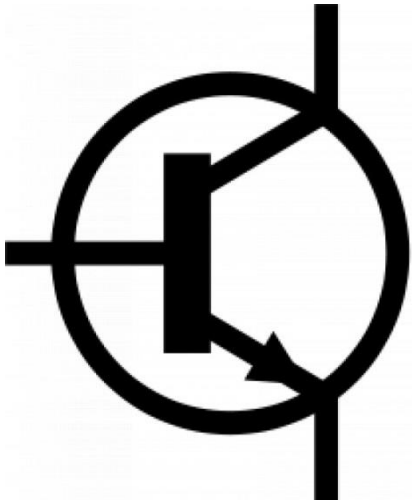


# Der Bipolar Transistor

Von Thomas Jakobi



# Inhalt

- Begriffserklärung
- Aufbau
- Funktionsprinzip
- Kennlinien
- Grundsaltungen
- Praxiswissen

# Begriffserklärung

Was sind Transistoren?

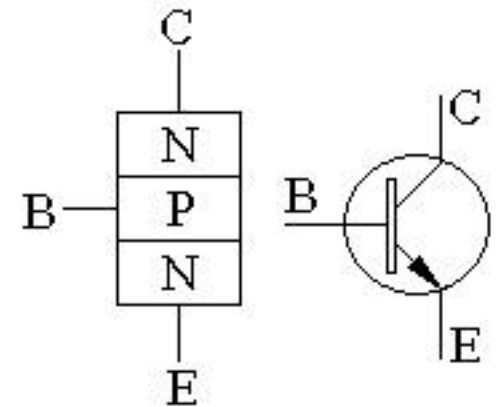
## Begriffserklärung

- Name engl. **transfer resistor** „veränderbarer Widerstand“
- Bauelemente zum Schalten und Verstärken von elektrischen Signalen
- Gehören zu den Aktiven Bauelementen
- Gliedern sich in zwei Arten Bipolare Transistoren und Feldeffekttransistoren

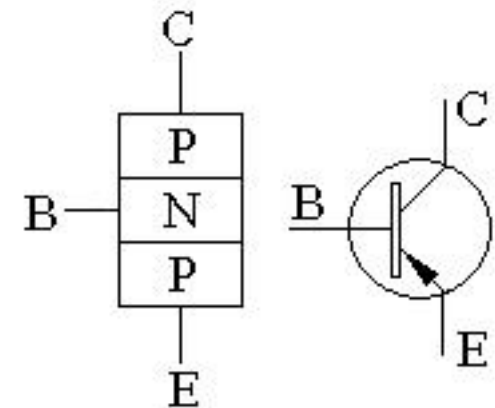
# Aufbau Bipolartransistoren

# Aufbau Bipolartransistoren

- Bestehen aus N- und P-dotierten Schichten die sich Abwechseln
- Nach Reihenfolge der Schichten entsteht ein NPN- oder PNP-Transistor
- NPN Transistoren sind für Positive Spannungen PNP für Negative
- Drei Anschlüsse Kollektor (Sammler), Basis und Emitter (Aussender)



