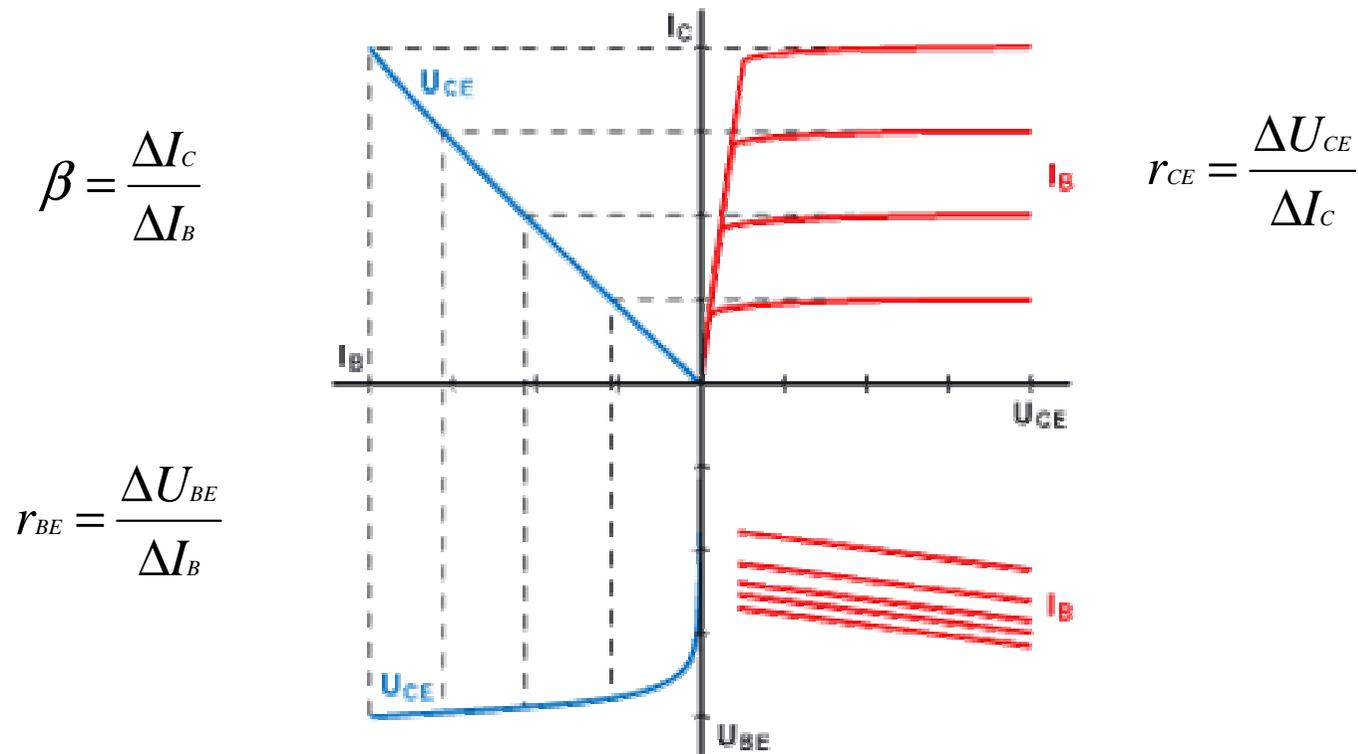
# Einführung

- Kennlinie Bipolar-Transistor:



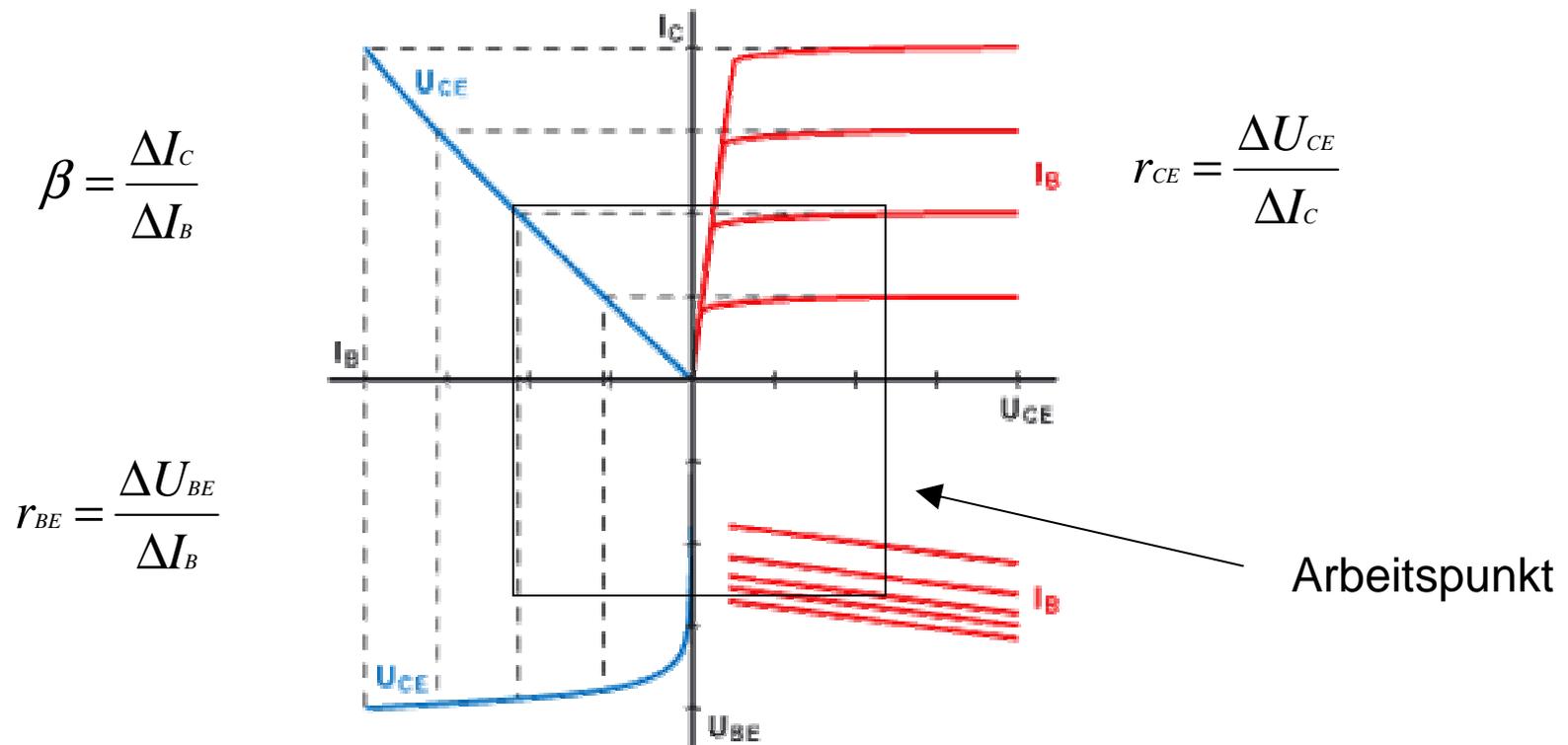
# Einführung

- Kennlinie Bipolar-Transistor:



# Einführung

- Kennlinie Bipolar-Transistor:



# Einführung

Grundsaltungen?

