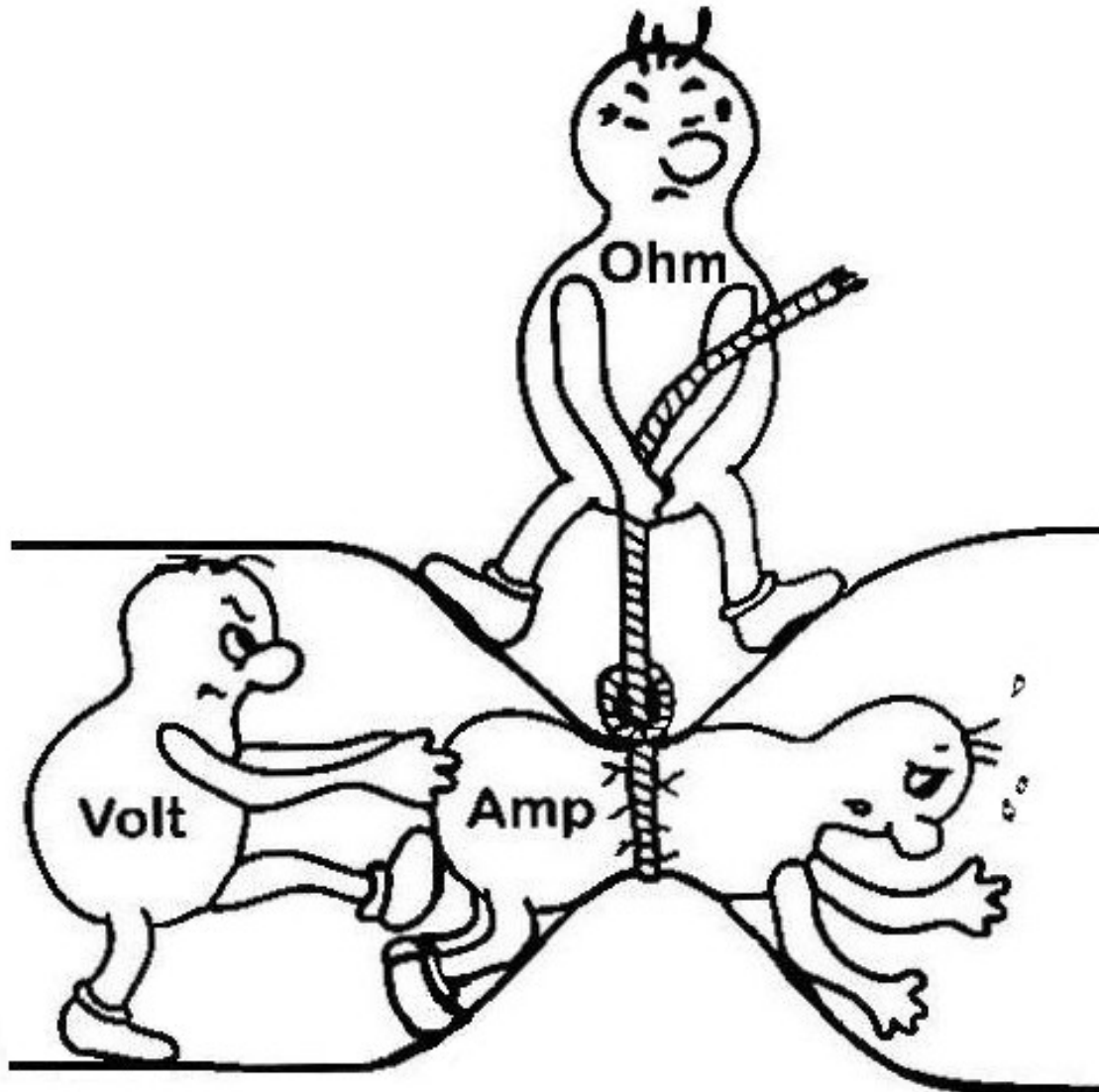


Das Ohmsche Gesetz



5.3 Transistoren

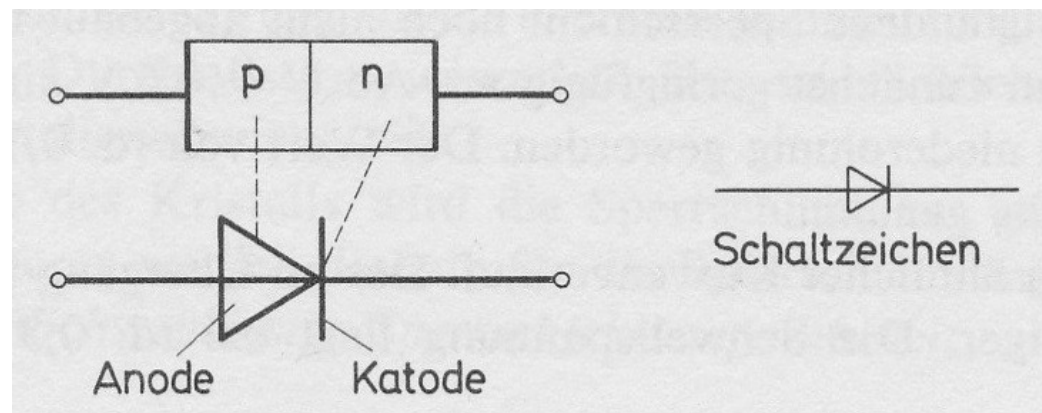


5.3 Transistoren

Wir unterscheiden bipolare Transistoren und Feldeffekttransistoren.

Heute besprechen wir die bipolaren Transistoren.

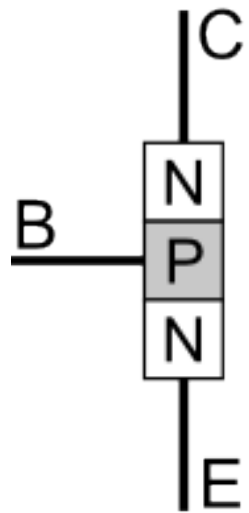
Man kann den Transistor als eine erweiterte Diode betrachten:



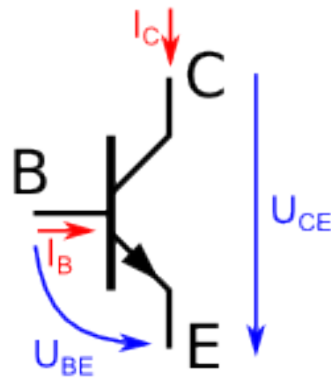
5.3 Transistoren

Wenn man zu einer Diode einen weiteren PN-Übergang hinzufügt gibt es 2 Möglichkeiten:

NPN

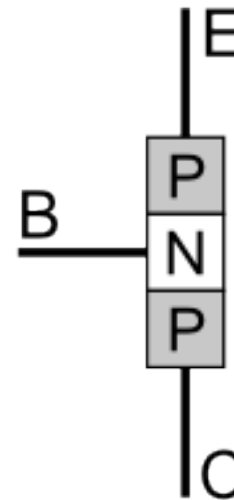


Aufbau

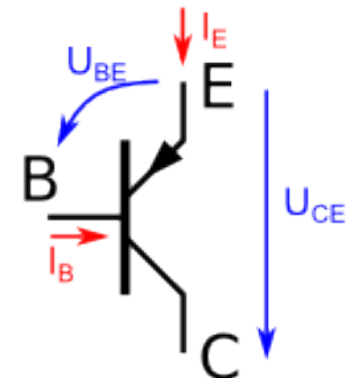


Symbol

PNP



Aufbau

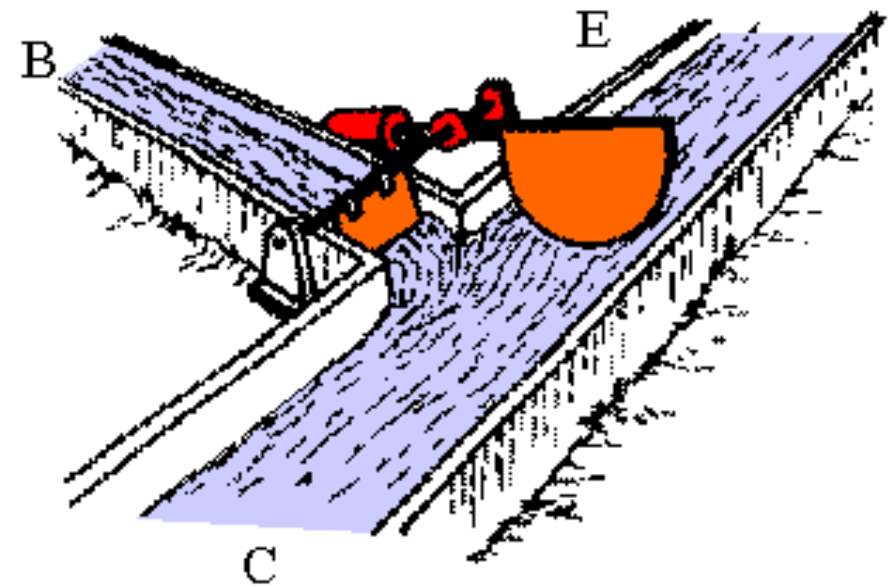
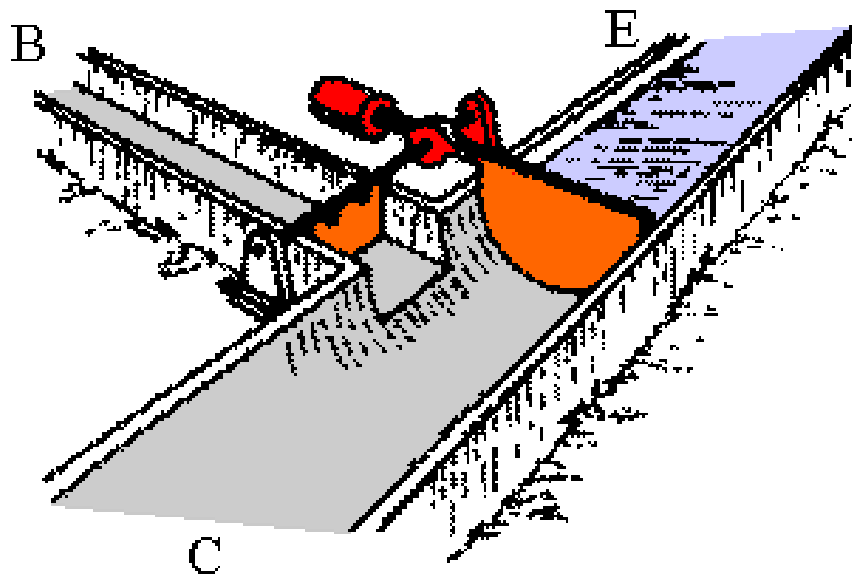


Symbol

5.3 Transistoren

Funktion eines Transistors:

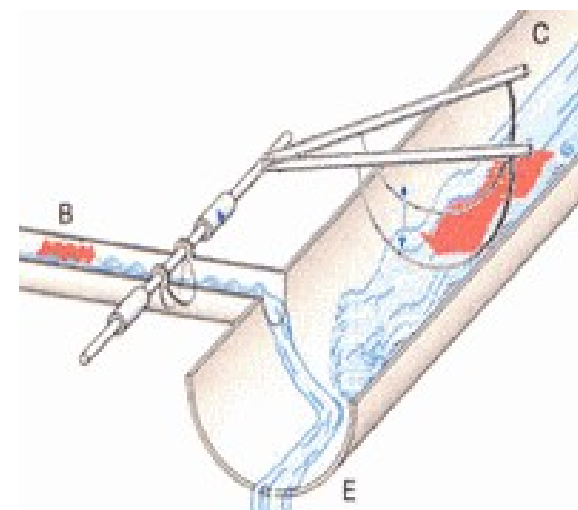
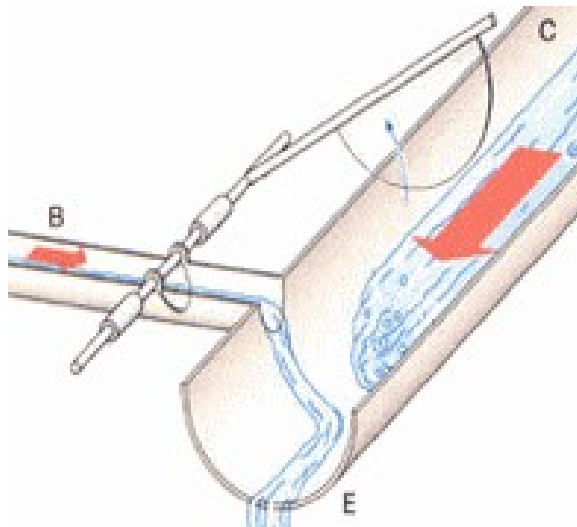
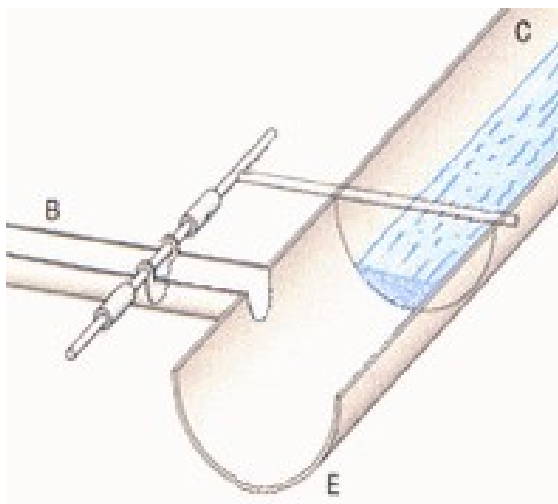
Der Basisstrom steuert den Kollektorstrom.



5.3 Transistoren

Funktion eines Transistors:

Der Basisstrom steuert den Kollektorstrom. Er schaltet ihn nicht nur EIN und AUS sondern steuert ihn proportional:



5.3 Transistoren

Wichtige Eigenschaften eines Transistors:

U_{CE} – Maximale Spannung zwischen Kollektor und Emitter

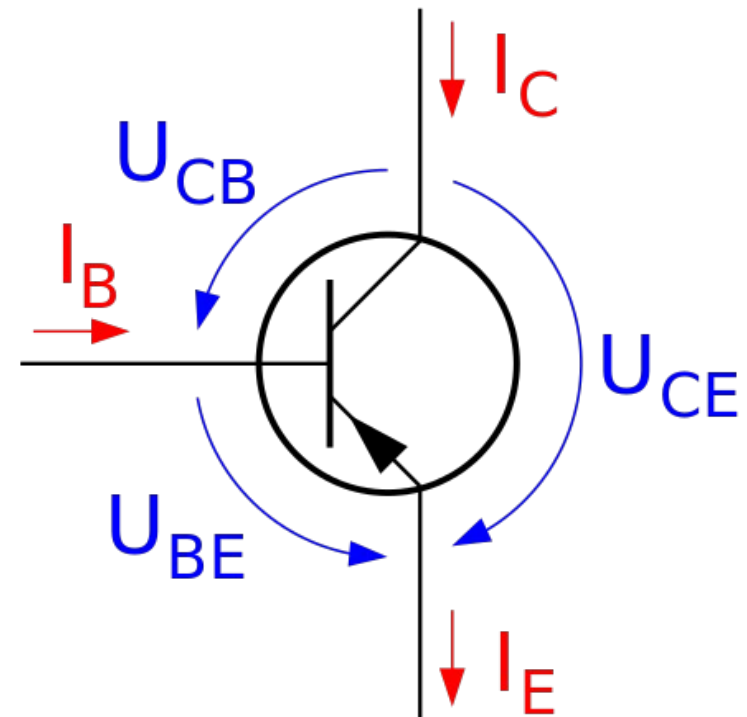
I_C – Maximaler Kollektorstrom

P_{tot} – Maximale Verlustleistung

B – Stromverstärkungsfaktor

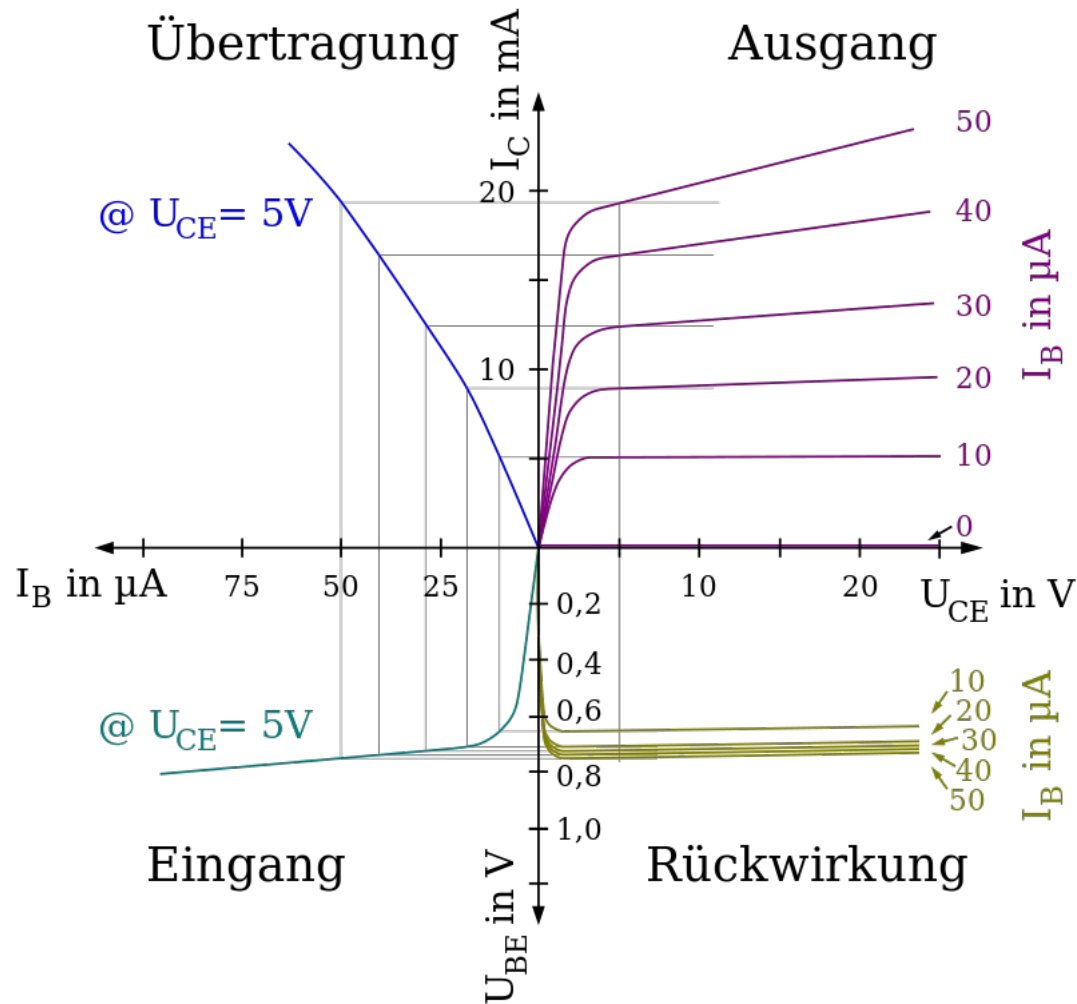
F_t – Transitfrequenz ($B = 1$)

R_{th} – Thermischer Widerstand



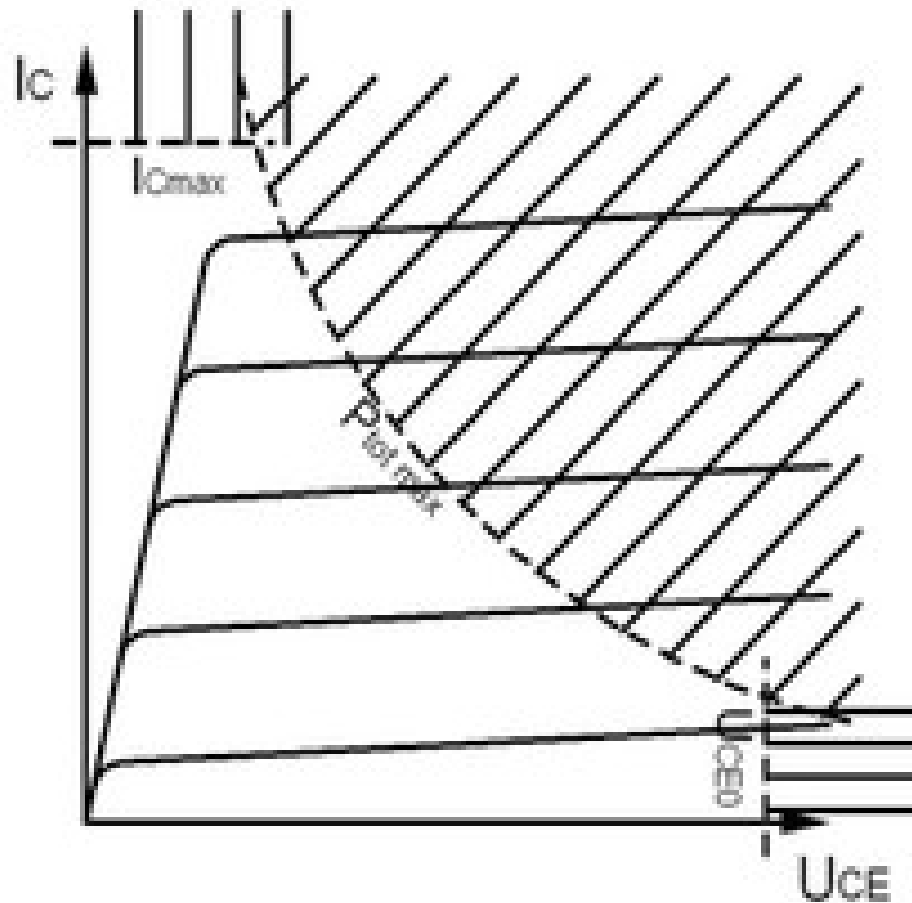
5.3 Transistoren

Übertragungseigenschaften eines Transistors:



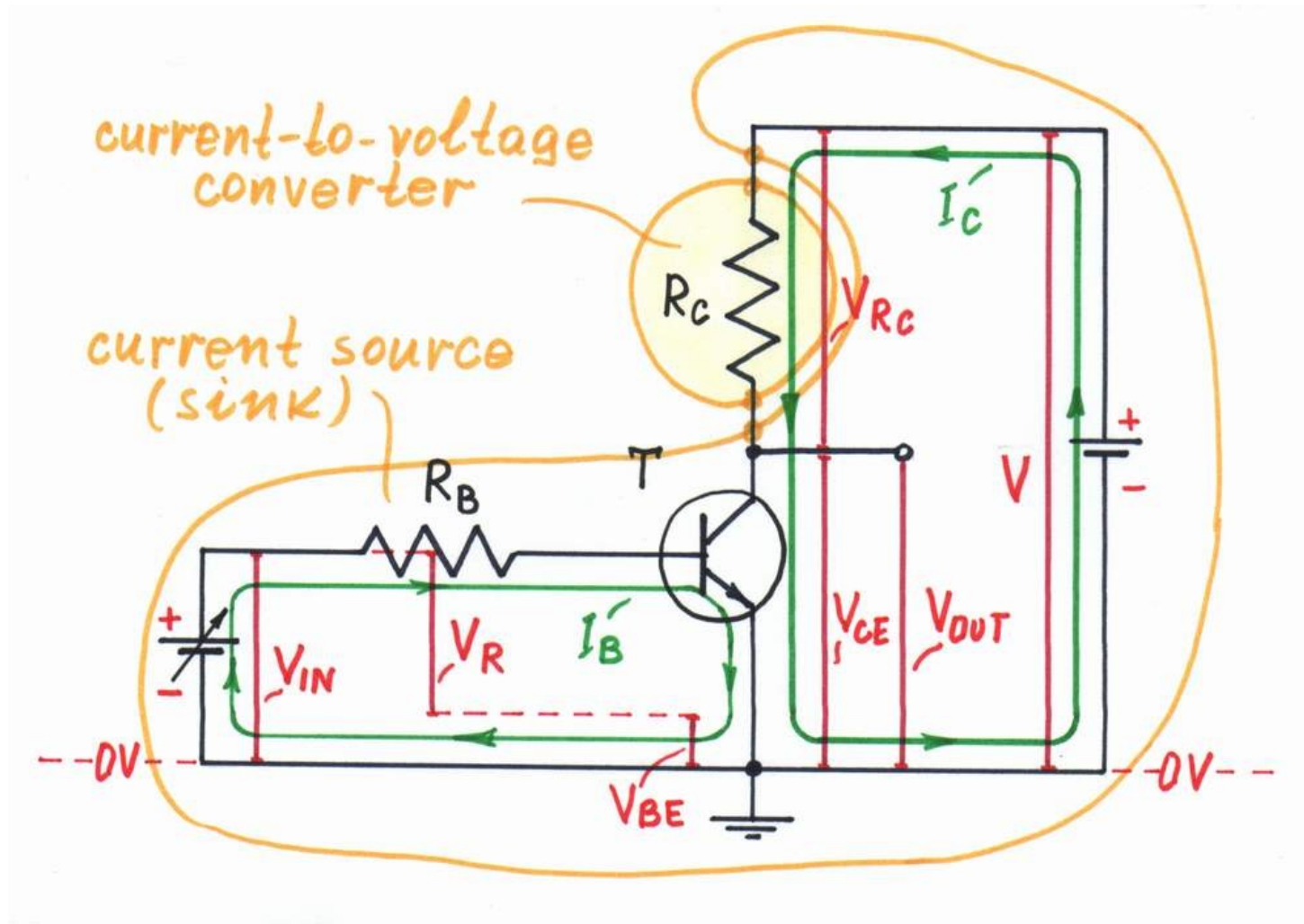
5.3 Transistoren

Arbeitsbereich eines Transistors:



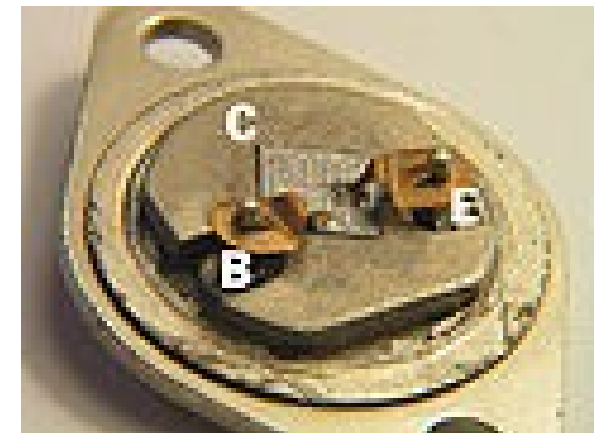
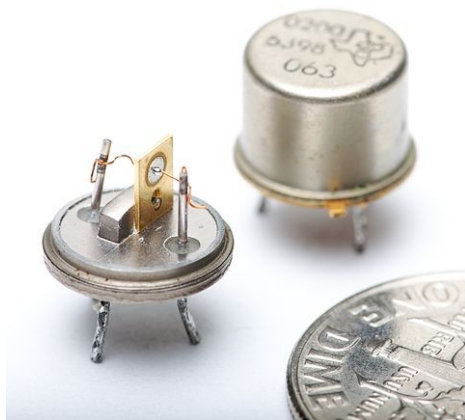
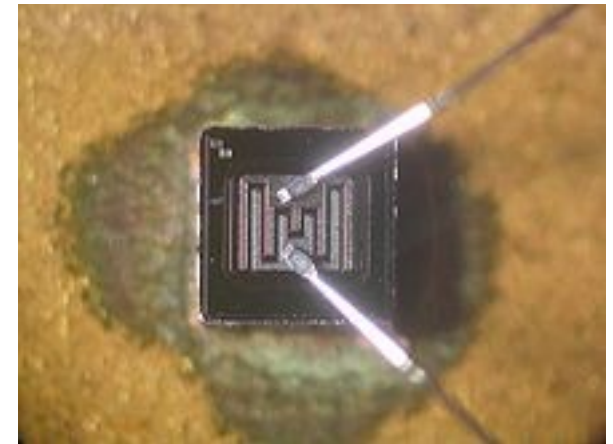
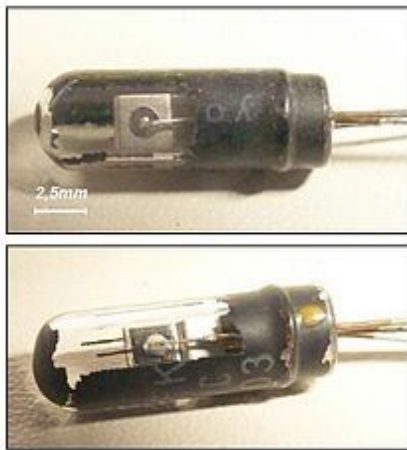
5.3 Transistoren

Äußere Beschaltung eines Transistors:



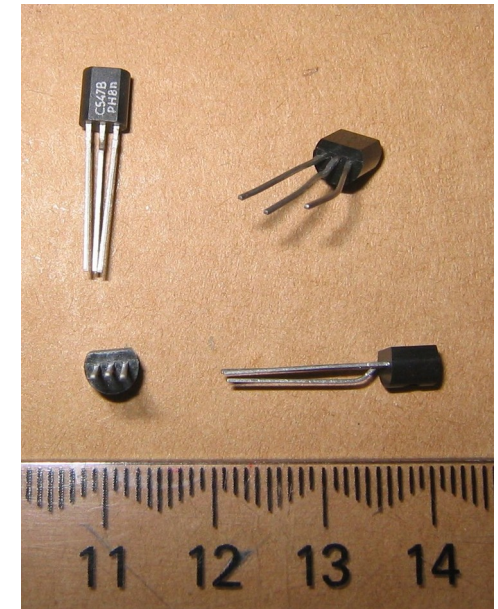
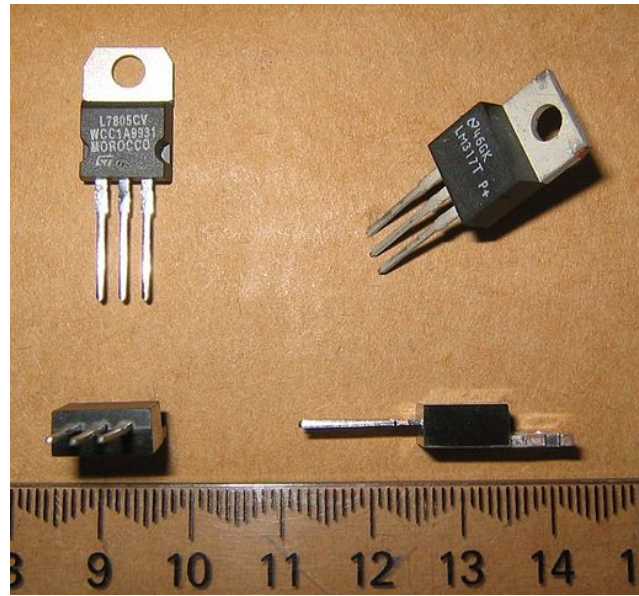
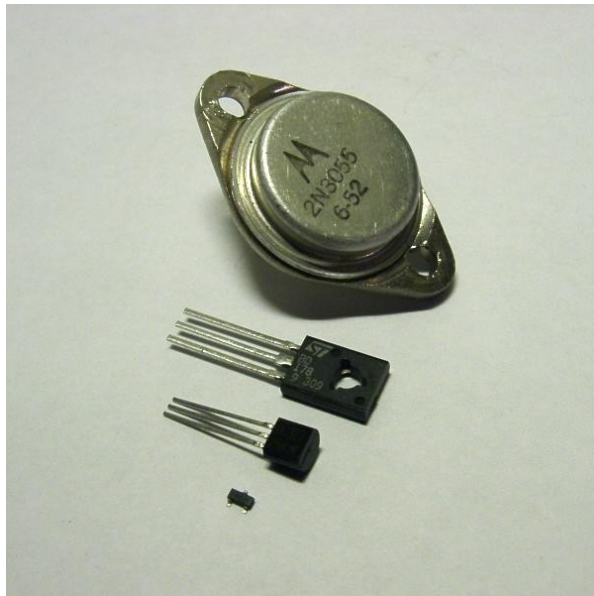
5.3 Transistoren

Gehäuse verschiedener Transistoren:



5.3 Transistoren

Gehäuse verschiedener Transistoren:



5.3 Transistoren

Datenblatt eines Transistors:

Amplifier Transistors NPN Silicon

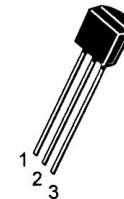
MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	BC546	BC547	BC548	Unit
Collector–Emitter Voltage	V_{CEO}	65	45	30	Vdc
Collector–Base Voltage	V_{CBO}	80	50	30	Vdc
Emitter–Base Voltage	V_{EBO}	6.0			Vdc
Collector Current — Continuous	I_C	100			mAdc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	625 5.0			mW mW/°C
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	1.5 12			Watt mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	–55 to +150			°C

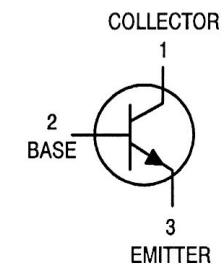
THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	200	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	83.3	°C/W

BC546, B
BC547, A, B, C
BC548, A, B, C



CASE 29–04, STYLE 17
TO–92 (TO–226AA)



5.3 Transistoren

Datenblatt eines Transistors:

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic		Symbol	Min	Typ	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS						
Collector–Emitter Breakdown Voltage ($I_C = 1.0\text{ mA}$, $I_B = 0$)	BC546	$V_{(BR)CEO}$	65	—	—	V
	BC547		45	—	—	
	BC548		30	—	—	
Collector–Base Breakdown Voltage ($I_C = 100\ \mu\text{A}$)	BC546	$V_{(BR)CBO}$	80	—	—	V
	BC547		50	—	—	
	BC548		30	—	—	
Emitter–Base Breakdown Voltage ($I_E = 10\ \mu\text{A}$, $I_C = 0$)	BC546	$V_{(BR)EBO}$	6.0	—	—	V
	BC547		6.0	—	—	
	BC548		6.0	—	—	
Collector Cutoff Current ($V_{CE} = 70\text{ V}$, $V_{BE} = 0$) ($V_{CE} = 50\text{ V}$, $V_{BE} = 0$) ($V_{CE} = 35\text{ V}$, $V_{BE} = 0$) ($V_{CE} = 30\text{ V}$, $T_A = 125^\circ\text{C}$)	BC546	I_{CES}	—	0.2	15	nA
	BC547		—	0.2	15	
	BC548		—	0.2	15	
	BC546/547/548		—	—	4.0	μA