NPN Transistor



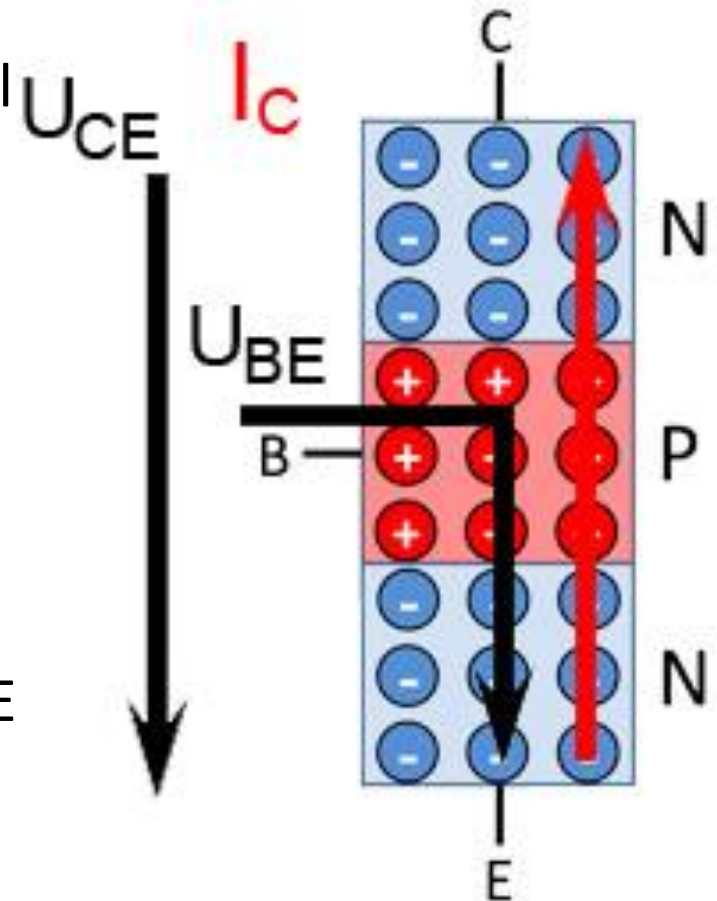
PNP Transistor

# Funktionsprinzip Bipolarer Transistoren



# Funktionsprinzip Bipolarer Transistoren

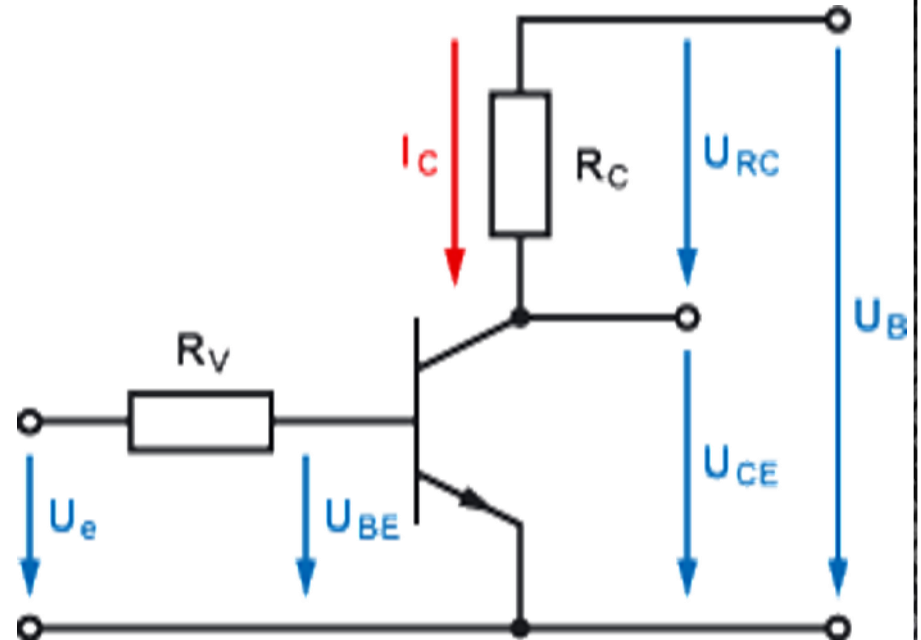
- Ohne Spannung geschieht nichts im Transistor die Elektronen stehen still
- Eine Spannung  $U_{CE}$  bewirkt eine Ausrichtung der Elektronen in Richtung Pluspol ohne Stromfluss
- Eine geringe Spannung  $U_{BE}$  schlägt eine Brücke über die P-Schicht es kommt zu einem Elektronenfluss  $I_{CE}$
- Ein kleiner Basisstrom hat einen großen Kollektorstrom zur Folge





# Transistor als Schalter

$U_e$	0V	12V
$U_{BE}$	0V	0,7V
$I_C$	0mA	50mA
$R_{CE}$	100M $\Omega$	4 $\Omega$
$U_{CE}$	12V	0V
$U_{RC}$	0V	12V
Transistor	sperrt	leitet
Schalter	Auf	Zu



## Für Gleichspannung

$$I_E = I_C + I_B$$

$$P_{tot} = (I_C * U_{CE}) + (I_B * U_{BE})$$

$I_C$  = Kollektorstrom

$I_B$  = Basisstrom

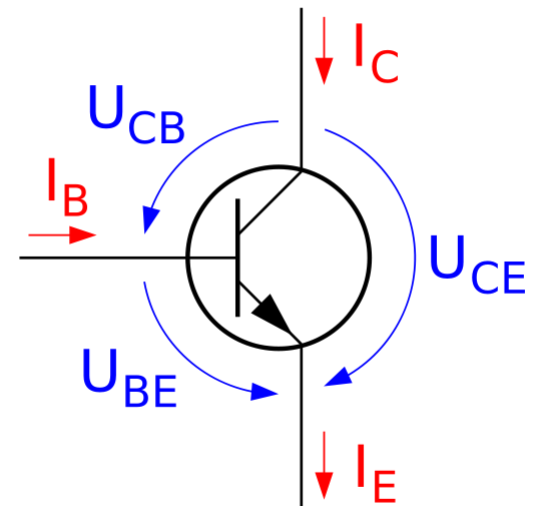
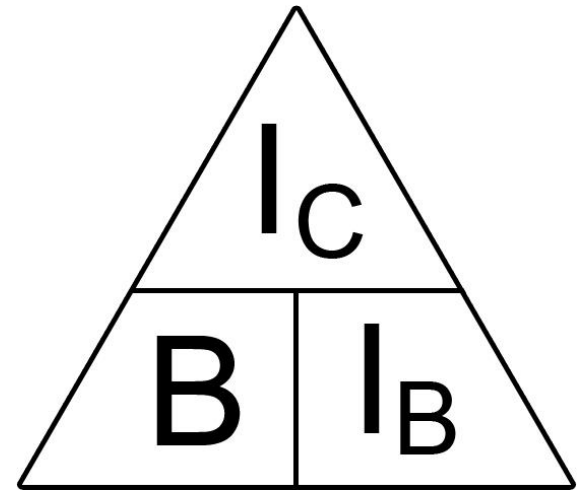
$I_E$  = Emitterstrom

$U_{CB}$  = Kollektor – Emitter – Spannung

$U_{BE}$  = Basis – Emitter – Spannung

$P_{tot}$  = maximale Verlustleistung

B = Verstärkungsfaktor



1

0

# Für Wechselspannung

$\Delta I_C$  = Kollektorstromänderung

$\Delta I_B$  = Basisstromänderung

$\Delta I_E$  = Emitterstromänderung

$V_I$  = Wechselstromverstärkung

$V_U$  = Wechselspannungsverstärkung

$V_P$  = Leistungsverstärkung für AC

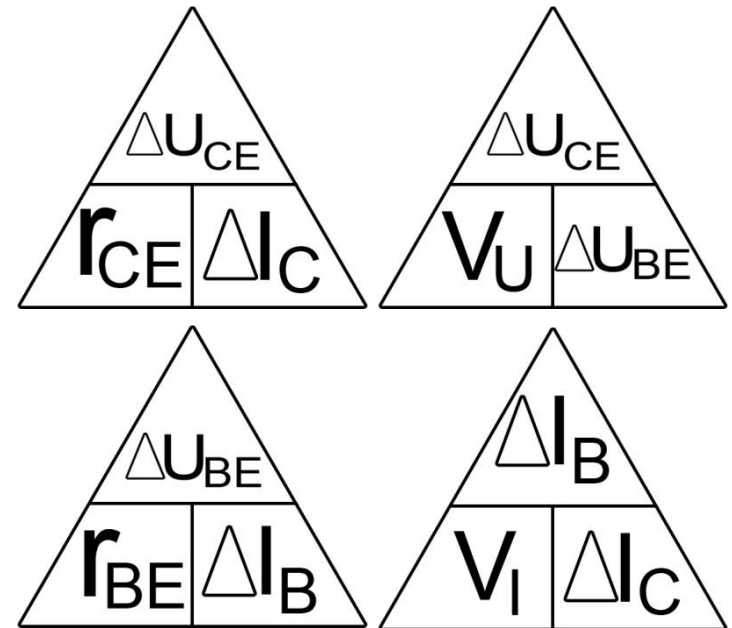
$\Delta U_{CE}$  = CE – Spannungsänderung