# Einführung

- Definition:

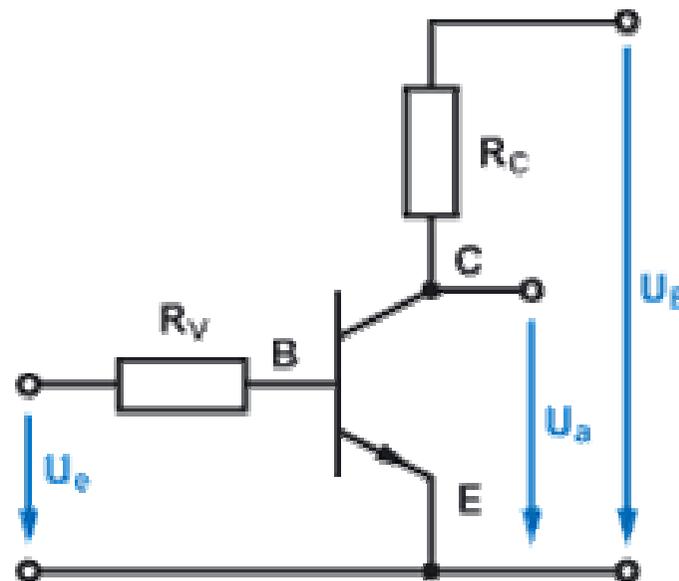
Schaltung mit einem oder auch mehreren Transistoren, die aufgrund ihrer nützlichen Eigenschaften oft verwendet wird.

# Einführung

- Arten:
  - Emitterschaltung
  - Kollektorschaltung
  - Basisschaltung
  - Darlingtonschaltung

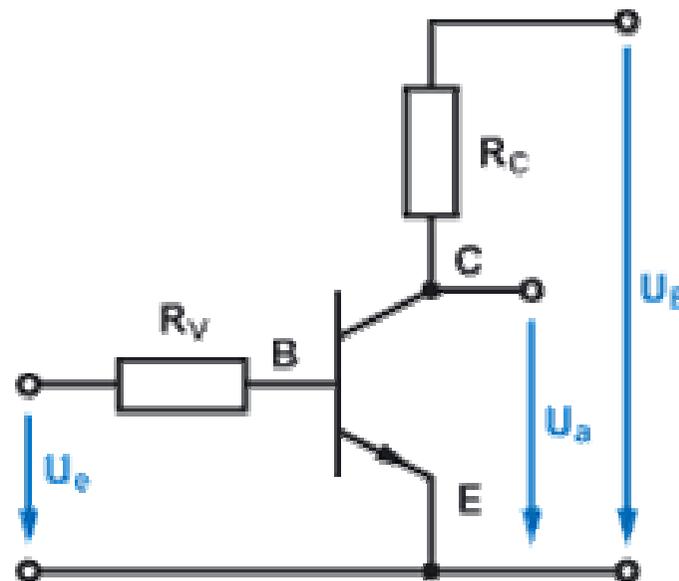
# Einführung

- Beispiel Emitterschaltung:



# Einführung

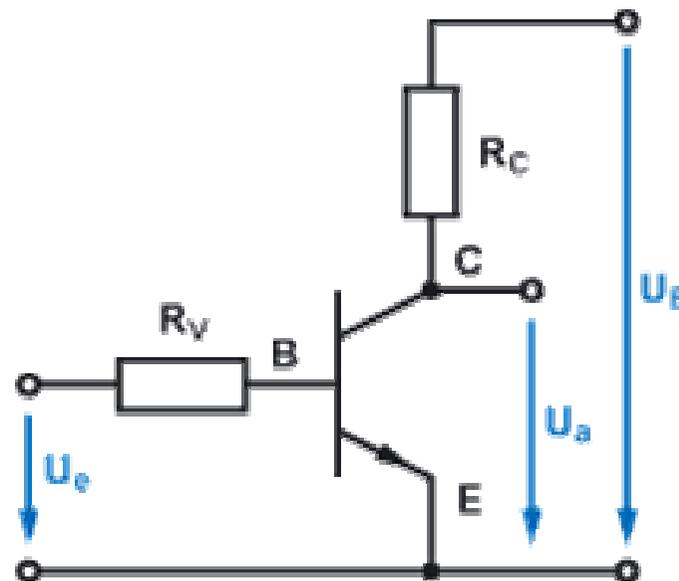
- Beispiel Emitterschaltung:



$$V_u = \frac{U_a}{U_e} = \frac{U_{CE}}{R_V i_B + U_{BE}}$$

# Einführung

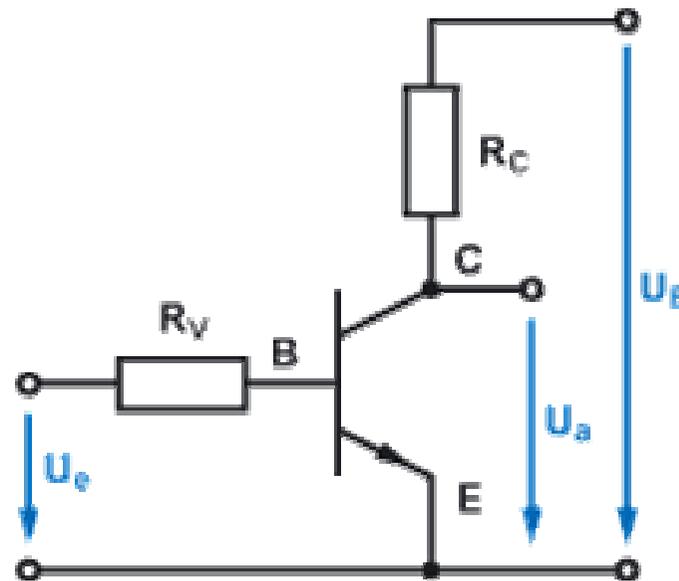
- Beispiel Emitterschaltung:



$$V_u = \frac{U_a}{U_e} = \frac{U_{CE}}{R_V i_B + U_{BE}} = \frac{r_{CE} i_C}{R_V i_B + r_{BE} i_B}$$