5.3 Transistoren

Datenblatt eines Transistors:

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted) (Continued)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
ON CHARACTERISTICS					
DC Current Gain ($I_C = 10\ \mu\text{A}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$)	h_{FE}	—	90	—	—
BC547A/548A		—	150	—	
BC546B/547B/548B		—	270	—	
BC548C					
($I_C = 2.0\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$)		110	—	450	
BC546		110	—	800	
BC547		110	—	800	
BC548		110	180	220	
BC547A/548A		200	290	450	
BC546B/547B/548B		420	520	800	
BC547C/BC548C					
($I_C = 100\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$)		—	120	—	
BC547A/548A		—	180	—	
BC546B/547B/548B		—	300	—	
BC548C					
Collector–Emitter Saturation Voltage ($I_C = 10\ \text{mA}$, $I_B = 0.5\ \text{mA}$) ($I_C = 100\ \text{mA}$, $I_B = 5.0\ \text{mA}$) ($I_C = 10\ \text{mA}$, $I_B = \text{See Note 1}$)	$V_{CE(\text{sat})}$	—	0.09	0.25	V
		—	0.2	0.6	
		—	0.3	0.6	
Base–Emitter Saturation Voltage ($I_C = 10\ \text{mA}$, $I_B = 0.5\ \text{mA}$)	$V_{BE(\text{sat})}$	—	0.7	—	V
Base–Emitter On Voltage ($I_C = 2.0\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$) ($I_C = 10\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$)	$V_{BE(\text{on})}$	0.55	—	0.7	V
		—	—	0.77	

5.3 Transistoren

Datenblatt eines Transistors:

SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS

Current-Gain — Bandwidth Product ($I_C = 10 \text{ mA}$, $V_{CE} = 5.0 \text{ V}$, $f = 100 \text{ MHz}$)	BC546 BC547 BC548	f_T	150 150 150	300 300 300	— — —	MHz
Output Capacitance ($V_{CB} = 10 \text{ V}$, $I_C = 0$, $f = 1.0 \text{ MHz}$)		C_{obo}	—	1.7	4.5	pF
Input Capacitance ($V_{EB} = 0.5 \text{ V}$, $I_C = 0$, $f = 1.0 \text{ MHz}$)		C_{ibo}	—	10	—	pF
Small-Signal Current Gain ($I_C = 2.0 \text{ mA}$, $V_{CE} = 5.0 \text{ V}$, $f = 1.0 \text{ kHz}$)	BC546 BC547/548 BC547A/548A BC546B/547B/548B BC547C/548C	h_{fe}	125 125 125 240 450	— — 220 330 600	500 900 260 500 900	—
Noise Figure ($I_C = 0.2 \text{ mA}$, $V_{CE} = 5.0 \text{ V}$, $R_S = 2 \text{ k}\Omega$, $f = 1.0 \text{ kHz}$, $\Delta f = 200 \text{ Hz}$)	BC546 BC547 BC548	NF	— — —	2.0 2.0 2.0	10 10 10	dB

Note 1: I_B is value for which $I_C = 11 \text{ mA}$ at $V_{CE} = 1.0 \text{ V}$.

5.3 Transistoren

Datenblatt eines Transistors:

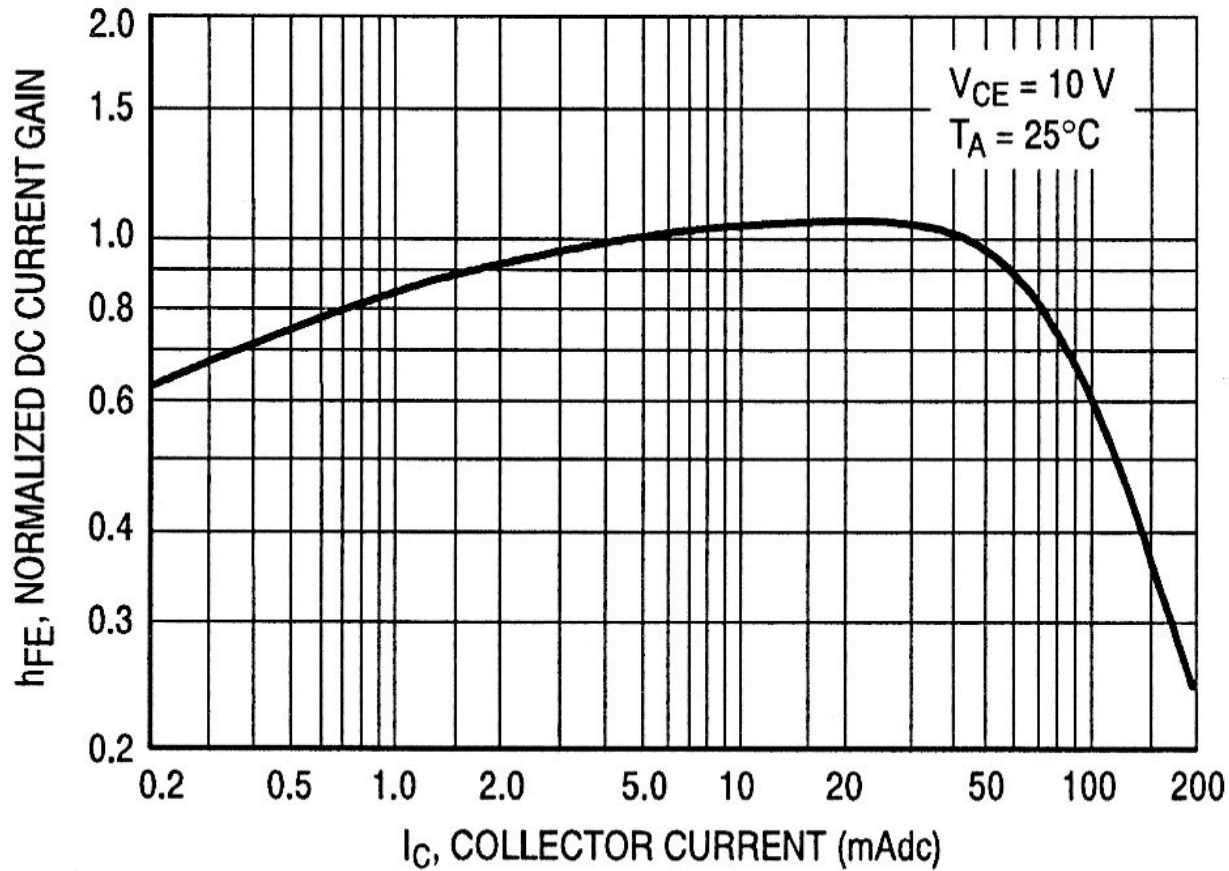


Figure 1. Normalized DC Current Gain

5.3 Transistoren

Datenblatt eines Transistors:

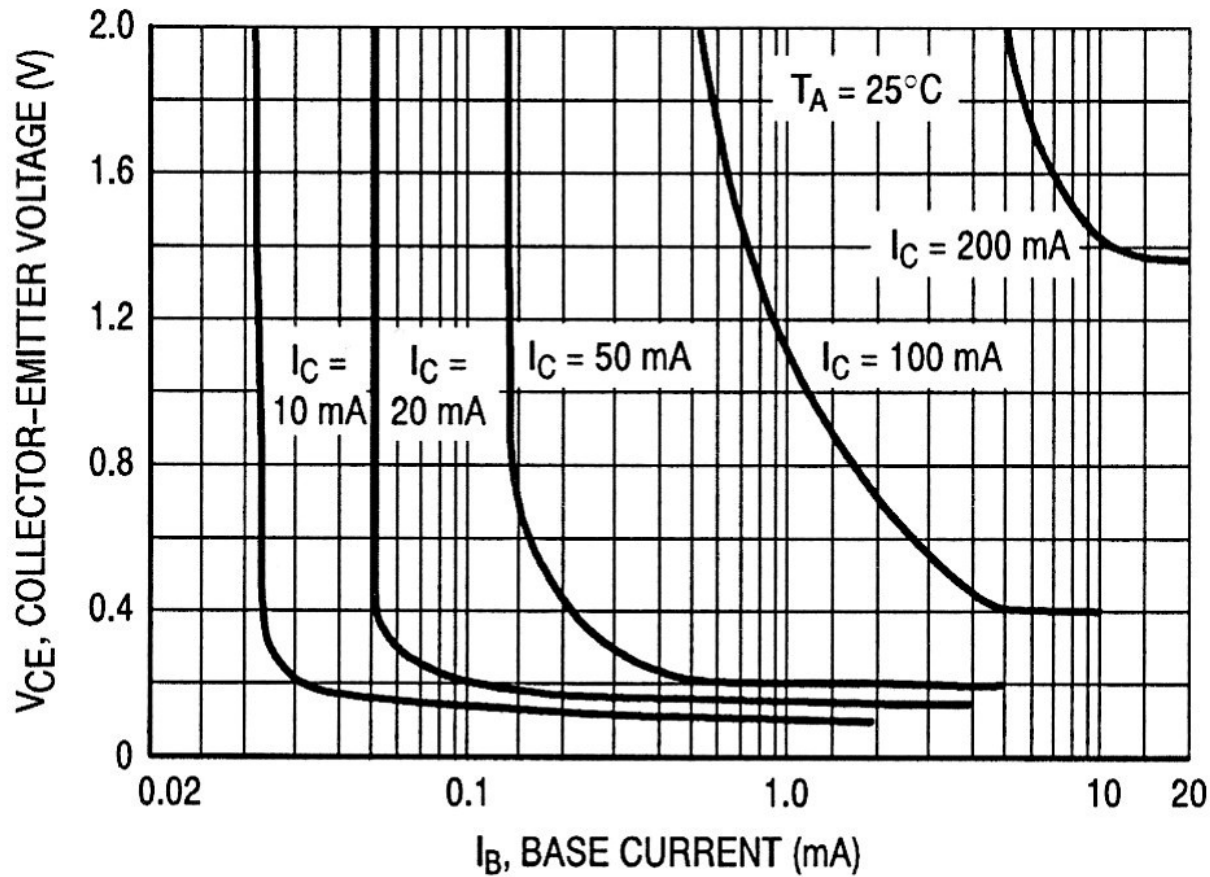


Figure 3. Collector Saturation Region

5.3 Transistoren

Datenblatt eines Transistors:

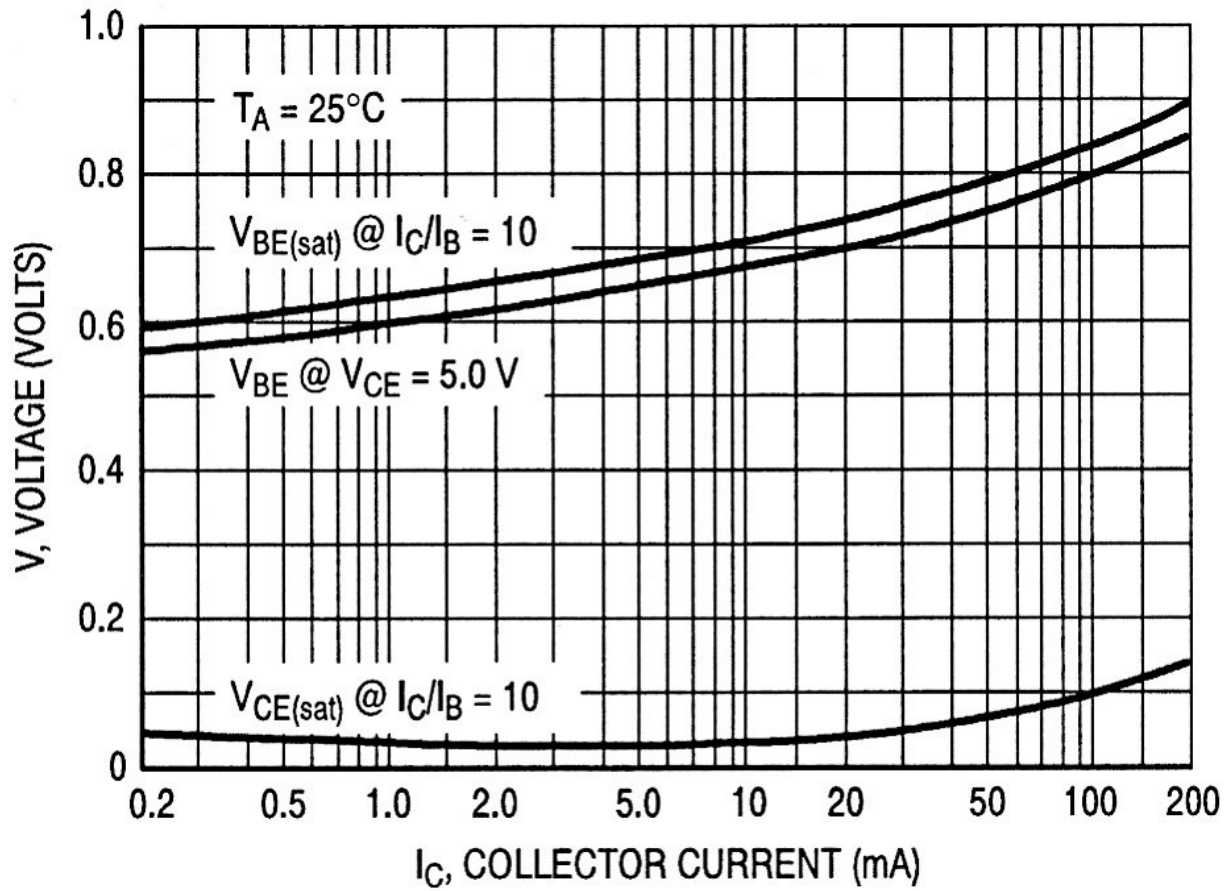


Figure 8. "On" Voltage

5.3 Transistoren

Bezeichnung von Halbleitern:

Pro-Electron-Norm / EECA

Bedeutung des 1. Zeichens

1. Zeichen Bedeutung

A	Germanium
B	Silizium
C	Galliumarsenid
D	Keramik
R	Cadmiumsulfid

5.3 Transistoren

Bezeichnung von Halbleitern:

Pro-Electron-Norm / EECA

Bedeutung des 2. Zeichens

<u>2. Zeichen</u>	<u>Bedeutung</u>	<u>Wärmewiderstand Sperrschicht-Gehäuse R_{thJG}</u>
A	Diode	
B	Kapazitätsdiode	
C	Tonfrequenz-Transistor	> 15 K/W
D	Leistungs-Tonfrequenz-Transistor	< 15 K/W
E	Tunneldiode	
F	HF-Transistor	> 15 K/W
G	Hybride	
H	Diode magnetfeldabhängig	
K	HF-Transistor	> 15 K/W
L	Leistungs-HF-Transistor	< 15 K/W
M	Mischer	
N	Optokoppler	
P	Strahlungsempfänger	Phototransistor, Photodiode,
Q	Strahlungserzeuger	LED, Laser-Diode,
R	Thyristor oder Triac	kleine Leistung

5.3 Transistoren

Bezeichnung von Halbleitern:

Pro-Electron-Norm / EECA

Bedeutung des 2. Zeichens

2. Zeichen Bedeutung Wärmewiderstand Sperrschicht-Gehäuse R_{thJG}

S	Schaltransistor	> 15 K/W
T	Thyristor oder Triac	
U	Leistungs-Schaltransistor	< 15 K/W
V	Antenne	
W	Oberflächenwellenbauteil	
X	Diode	
Y	Diode	
Z	Z-Diode	

5.3 Transistoren

Bezeichnung von Halbleitern:

JEDEC EIA370B:

Diese amerikanische Norm ist nur als Mitglied der JEDEC zu bekommen. Ich habe auch sonst keine konkreten Informationen im Internet gefunden. Bekannt ist:

1Nxxxx – Dioden

2Nxxxx - Transistoren

5.3 Transistoren

Der Transistor als Schalter:

Die Ansprüche an einen Transistor als Schalter unterscheiden sich von denen eines Transistors als Linearverstärker.