$\Delta U_{BE}$  = BE – Spannungsänderung

$r_{BE}$  = Wechselstromwiderstand Eingang

$r_{CE}$  = Wechselstromwiderstand Ausgang

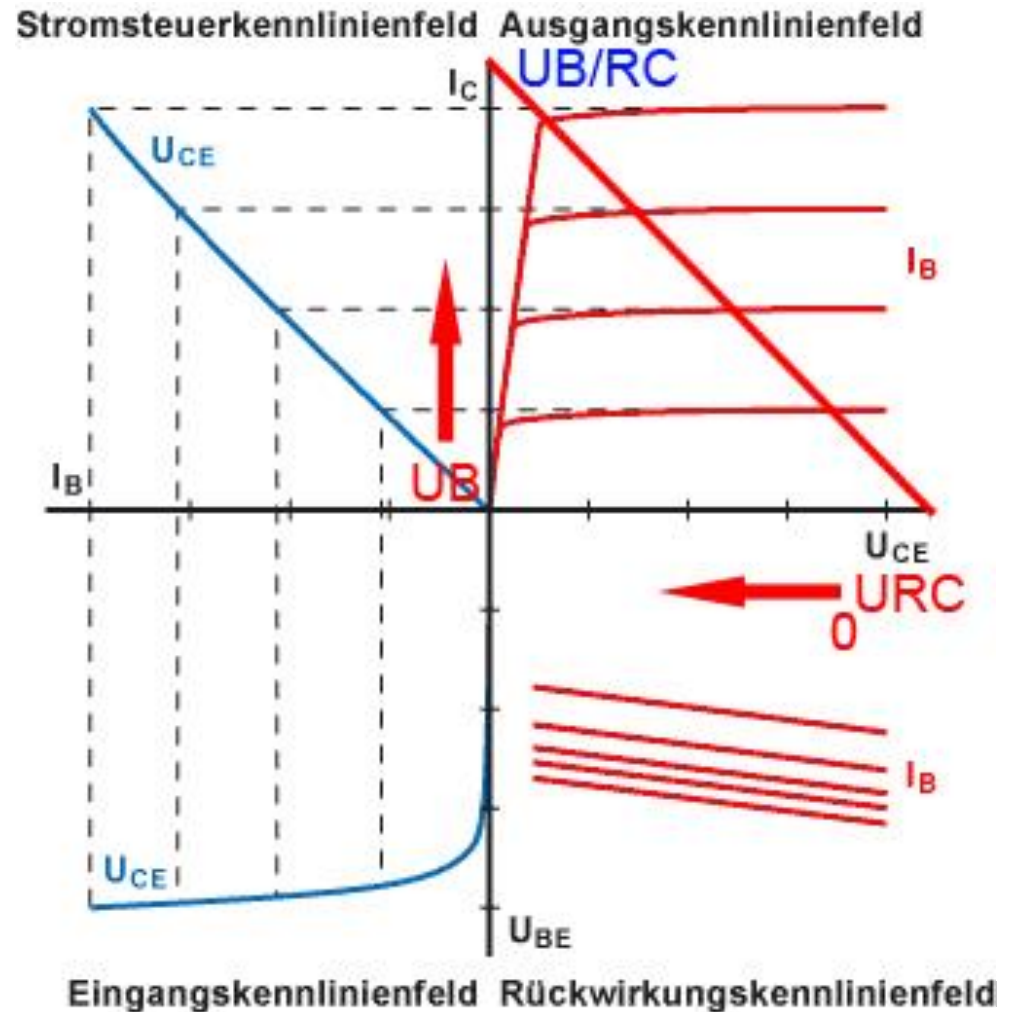
$$V_P = V_U * V_I$$



# Das Vierquadranten- kennlinien-Feld

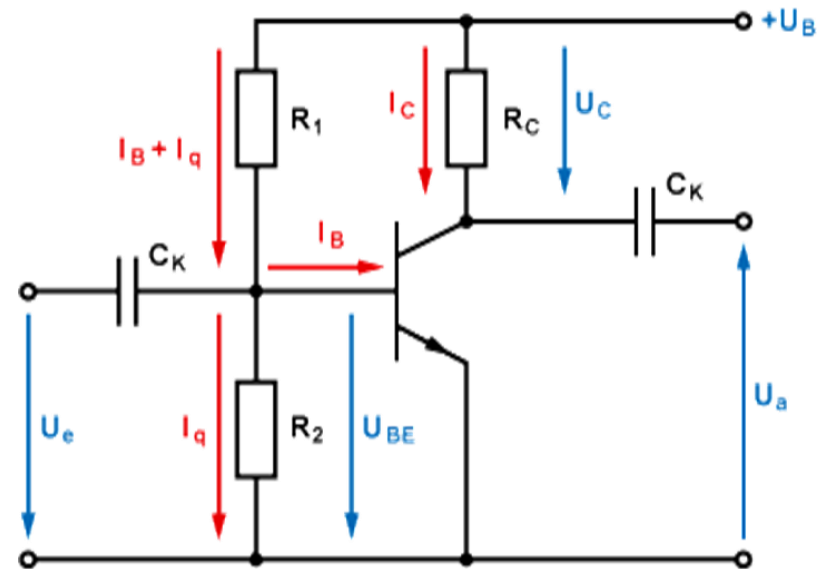
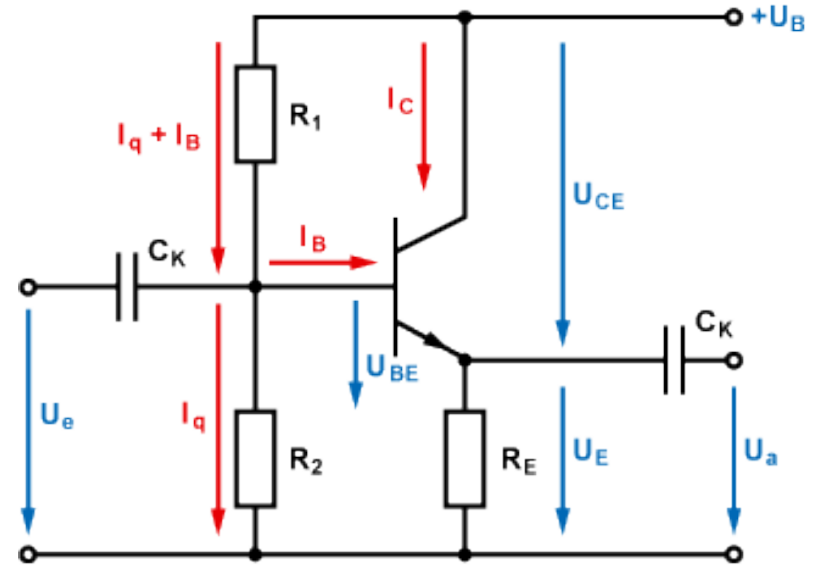
# Das Vierquadranten-kennlinien-Feld