# Einführung

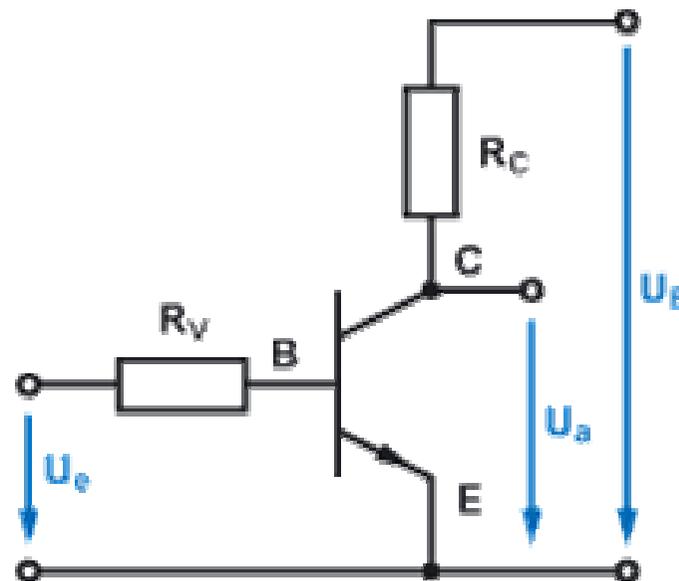
- Beispiel Emitterschaltung:



$$V_u = \frac{U_a}{U_e} = \frac{U_{CE}}{R_V i_B + U_{BE}} = \frac{r_{CE} i_C}{R_V i_B + r_{BE} i_B} = \beta \frac{r_{CE}}{R_V + r_{BE}}$$

# Einführung

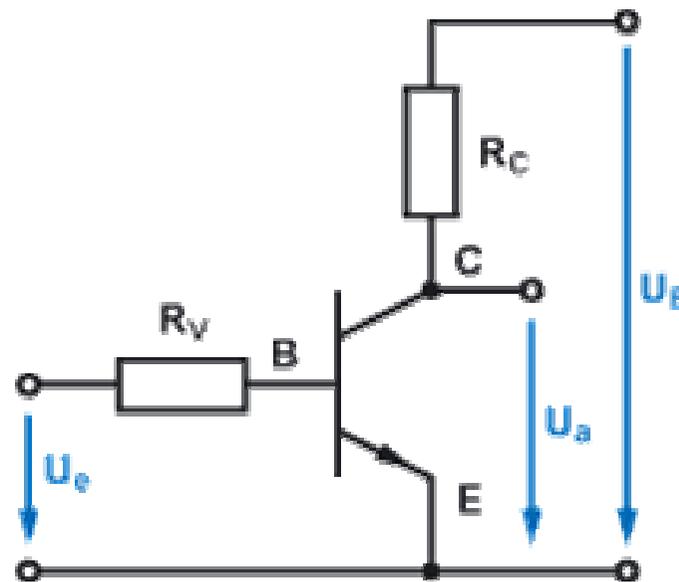
- Beispiel Emitterschaltung:



$$V_i = \frac{i_a}{i_e} = \frac{i_a}{i_B} = \beta \frac{i_a}{i_c}$$

# Einführung

- Beispiel Emitterschaltung:



$$V_i = \frac{i_a}{i_e} = \frac{i_a}{i_B} = \beta \frac{i_a}{i_c} = \beta \frac{r_c}{R_L} = \beta \frac{r_{CE}}{R_L}$$

# Einführung

- Zusammenfassung:

	Basis	Emitter	Kollektor
$V_u$	100..1000	20..100 (180°)	~1
$V_i$	<1	10..50	10..4000

- Widerstandsbetrachtung

# Einführung

- Probleme:

# Einführung

- Probleme:
  - Jede Schaltung hat Vor- und Nachteile

# Einführung

- Probleme:
  - Jede Schaltung hat Vor- und Nachteile
  - Arbeitspunkt ändert sich durch Temperatureinflüsse, Materialabweichung

# Einführung

- Probleme:
  - Jede Schaltung hat Vor- und Nachteile
  - Arbeitspunkt ändert sich durch Temperatureinflüsse, Materialabweichung
  - Schaltungen sind nur in einem kleinen Bereich linear

# Einführung

- Probleme:
  - Jede Schaltung hat Vor- und Nachteile
  - Arbeitspunkt ändert sich durch Temperatureinflüsse, Materialabweichung
  - Schaltungen sind nur in einem kleinen Bereich linear
  - Schwellspannung von 0,7V

# Einführung

- Lösung:

?

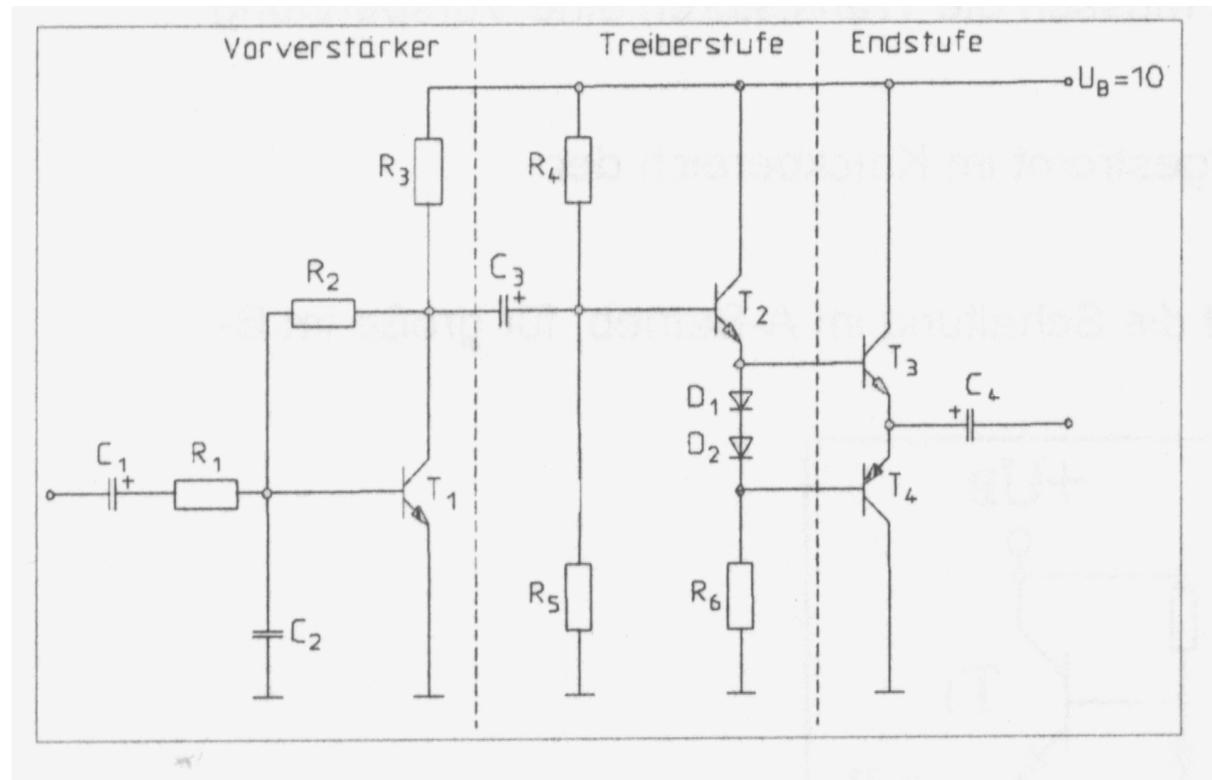
# Einführung

- Lösung:

Ineinanderschaltung von mehreren Grundschaltungen, wobei die Vorteile von jeder Schaltung genutzt werden.

