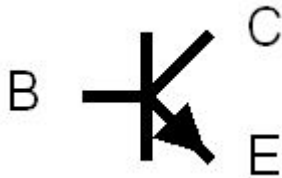


Bipolare Transistoren

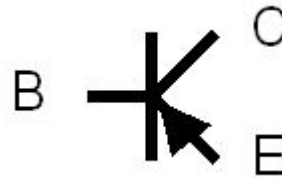


Allgemeines

NPN-Transistor

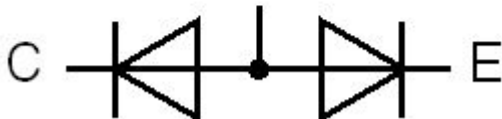
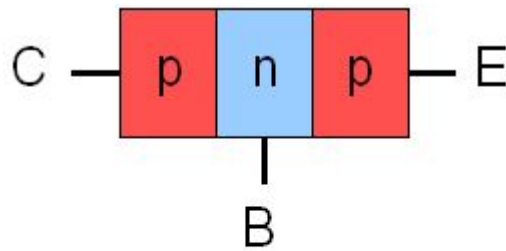
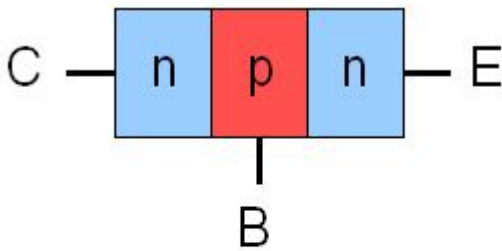