- Visualisierung der Verhältnisse
- Dient zur Grafischen Arbeitspunktbestimmung
- Steht in jedem Transistordatenblatt
- Widerstandsgerade für RC



# Arbeitspunkteinstellung

- Rechnerische Arbeitspunkteinstellung
- 5 Formeln
- Formeln in den Handouts
- Für Alle Schaltungen gleich



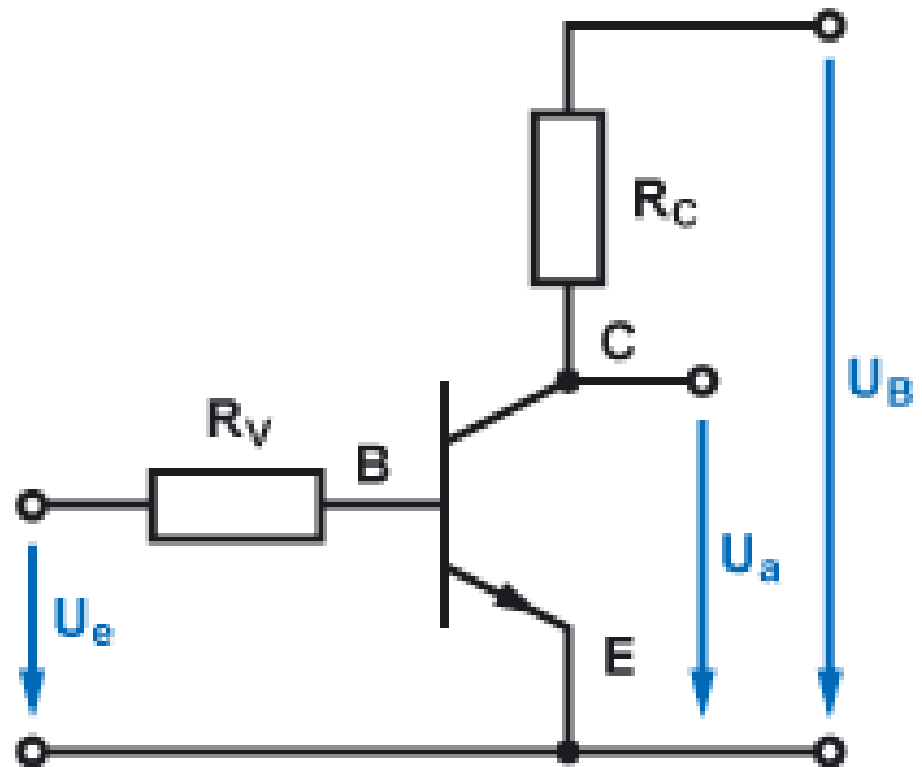
# Die Grundsaltungen



- Transistoren dienen als Schalter und Verstärker
- Es gibt drei Verstärkergrundschaltungen
- Emitter- Kollektor- und Basisschaltung
- Eingang ist immer die Basis- Emitterstrecke
- Ausgang wird immer vom Kollektorstrom durchflossen
- Namensgeber ist der Anschluss dem Ein- und Ausgangskreis gemeinsam haben

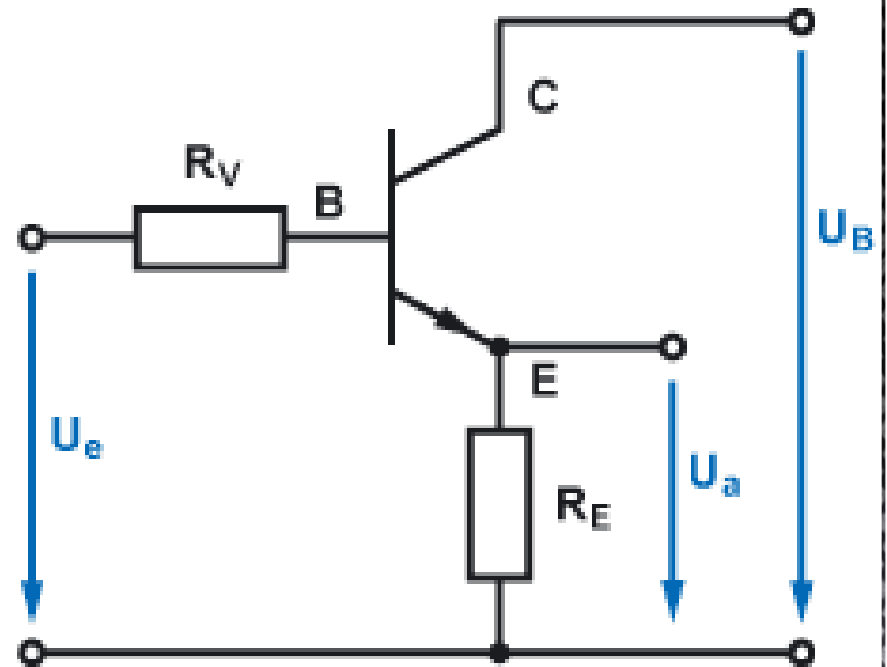
# Die Emitterschaltung

- Ausgangssignal ist um 180 Grad verdreht
- Spannungs- und Stromverstärkung sind nahezu gleich groß
- Wird in NF-Verstärkern genutzt