# Einführung

- Beispiel:



# Gliederung

- Grundlagen OPV
  - Einführung
  - Aufbau
  - Eigenschaften
  - Ersatzschaltbild

# Grundlagen

- Einführung:
  - „Operation“ – mathematische Verknüpfung

# Grundlagen

- Einführung:
  - „Operation“ – mathematische Verknüpfung
  - OPV wurde in den ersten Analogrechnern eingesetzt

# Grundlagen

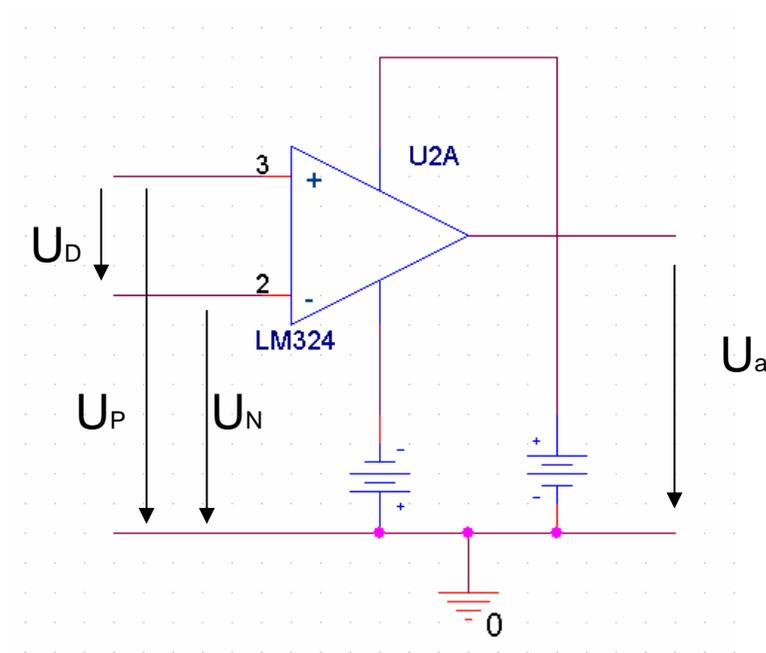
- Einführung:
  - „Operation“ – mathematische Verknüpfung
  - OPV wurde in den ersten Analogrechnern eingesetzt
  - integrierte Schaltung

# Grundlagen

- Einführung:
  - „Operation“ – mathematische Verknüpfung
  - OPV wurde in den ersten Analogrechnern eingesetzt
  - integrierte Schaltung
  - dient dazu Spannungen und Ströme zu verstärken

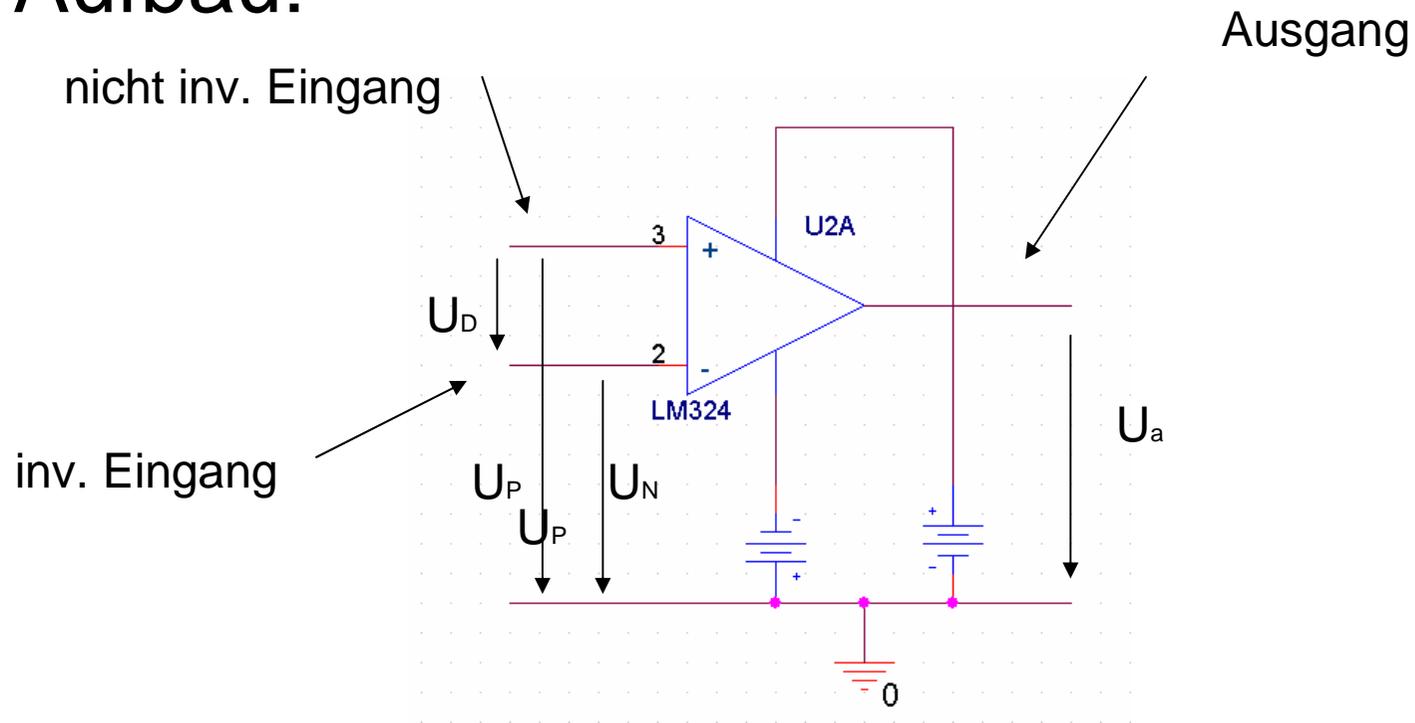
# Grundlagen

- Aufbau:



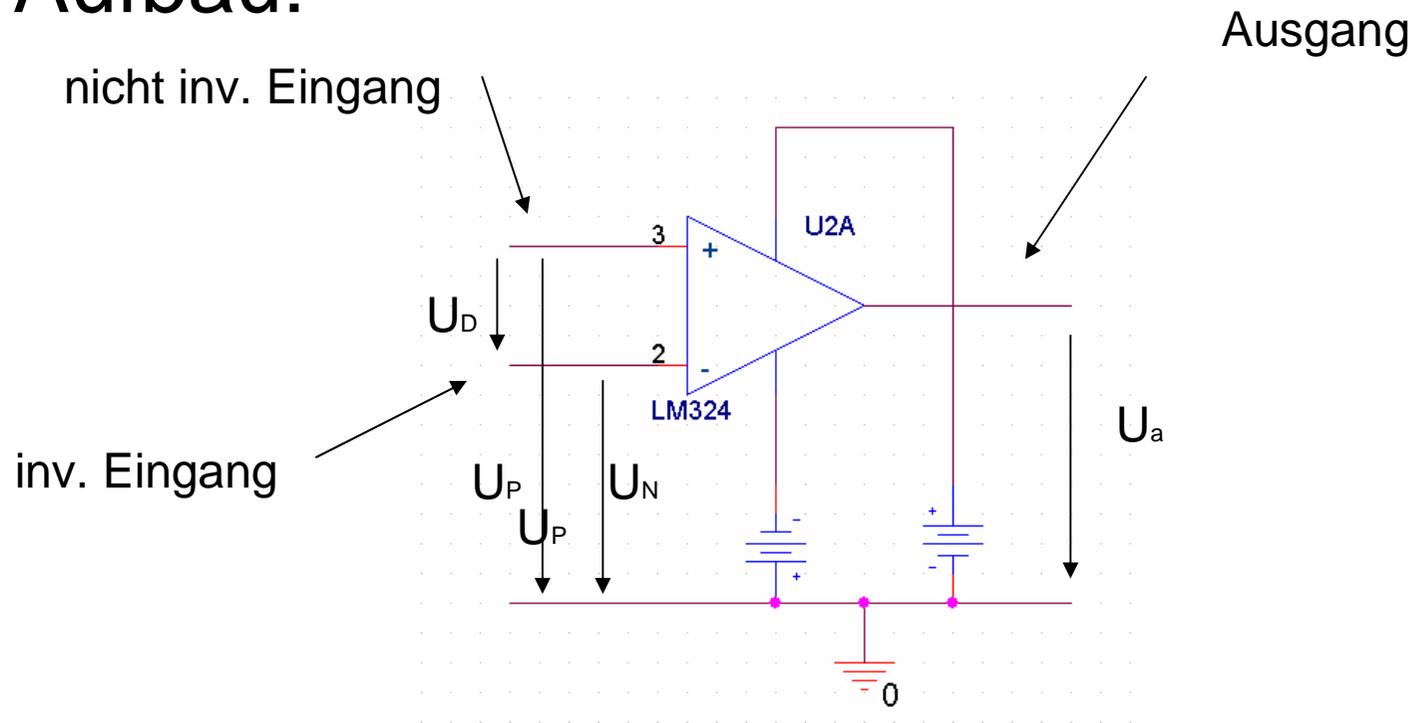
# Grundlagen

- Aufbau:



# Grundlagen

- Aufbau:



Verstärkung:  $U_a = A_D U_D$

# Grundlagen

- Arten:
  - 4 Arten von Operationsverstärkern
  - unterscheiden sich in der Größe der Eingangs- und Ausgangswiderstände

# Grundlagen

- Unterschiede zum Verstärker:
  - keine Arbeitspunkteinstellung (Ruhepotential = 0)
  - seine Eigenschaften werden durch die äußere Beschaltung erst bestimmt

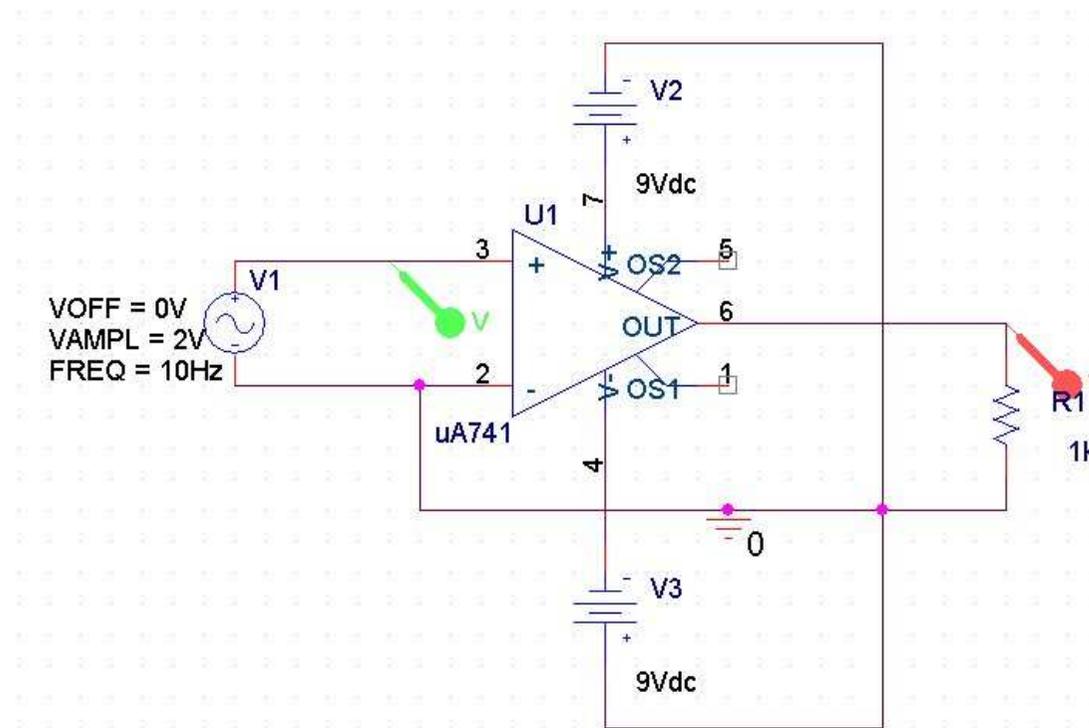
# Grundlagen

- Zusammenfassung idealer OPV :

Eigenschaft	Idealer OPV
Eingangswiderstand	$\rightarrow \infty$
Ausgangswiderstand	$\rightarrow 0$
Leerlaufverstärkung	$\rightarrow \infty$
Frequenzverhalten	linear
Aussteuerbarkeit	von U+ bus U-