PNP-Transistor

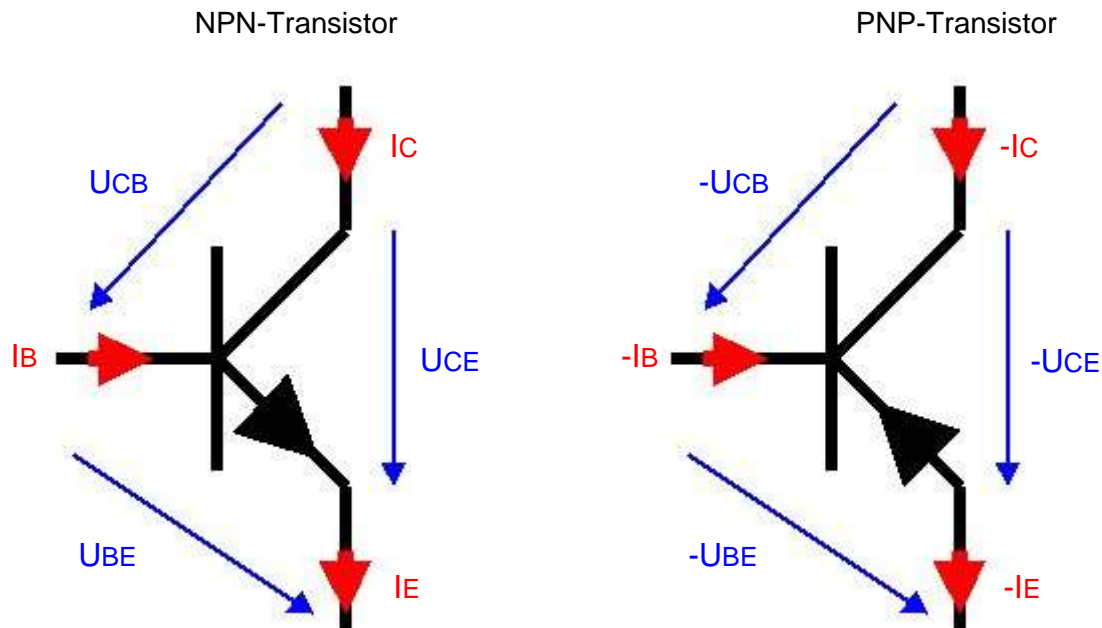


B – Basis
C – Collector
E – Emitter

Aufbau der bipolaren Transistoren



B – Basis
C – Collector
E – Emitter

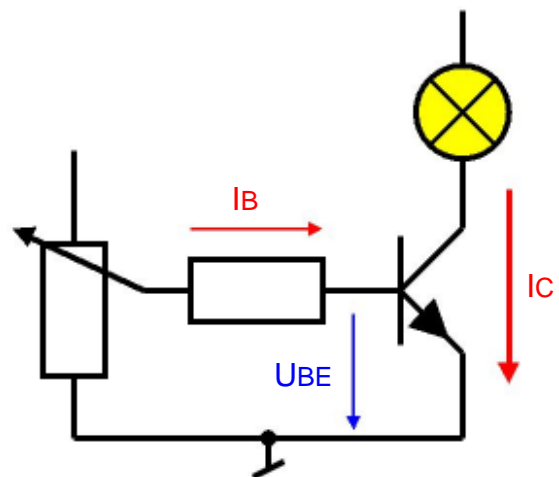
Bezeichnung der Spannungen und Ströme am Transistor

Beim PNP-Transistor werden die Strom- bzw. Spannungspfeile in die gleiche Richtung wie beim NPN-Transistor eingetragen! Da aber beim PNP alle Polaritäten vertauscht sind, ändert sich der Vorzeichen der Bezeichnungen!

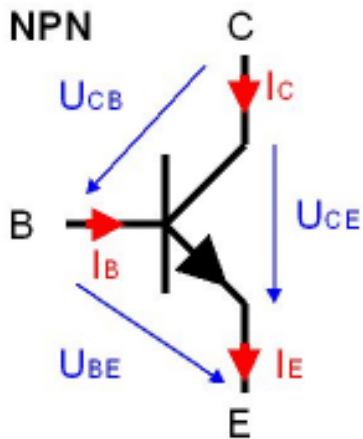
Funktionsweise

Der Transistor erhält einen kleinen Basisstrom I_B , womit er einen grossen Strom I_C steuert.

Er steuert voll durch, wenn $U_{BE} = 0.7V$.

**Die wichtigsten Punkte zusammengefasst**

- Ein kleiner Basisstrom I_B steuert einen grossen Kollektorstrom I_C
- Ein Basisstrom I_B kann nur dann fließen, wenn die Basis-Emitter-Spannung
 - $U_{BE} > 0.6 V$ ist (SI)
 - $U_{BE} > 0.4 V$ ist (GE)
- Die Kollektor-Emitter-Spannung U_{CE} muss positiv und $> 1V$ sein

Beziehungen am Transistor:

$$I_E = I_B + I_C$$

$$U_{CE} = U_{CE} + U_{BE}$$

$$B = I_C / I_B$$

$$P_V = U_{BE} * I_B + U_{CE} * I_C$$

wobei die „Basis-Emitter-Verlustleistung“ $U_{BE} * I_B$ nicht allzu viel ausmacht