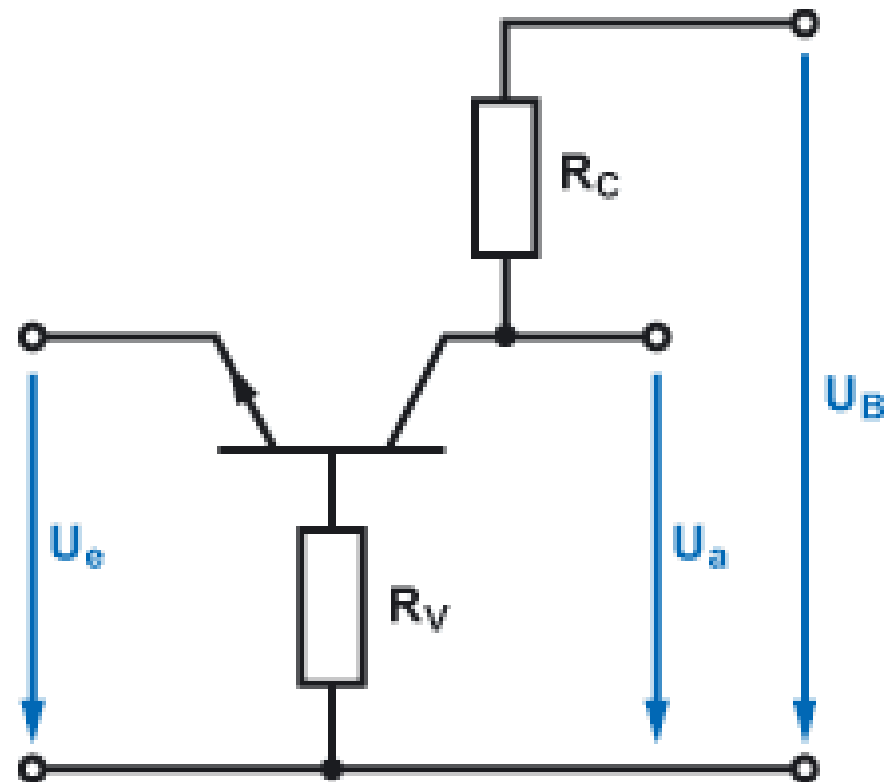
# Die Kollektorschaltung

- Spannungsverstärkung vernachlässigbar klein
- Große Stromverstärkung
- Meist genutzte Grundschialtung
- Wird in NF-Eingangsverstärkern genutzt



## Die Basisschaltung

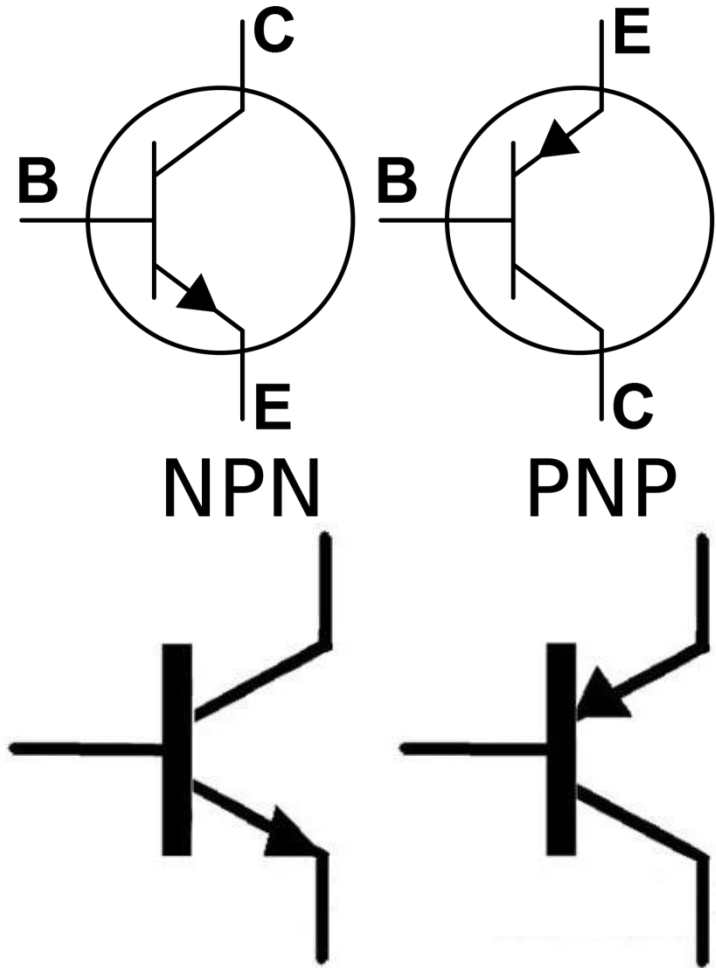
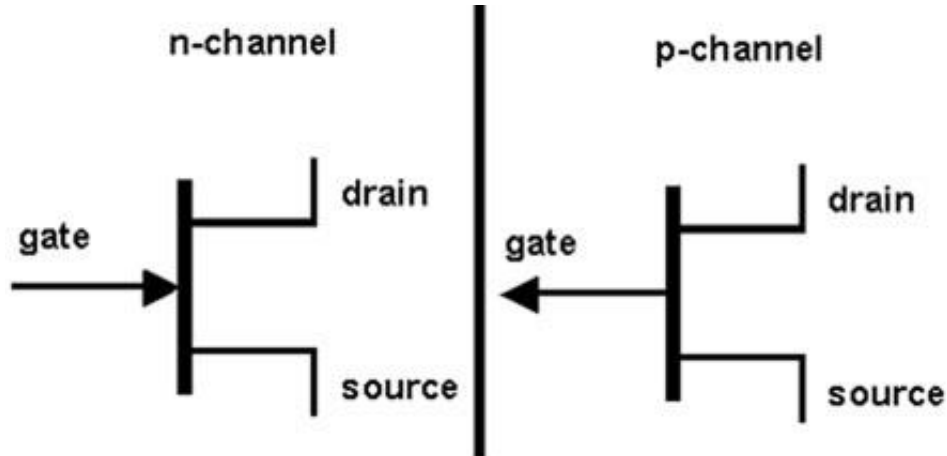
- Spannungsverstärkung groß
- Vernachlässigbare Stromverstärkung
- Am besten geeignete Schaltung im HF-Bereich
- Wird in HF-Verstärkern genutzt