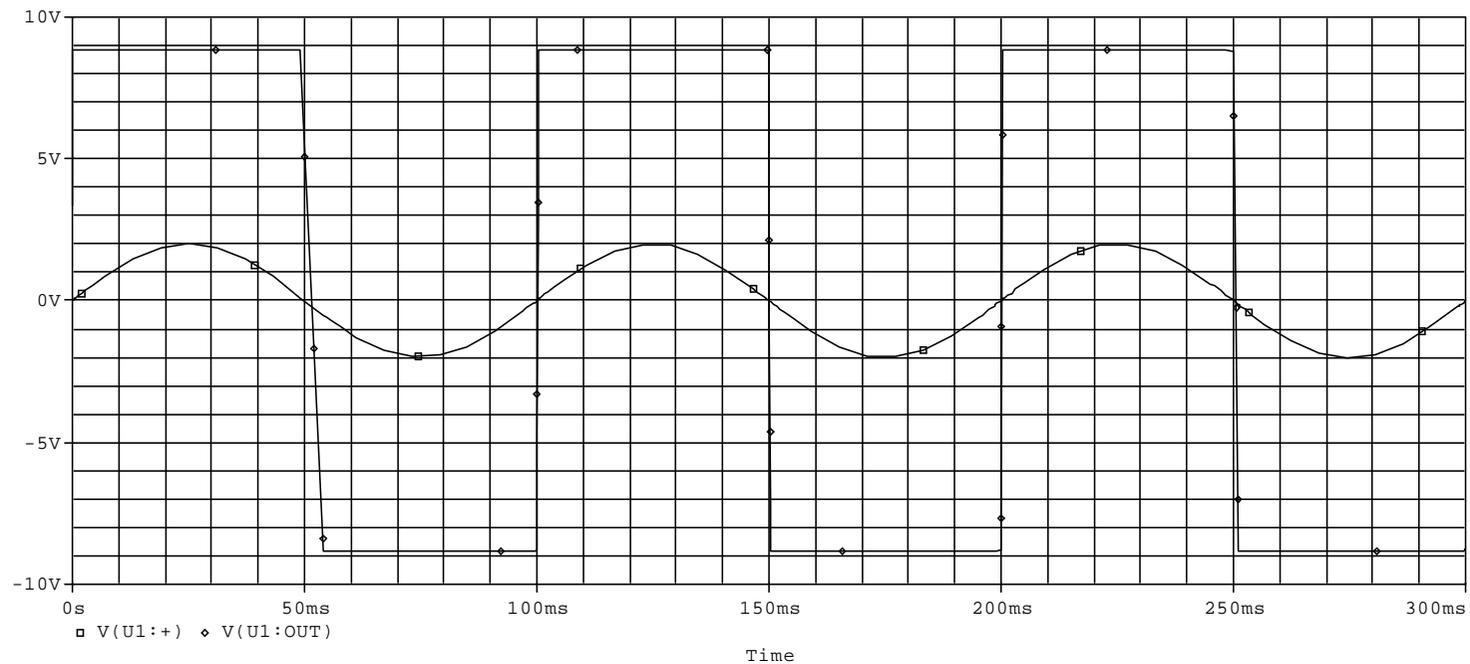
# Grundlagen

- Beispiel ohne Beschaltung:



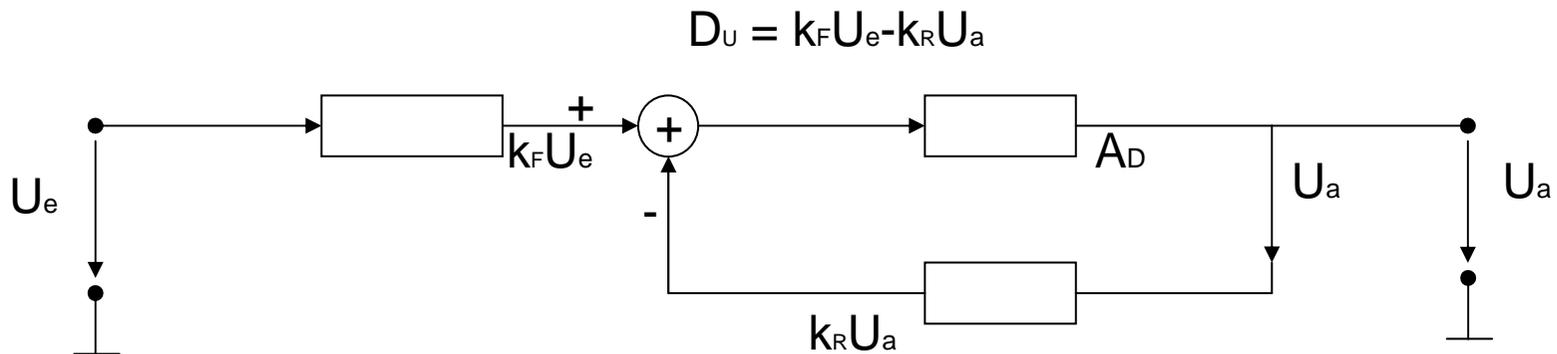
# Grundlagen

- Beispiel ohne Beschaltung:



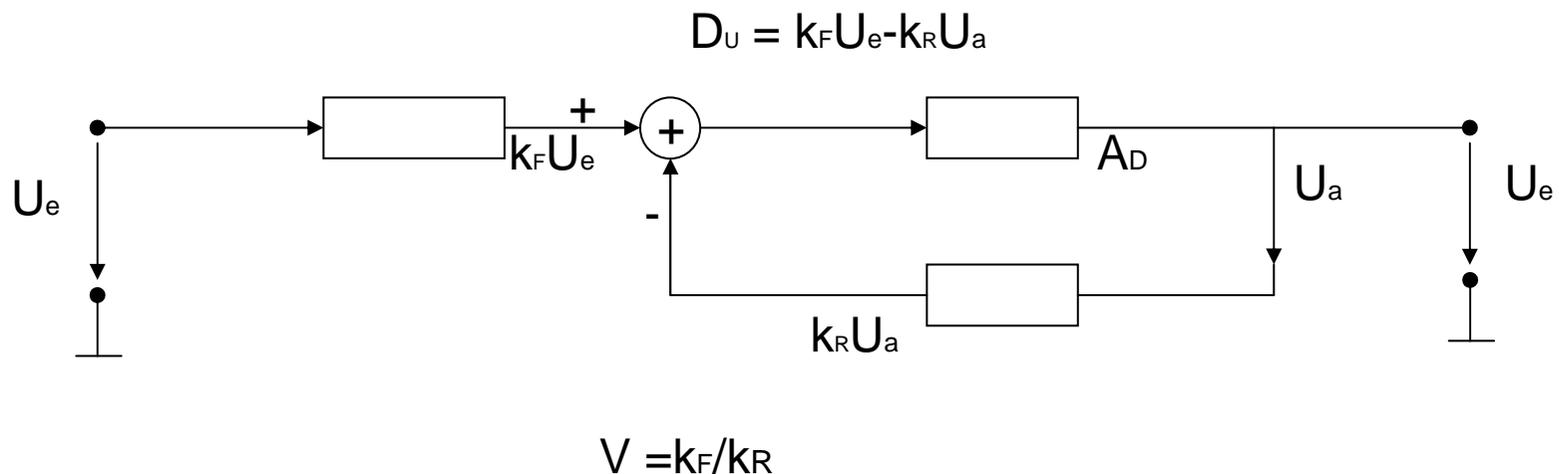
# Grundlagen

- Gegenkopplung:
  - OPV zeichnet sich durch die äußere Beschaltung aus



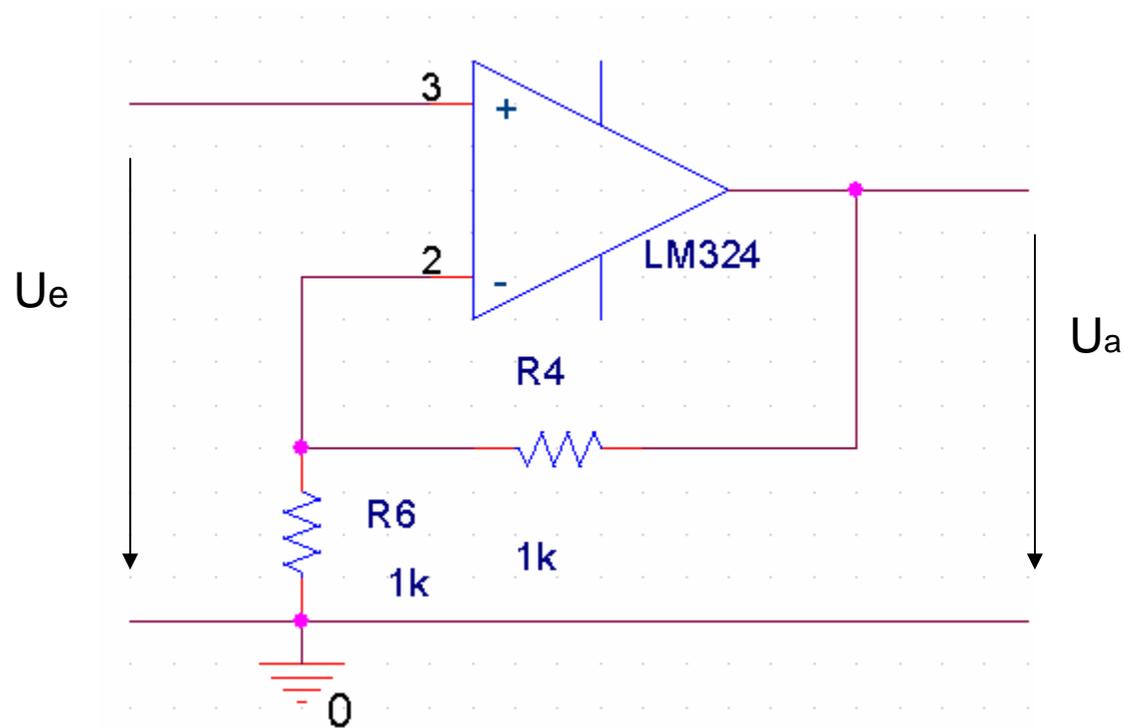
# Grundlagen

- Gegenkopplung:
  - OPV zeichnet sich durch die äußere Beschaltung aus



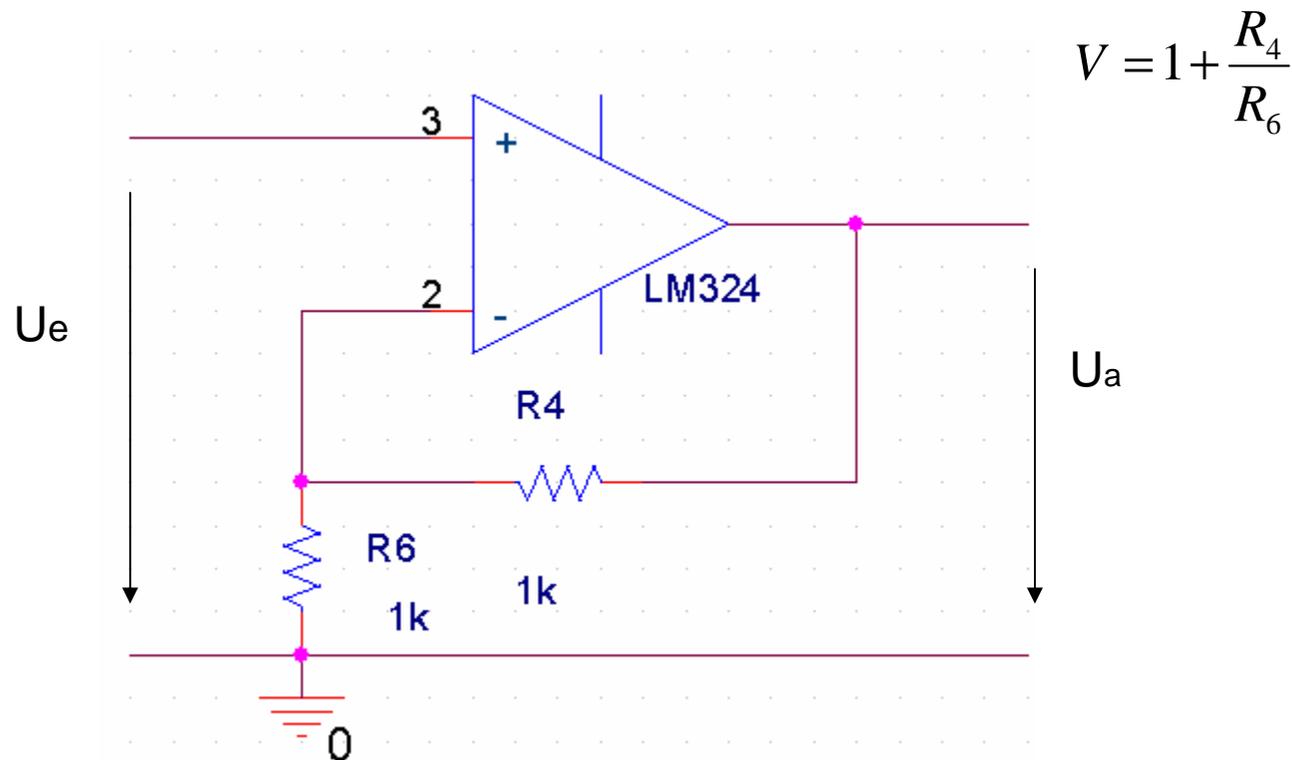
# Grundsaltungen

- nicht inv. Verstärker:



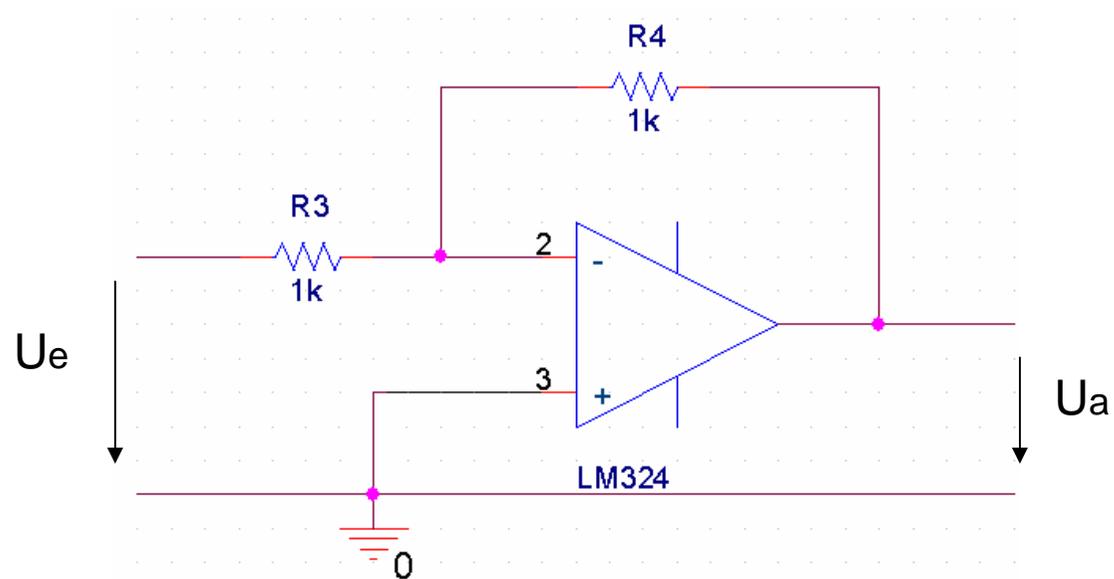
# Grundsaltungen

- nicht inv. Verstärker:



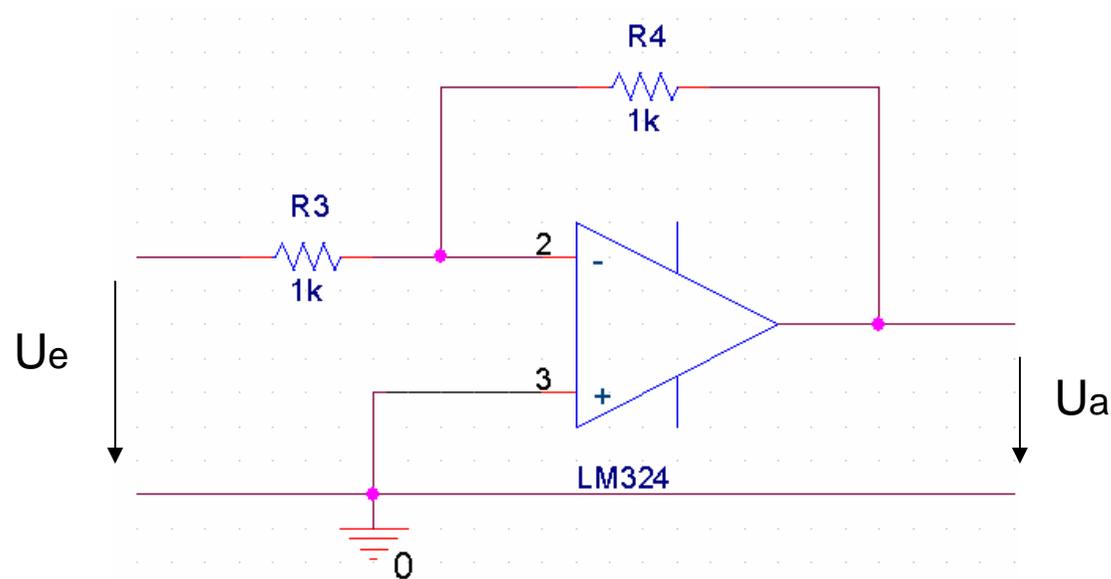
# Grundsaltungen

- inv. Verstärker:



# Grundsaltungen

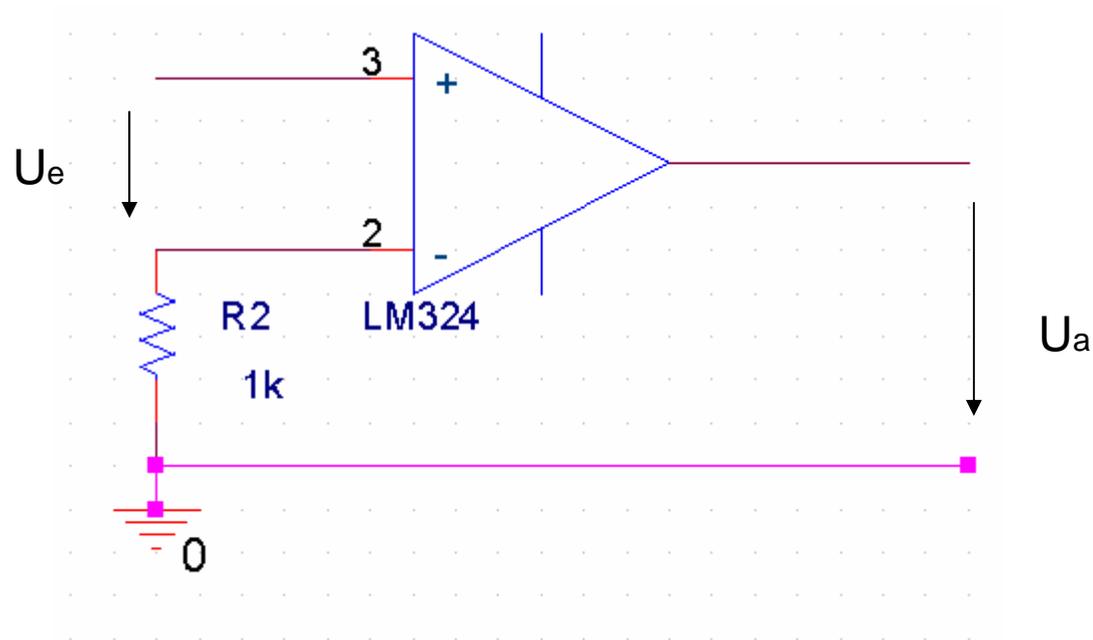
- inv. Verstärker:



$$V = -\frac{R_4}{R_3}$$

# Grundsaltungen

- Komparator:
  - Aufgabe eines Schalters



# Gliederung

- OPV-Typen
  - Problem Versorgungsspannung
  - Single Supply OPV
  - Rail-to-Rail OPV

# OPV Typen

- **Betriebsspannung:**
  - „Normale“ OPV's werden symmetrisch angesteuert z.B.: -10V..10V

# OPV Typen

- **Betriebsspannung:**
  - „Normalen“ OPV's wurden symmetrisch angesteuert z.B.: -10V..10V
  - Bereich kann verschoben werden z.B.: -7V..13V

# OPV Typen

- **Betriebsspannung:**
  - „Normalen“ OPV's wurden symmetrisch angesteuert z.B.: -10V..10V
  - Bereich kann verschoben werden z.B.: -7V..13V
  - Problem: Ruhepotential verschiebt sich ebenfalls

# OPV Typen

- Ruhepotential:
  - ist die Spannung, die am Ausgang anliegt, wenn  $U_D = 0$  ist

# OPV Typen

- Ruhepotential:
  - ist die Spannung die am Ausgang anliegt, wenn  $D_u = 0$  ist
  - sie liegt symmetrisch im Ansteuerungsbereich

# OPV Typen

- Ruhepotential:
  - ist die Spannung die am Ausgang anliegt, wenn  $D_u = 0$  ist
  - sie liegt symmetrisch im Ansteuerungsbereich
  - 1. Beispiel: -10V..10V RP: 0V
  - 2. Beispiel: -7V..13V RP: 3V

# OPV Typen

- Single Supply OPV:
  - Standard-OPV: LM324 (verwenden wir im Labor)
  - Vorteil: Ansteuerung bis zur neg. Versorgungsspannung

# OPV Typen

- Rail-to-Rail OPV:
  - können von der neg. bis zur positiven Versorgungsspannung angesteuert werden

# Quellen

- [1] Tietze, U; Schenk, Ch.: Halbleiterschaltungstechnik, Springer Verlag (11. Auflage, 1999)
- [2] Beuth, K.; Schmusch, W.; Grundsaltungen, Vogel Fachbuch
- [3] Schnabel, P.: das ELKO - das ELektronik-Kompendium.de ,<http://www.elektronik-kompendium.de/sites/bau0203112.htm>, Abruf:20.5.2006
- [4] Naunin, D.: Grundlagen der Elektrotechnik IA und IB, Skript (Auflage April 2002)