$$P_V = U_{CE} * I_C$$

$P_V \rightarrow$ Verlustleistung

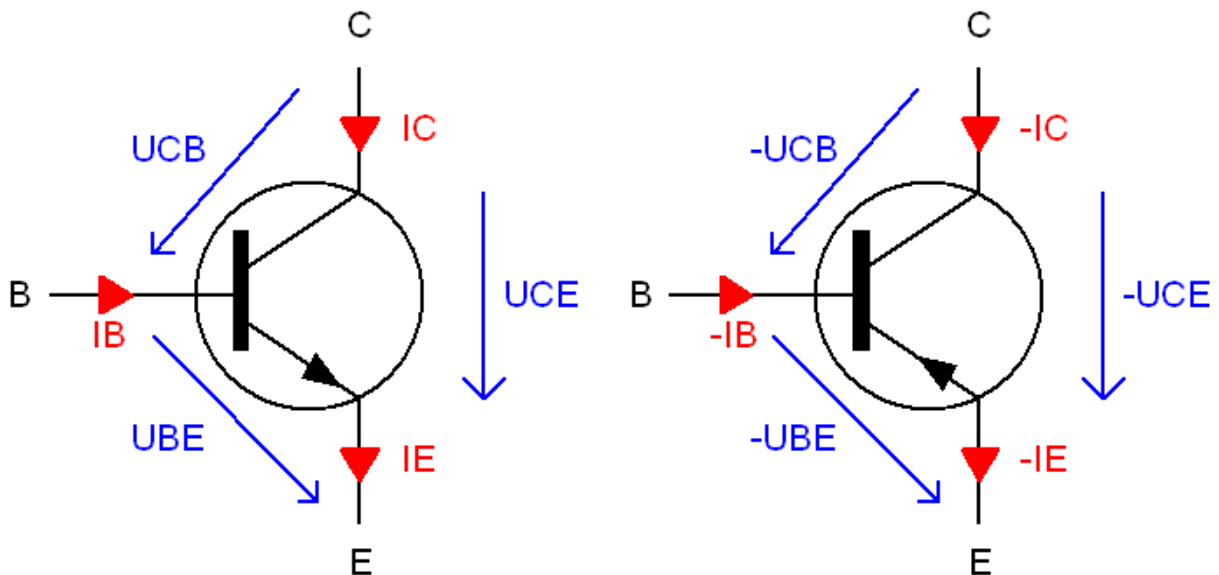
$B, h_{FE} \rightarrow$ Stromverstärkungsfaktor

Übungen zu den Grundlagen des Transistors:

Diese Übungen sollen Sie ohne die Kursunterlagen lösen!

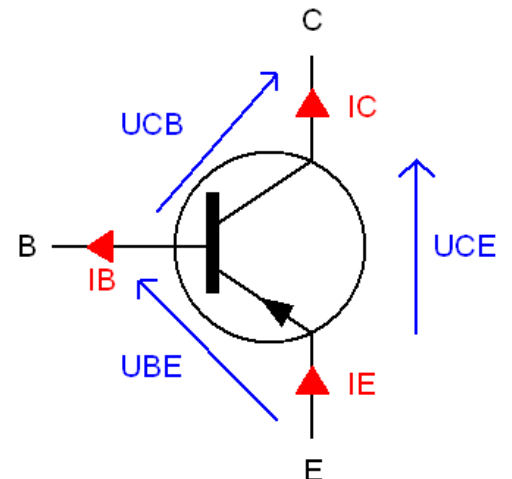
1. Ein PNP-Transistor soll mit einem elektronischen Durchgangsprüfer (Beeper) getestet werden. Wie gehen Sie vor, um den Transistor zu prüfen? Geben Sie die einzelnen Schritte in einer Tabelle an.
 - 1.) BC-Strecke testen
→ (+) des Beepers an Collector, (-) an Basis
 - 2.) BE-Strecke testen
→ (+) des Beepers an Emitter, (-) an Basis
 - 3.) Stellt man bei beiden Strecken einen Durchgang fest, ist der Transistor sehr wahrscheinlich i.O.

2. Skizzieren Sie einen NPN und einen PNP Transistor und tragen Sie Ströme und Spannungen mit den richtigen Bezeichnungen ein. Dies sollten Sie nun auswendig können!