# Praxiswissen


# Schaltzeichen

- Pfeil nach **P**latte = PNP
- FET genau andersrum



# Das Datenblatt

- Enthält alle wichtigen Daten
- Immer Ähnlich aufgebaut
- Meist komplett Englisch

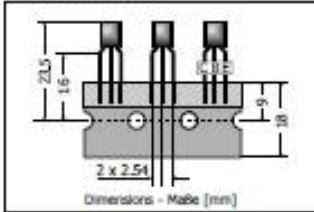


BC546 ... BC549

**BC546 ... BC549**

**NPN**      **General Purpose Si-Epitaxial Planar Transistors**      **NPN**  
**Si-Epitaxial Planar-Transistoren für universellen Einsatz**

Version 2006-05-31



Dimensions - Maße [mm]


Power dissipation – Verlustleistung: 500 mW

Plastic case / Kunststoffgehäuse: TO-92 (10D3)

Weight approx. – Gewicht ca.: 0.18 g

Plastic material has UL classification 94V-0 / Gehäusematerial UL94V-0 klassifiziert

Standard packaging taped in ammo pack / Standard Lieferform gegurtet in Ammo-Pack



**Maximum ratings (T<sub>a</sub> = 25°C)      Grenzwerte (T<sub>a</sub> = 25°C)**

		BC546	BC547	BC548/549	
Collector-Emitter-voltage	E-B short	V <sub>CE(s)</sub>	85 V	50 V	30 V
Collector-Emitter-voltage	B open	V <sub>CE0</sub>	65 V	45 V	30 V
Collector-Base-voltage	E open	V <sub>CB0</sub>	80 V	50 V	30 V
Emitter-Base-voltage	C open	V <sub>EB0</sub>	5 V		
Power dissipation – Verlustleistung		P <sub>tot</sub>	500 mW <sup>1)</sup>		
Collector current – Kollektorstrom (dc)		I <sub>C</sub>	100 mA		
Peak Collector current – Kollektor-Spitzenstrom		I <sub>CM</sub>	200 mA		
Peak Base current – Basis-Spitzenstrom		I <sub>BM</sub>	200 mA		
Peak Emitter current – Emitter-Spitzenstrom		- I <sub>EM</sub>	200 mA		
Junction temperature – Sperrschichttemperatur		T <sub>J</sub>	-55...+150°C		
Storage temperature – Lagerungstemperatur		T <sub>S</sub>	-55...+150°C		

**Characteristics (T<sub>J</sub> = 25°C)      Kennwerte (T<sub>J</sub> = 25°C)**

		Group A	Group B	Group C
DC current gain – Kollektor-Basis-Stromverhältnis <sup>2)</sup>				
V <sub>CE</sub> = 5 V, I <sub>C</sub> = 10 µA	h <sub>FE</sub>	typ. 90	typ. 150	typ. 270
V <sub>CE</sub> = 5 V, I <sub>C</sub> = 2 mA	h <sub>FE</sub>	110 ... 220	200 ... 450	420 ... 800
V <sub>CE</sub> = 5 V, I <sub>C</sub> = 100 mA	h <sub>FE</sub>	typ. 120	typ. 200	typ. 400
h-Parameters at/bel V <sub>CE</sub> = 5 V, I <sub>C</sub> = 2 mA, F = 1 kHz				
Small signal current gain / Kleinsignal-Stromverstärkung	h <sub>FE</sub>	typ. 220	typ. 330	typ. 600
Input impedance – Eingangs-Impedanz	h <sub>ie</sub>	1.6 ... 4.5 kΩ	3.2 ... 8.5 kΩ	6 ... 15 kΩ
Output admittance – Ausgangs-Leitwert	h <sub>oe</sub>	18 < 30 µS	30 < 60 µS	60 < 110 µS
Reverser voltage transfer ratio / Spannungsrückwirkung	h <sub>re</sub>	typ. 1.5*10 <sup>-4</sup>	typ. 2*10 <sup>-4</sup>	typ. 3*10 <sup>-4</sup>

<sup>1</sup> Valid, if leads are kept at ambient temperature at a distance of 2 mm from case  
 Gültig wenn die Anschlussdrähte in 2 mm Abstand vom Gehäuse auf Umgebungstemperatur gehalten werden



# Das Datenblatt

- Erkennungsmerkmale
- Dimensionierungshilfen

BC546 ... BC549



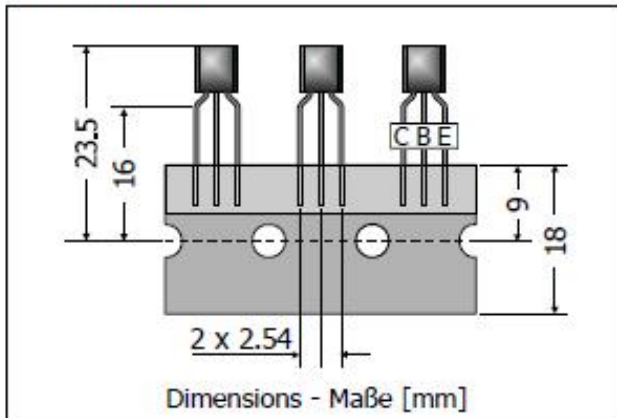
## BC546 ... BC549

**NPN**

**General Purpose Si-Epitaxial Planar Transistors**  
**Si-Epitaxial Planar-Transistoren für universellen Einsatz**

**NPN**

Version 2006-05-31



Power dissipation – Verlustleistung

500 mW

Plastic case  
Kunststoffgehäuse

TO-92  
(10D3)

Weight approx. – Gewicht ca.