Beim Schalttransistor unterscheiden wir 3 Zustände:

Ausgeschaltet

Eingeschaltet

Umschaltvorgang

5.3 Transistoren

Der ausgeschaltete – gesperrte - Transistor: Kollektor-Emitter-Durchbruchspannung

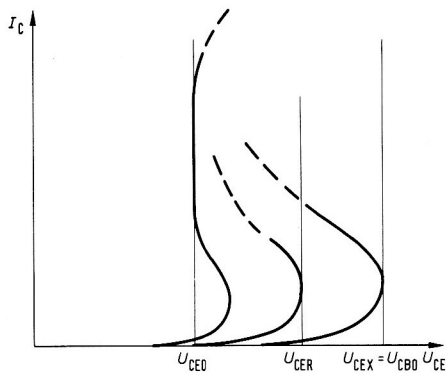
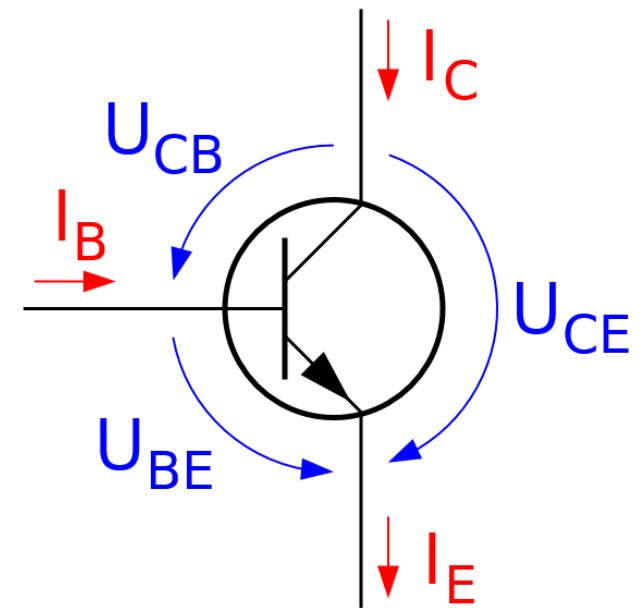


Bild 4.2 Durchbruchverhalten eines dreifach diffundierten Transistors bei unterschiedlicher Beschaltung der Basis-Emitter-Strecke
 U_{CEOSUS} Kollektor-Emitter-Durchbruchspannung bei offener Basis
 U_{CER} Durchbruchspannung mit Widerstandsbeschaltung
 U_{CEX} Durchbruchspannung mit negativer Basis



Kollektor-Emitter-Reststrom

Auch der Reststrom ist von der Beschaltung der Basis abhängig.

5.3 Transistoren

Der durchgeschaltete – leitende - Transistor:
Kollektor-Emitter-Sättigungsspannung

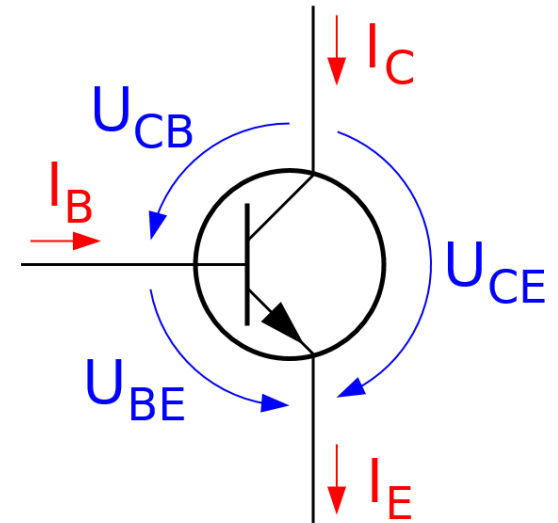
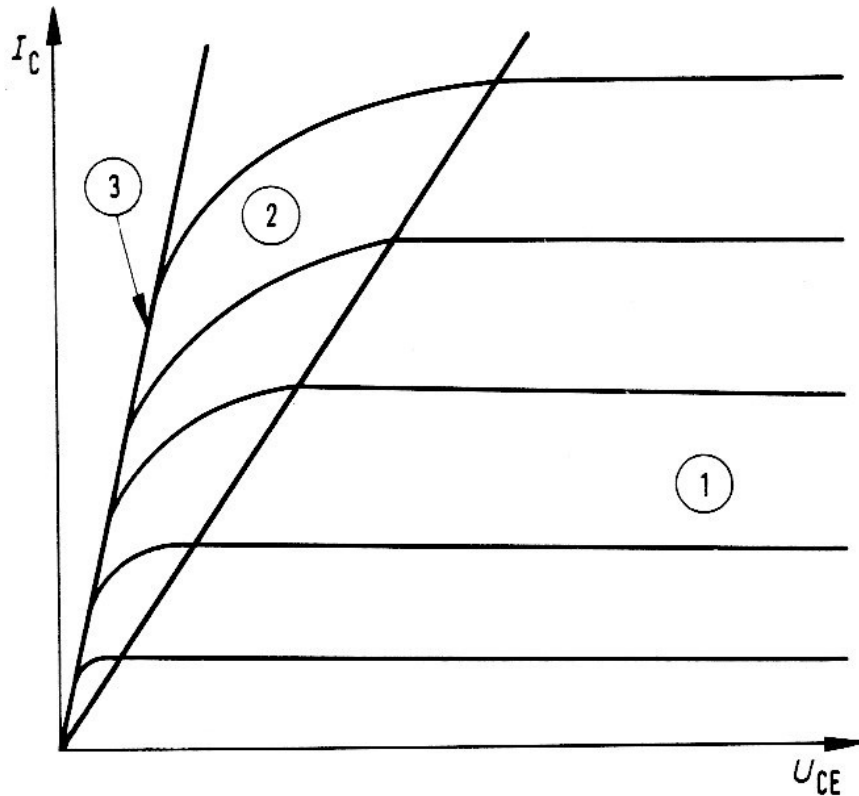


Bild 4.3 Das U_{CE} - I_C -Kennlinienfeld eines Leistungstransistors; ① linearer Bereich, ② Bereich der Quasi-Sättigung, ③ Bereich der Sättigung

5.3 Transistoren

Der schaltende Transistor:

Umschaltzeit

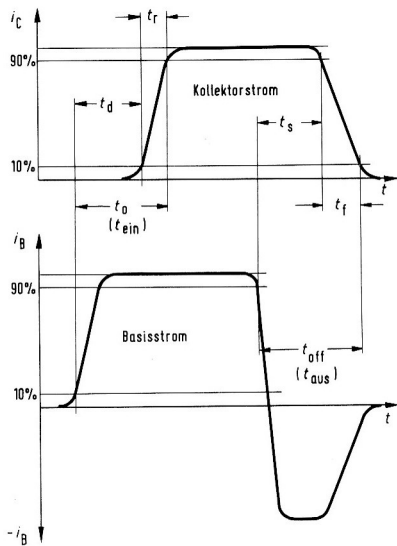


Bild 4.5 Schaltzeiten von Leistungstransistoren

U_{CE} - I_C -Verlauf

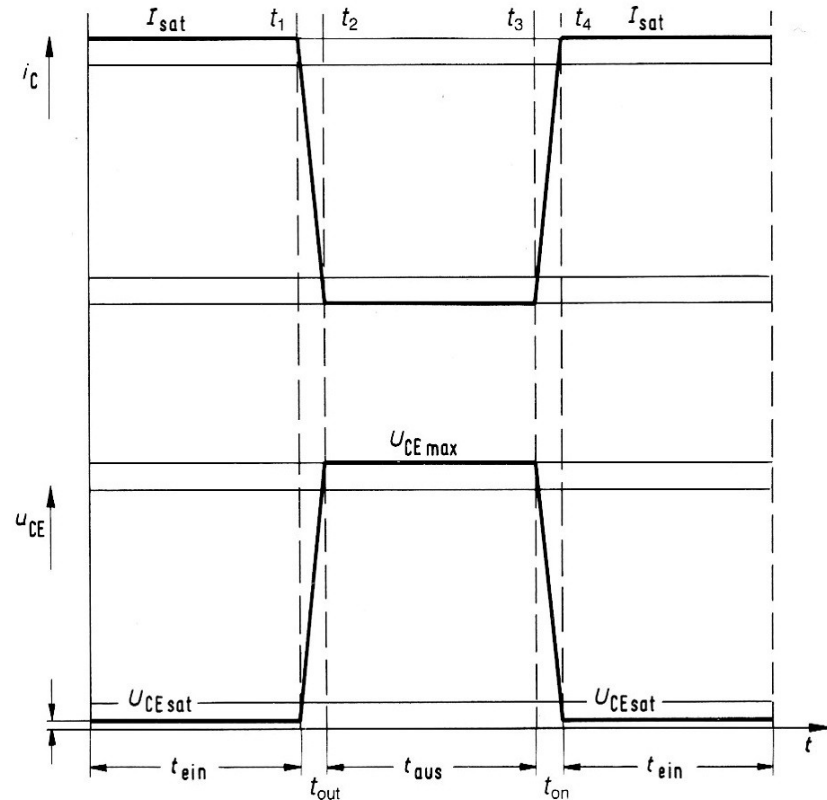


Bild 4.6 Vereinfachtes Schema der Schaltphasen eines Transistors

5.3 Transistoren

Der schaltende Transistor:

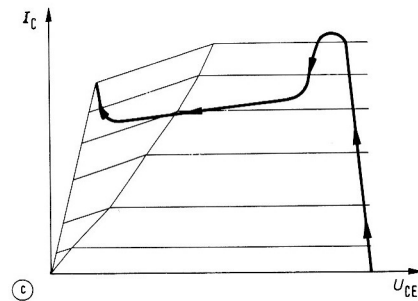
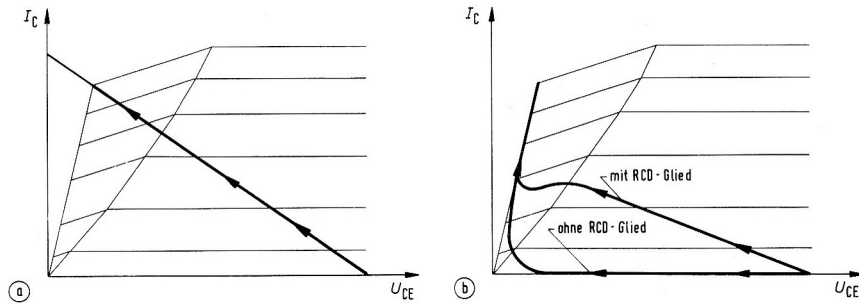


Bild 4.20 Arbeitskennlinien von Schalttransistoren, Einschalt-Kennlinien; a rein reelle Last, b induktive Last mit und ohne RCD-Glied, c induktive Last und hoher Anfangsstrom

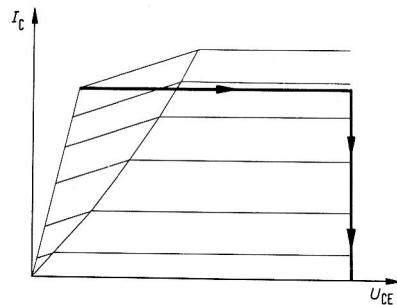
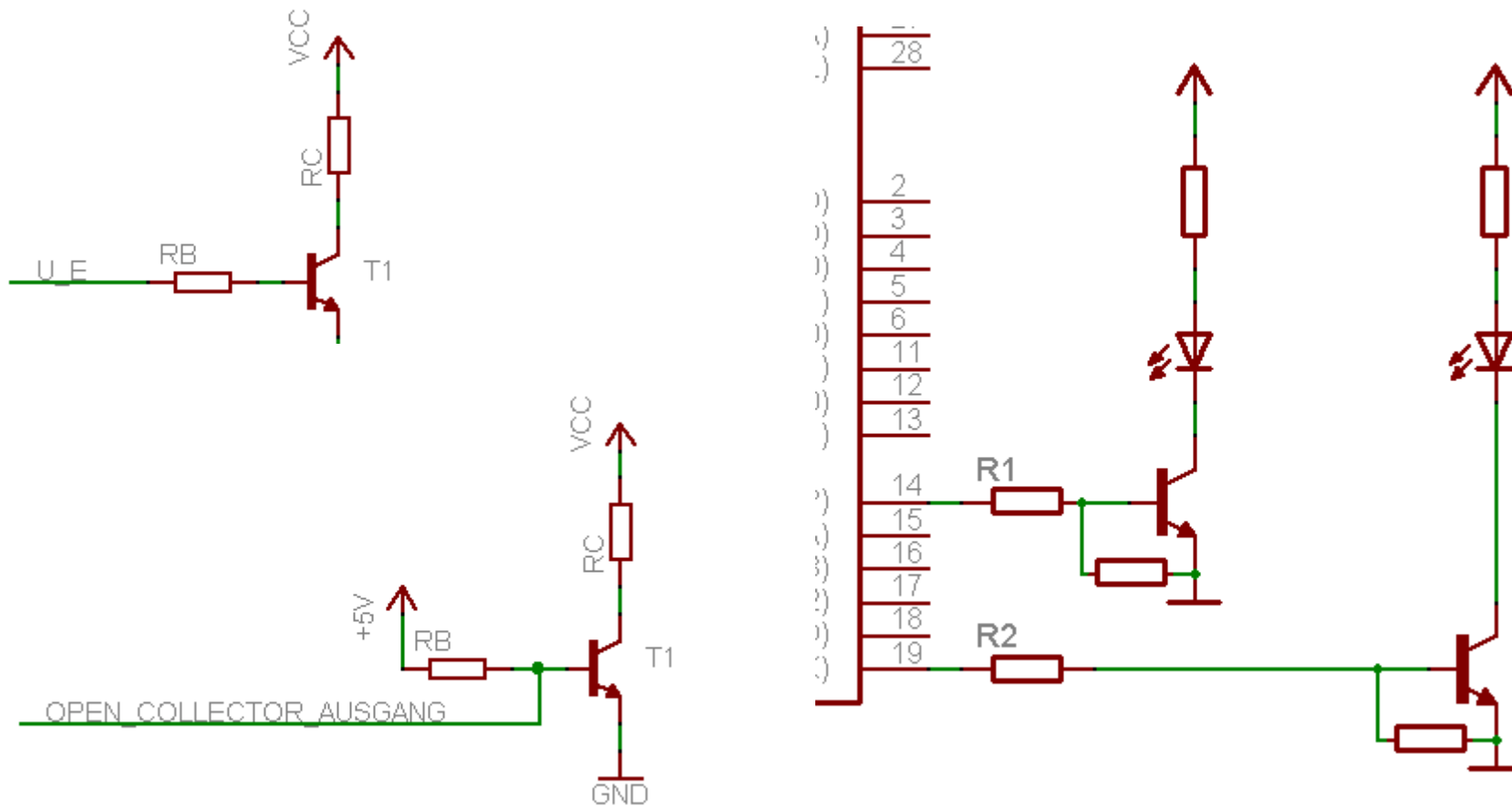


Bild 4.21 Arbeitskennlinien von Schalttransistoren, Ausschalt-Kennlinie bei induktiver Last

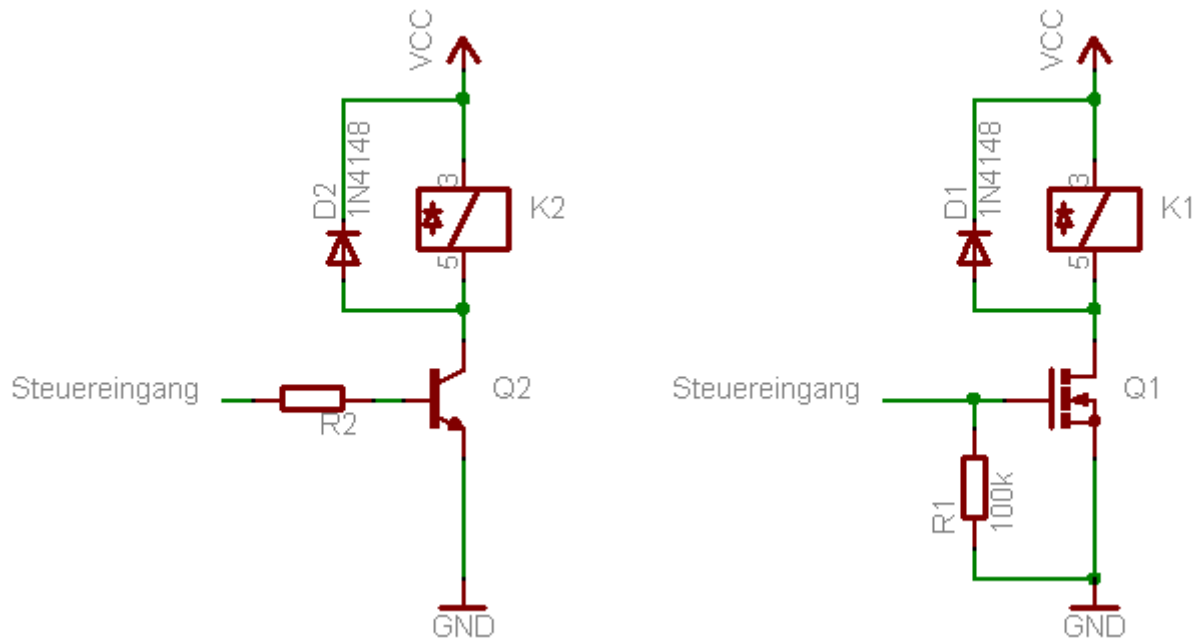
5.3 Transistoren

Der beschaltete Schalttransistor:



5.3 Transistoren

Der beschaltete Schalttransistor:



5.3 Transistoren

Vorschau:

Leistungstransistoren

Kühlkörperberechnung

Der Transistor als Verstärker

Links

<http://www.dieelektronikerseite.de/index.htm>

<http://elektroniktutor.de/index.html>

<http://www.domnick-elektronik.de/index.htm>

<http://www.elektronik-kompendium.de/>