0.18 g

Plastic material has UL classification 94V-0  
Gehäusematerial UL94V-0 klassifiziert

Standard packaging taped in ammo pack  
Standard Lieferform gegurtet in Ammo-Pack



# Das Datenblatt

- Maximum Ratings/  
Grenzwerte

**BC546 ... BC549**  
**General Purpose Si-Epitaxial Planar Transistors**  
**Si-Epitaxial Planar-Transistoren für universellen Einsatz**

Version 2006-05-31

Dimensions - Maße [mm]

Power dissipation – Verlustleistung 500 mW

Plastic case TO-92

Kunststoffgehäuse (10D3)

Weight approx. – Gewicht ca. 0.18 g

Plastic material has UL classification 94V-0  
Gehäusematerial UL94V-0 klassifiziert

Standard packaging taped in ammo pack  
Standard Lieferform gegurtet in Ammo-Pack

Maximum ratings (T <sub>a</sub> = 25°C)			Grenzwerte (T <sub>a</sub> = 25°C)		
			BC546	BC547	BC548/549
Collector-Emitter-voltage	E-B short	V <sub>CE</sub>	85 V	50 V	30 V
Collector-Emitter-voltage	B open	V <sub>CB</sub>	65 V	45 V	30 V
Collector-Base-voltage	E open	V <sub>CE</sub>	80 V	50 V	30 V
Emitter-Base-voltage	C open	V <sub>EB</sub>	5 V		
Power dissipation – Verlustleistung		P <sub>tot</sub>	500 mW <sup>1)</sup>		
Collector current – Kollektorstrom (dc)		I <sub>C</sub>	100 mA		
Peak Collector current – Kollektor-Spitzenstrom		I <sub>CM</sub>	200 mA		
Peak Base current – Basis-Spitzenstrom		I <sub>BM</sub>	200 mA		
Peak Emitter current – Emitter-Spitzenstrom		- I <sub>EM</sub>	200 mA		
Junction temperature – Sperrschichttemperatur		T <sub>J</sub>	-55...+150°C		
Storage temperature – Lagerungstemperatur		T <sub>S</sub>	-55...+150°C		

Characteristics (T <sub>J</sub> = 25°C)		Kennwerte (T <sub>J</sub> = 25°C)		
		Group A	Group B	Group C
DC current gain – Kollektor-Basis-Stromverhältnis <sup>1)</sup>				
V <sub>CE</sub> = 5 V, I <sub>C</sub> = 10 µA	h <sub>FE</sub>	typ. 90	typ. 150	typ. 270
V <sub>CE</sub> = 5 V, I <sub>C</sub> = 2 mA	h <sub>FE</sub>	110 ... 220	200 ... 450	420 ... 800
V <sub>CE</sub> = 5 V, I <sub>C</sub> = 100 mA	h <sub>FE</sub>	typ. 120	typ. 200	typ. 400
h-Parameters at/bel V <sub>CE</sub> = 5 V, I <sub>C</sub> = 2 mA, F = 1 kHz				
Small signal current gain Kleinsignal-Stromverstärkung	h <sub>FE</sub>	typ. 220	typ. 330	typ. 600
Input impedance – Eingangs-Impedanz	h <sub>ie</sub>	1.6 ... 4.5 kΩ	3.2 ... 8.5 kΩ	6 ... 15 kΩ
Output admittance – Ausgangs-Leitwert	h <sub>oe</sub>	18 < 30 µS	30 < 60 µS	60 < 110 µS
Reverser voltage transfer ratio Spannungsrückwirkung	h <sub>re</sub>	typ. 1.5*10 <sup>-4</sup>	typ. 2*10 <sup>-4</sup>	typ. 3*10 <sup>-4</sup>

<sup>1)</sup> Valid, if leads are kept at ambient temperature at a distance of 2 mm from case  
 Gültig wenn die Anschlussdrähte in 2 mm Abstand vom Gehäuse auf Umgebungstemperatur gehalten werden

# Das Datenblatt

- Überschreiten dieser Werte nicht zu empfehlen
- Gliederung in Geschwistertypen

Maximum ratings ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

Grenzwerte ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

			BC546	BC547	BC548/549
Collector-Emitter-voltage	E-B short	$V_{CES}$	85 V	50 V	30 V
Collector-Emitter-voltage	B open	$V_{CEO}$	65 V	45 V	30 V
Collector-Base-voltage	E open	$V_{CBO}$	80 V	50 V	30 V
Emitter-Base-voltage	C open	$V_{EB0}$	5 V		
Power dissipation – Verlustleistung		$P_{tot}$	500 mW <sup>1)</sup>		
Collector current – Kollektorstrom (dc)		$I_C$	100 mA		
Peak Collector current – Kollektor-Spitzenstrom		$I_{CM}$	200 mA		
Peak Base current – Basis-Spitzenstrom		$I_{BM}$	200 mA		
Peak Emitter current – Emitter-Spitzenstrom		$-I_{EM}$	200 mA		
Junction temperature – Sperrschichttemperatur		$T_j$	-55...+150°C		
Storage temperature – Lagerungstemperatur		$T_S$	-55...+150°C		



# Das Datenblatt

- Verstärkungscharakteristik

BC546 ... BC549

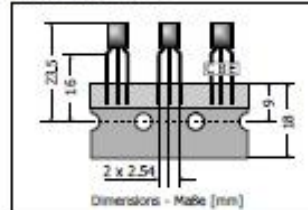
BC546 ... BC549

NPN

General Purpose Si-Epitaxial Planar Transistors  
Si-Epitaxial Planar-Transistoren für universellen Einsatz

NPN

Version 2006-05-31



Power dissipation – Verlustleistung 500 mW  
 Plastic case Kunststoffgehäuse TO-92 (10D3)  
 Weight approx. – Gewicht ca. 0.18 g  
 Plastic material has UL classification 94V-0 Gehäusematerial UL94V-0 klassifiziert  
 Standard packaging taped in ammo pack Standard Lieferform gegurtet in Ammo-Pack



Maximum ratings ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

Grenzwerte ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

			BC546	BC547	BC548/549
Collector-Emitter-voltage	E-B short	$V_{CE}$	85 V	50 V	30 V
Collector-Emitter-voltage	B open	$V_{CE0}$	65 V	45 V	30 V
Collector-Base-voltage	E open	$V_{CB0}$	80 V	50 V	30 V
Emitter-Base-voltage	C open	$V_{BE0}$	5 V		
Power dissipation – Verlustleistung		$P_{tot}$	500 mW <sup>1)</sup>		
Collector current – Kollektorstrom (dc)		$I_C$	100 mA		
Peak Collector current – Kollektor-Spitzenstrom		$I_{CM}$	200 mA		
Peak Base current – Basis-Spitzenstrom		$I_{BM}$	200 mA		
Peak Emitter current – Emitter-Spitzenstrom		$-I_{EM}$	200 mA		
Junction temperature – Sperrschichttemperatur		$T_J$	-55...+150°C		
Storage temperature – Lagerungstemperatur		$T_S$	-55...+150°C		

Characteristics ( $T_J = 25^\circ\text{C}$ )

Kennwerte ( $T_J = 25^\circ\text{C}$ )

		Group A	Group B	Group C
DC current gain – Kollektor-Basis-Stromverhältnis <sup>1)</sup>				
$V_{CE} = 5\text{ V}, I_C = 10\ \mu\text{A}$	$h_{FE}$	typ. 90	typ. 150	typ. 270
$V_{CE} = 5\text{ V}, I_C = 2\text{ mA}$	$h_{FE}$	110 ... 220	200 ... 450	420 ... 800
$V_{CE} = 5\text{ V}, I_C = 100\text{ mA}$	$h_{FE}$	typ. 120	typ. 200	typ. 400
h-Parameters at/bei $V_{CE} = 5\text{ V}, I_C = 2\text{ mA}, F = 1\text{ kHz}$				
Small signal current gain Kleinsignal-Stromverstärkung	$h_{FE}$	typ. 220	typ. 330	typ. 600
Input impedance – Eingangs-Impedanz	$h_{ie}$	1.6 ... 4.5 k $\Omega$	3.2 ... 8.5 k $\Omega$	6 ... 15 k $\Omega$
Output admittance – Ausgangs-Leitwert	$h_{oe}$	18 < 30 $\mu\text{S}$	30 < 60 $\mu\text{S}$	60 < 110 $\mu\text{S}$
Reverser voltage transfer ratio Spannungsrückwirkung	$h_{re}$	typ. $1.5 \cdot 10^{-4}$	typ. $2 \cdot 10^{-4}$	typ. $3 \cdot 10^{-4}$

<sup>1)</sup> Valid, if leads are kept at ambient temperature at a distance of 2 mm from case  
Gültig wenn die Anschlussdrähte in 2 mm Abstand vom Gehäuse auf Umgebungstemperatur gehalten werden

# Das Datenblatt

- Gliederung nach Gruppen
- Gruppe A Geringster Verst.Fak. Gruppe C Höchster Verst.Fak.

Characteristics ( $T_j = 25^\circ\text{C}$ )

Kennwerte ( $T_j = 25^\circ\text{C}$ )

		Group A	Group B	Group C
DC current gain – Kollektor-Basis-Stromverhältnis <sup>2)</sup>				
$V_{CE} = 5\text{ V}, I_C = 10\ \mu\text{A}$	$h_{FE}$	typ. 90	typ. 150	typ. 270
$V_{CE} = 5\text{ V}, I_C = 2\text{ mA}$	$h_{FE}$	110 ... 220	200 ... 450	420 ... 800
$V_{CE} = 5\text{ V}, I_C = 100\text{ mA}$	$h_{FE}$	typ. 120	typ. 200	typ. 400
h-Parameters at/bei $V_{CE} = 5\text{ V}, I_C = 2\text{ mA}, f = 1\text{ kHz}$				
Small signal current gain Kleinsignal-Stromverstärkung	$h_{fe}$	typ. 220	typ. 330	typ. 600
Input impedance – Eingangs-Impedanz	$h_{ie}$	1.6 ... 4.5 k $\Omega$	3.2 ... 8.5 k $\Omega$	6 ... 15 k $\Omega$
Output admittance – Ausgangs-Leitwert	$h_{oe}$	18 < 30 $\mu\text{S}$	30 < 60 $\mu\text{S}$	60 < 110 $\mu\text{S}$
Reverser voltage transfer ratio Spannungsrückwirkung	$h_{re}$	typ. $1.5 \cdot 10^{-4}$	typ. $2 \cdot 10^{-4}$	typ. $3 \cdot 10^{-4}$

# Das Datenblatt

- Oft viele Seiten lang
- Kennlinien
- Gehäusebemaßungen
- Schaltbeispiele
- Werbung

# Bezeichnungsschema für Transistoren und Dioden

- Dioden und Transistoren haben einen Beschriftungscode
- Zwei Buchstaben und mehrere Zahlen
- Erster Buchstabe (Material)
- Zweiter Buchstabe (Anwendungsgebiet)
- Zahlen Herstellerintern



# Bezeichnungsschema für Transistoren und Dioden

- Der erste Buchstabe bezeichnet das Ausgangsmaterial
  - A – Germanium
  - B – Silicium
  - C – Gallium-Arsenid
  - D – Indium-Antimonid
  - R – Halbleitermaterial für Fotoleiter und Hallgeneratoren

# Bezeichnungsschema für Transistoren und Dioden

- Der zweite Buchstabe bezeichnet den Verwendungszweck
- C – Kleinsignaltransistor für Anwendung im Tonfrequenzbereich
- D – Leistungstransistor für Anwendung im Tonfrequenzbereich
- F – Hochfrequenztransistor
- L – Hochfrequenz Leistungstransistor
- S – Transistor für Schaltanwendungen
- Y – Leistungsdiode
- Z – Z-Diode

# Quellen

Bilder

[www.elektronik-kompendium.de](http://www.elektronik-kompendium.de)

Infos

Mitstudenten

<http://de.wikipedia.org/>

[www.elektronik-kompendium.de](http://www.elektronik-kompendium.de)

Buch: Fachkunde Elektrotechnik Europa Lehrmittel