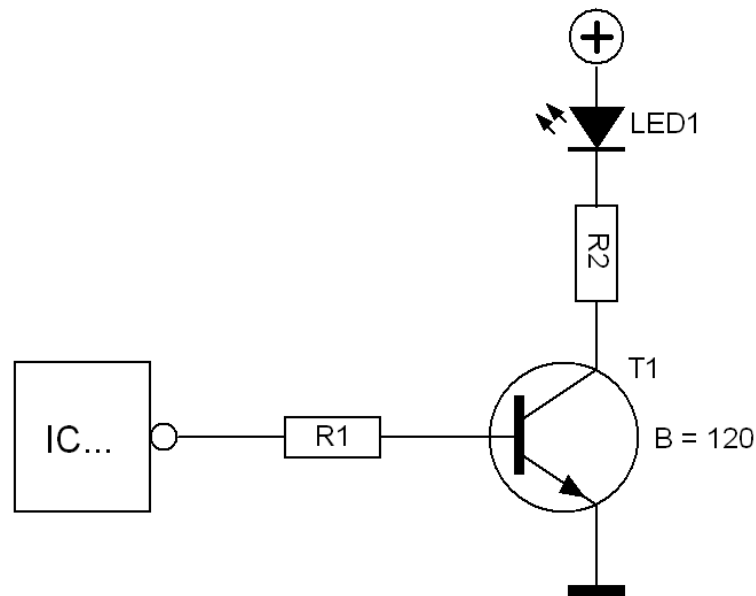
3. Geben Sie die Bedingungen an, die erfüllt sein müssen, damit ein PNP Transistor leitend wird. Definieren Sie genau von wo nach wo Ströme fließen müssen, und wie die Spannungen gerichtet sind! (Skizze)

- U_{BE} muss negativer als ca. $-0.6V$ sein
- Der Kollektor muss negativer als der Emitter sein



4. Eine digitale IC liefert am Ausgang im Zustand '1' (+5V) einen maximalen Strom von 4mA. Der Ausgangszustand soll mit einer LED (grün) angezeigt werden ('1' - LED ein). Die LED soll einen Strom von 20mA führen. Als Treiber für die LED wird ein NPN-Transistor mit einer Stromverstärkung B von 120 eingesetzt. Die Schaltung wird an 5V betrieben. Der Transistor soll um einen Faktor 3 übersteuert werden ($I_{Beff} = 3 \cdot I_B$)

Zeichnen Sie die Schaltung und dimensionieren Sie die Komponenten



$$I_B = I_C / B = 20 \text{ mA} / 120 = 167 \text{ } \mu\text{A}$$

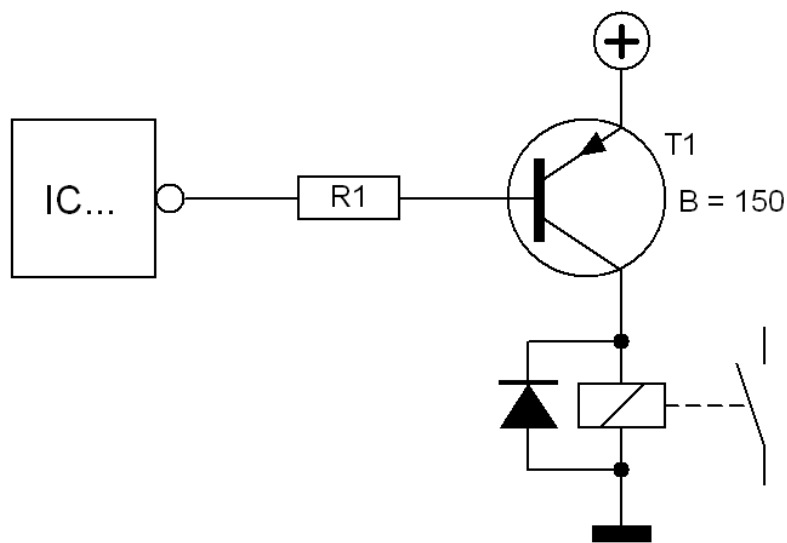
$$I_{Beff} = 3 \cdot I_B = 3 \cdot 167 \text{ } \mu\text{A} = 500 \text{ } \mu\text{A}$$

$$R_1 = (U_B - U_{BE}) / I_{BEFF} = (5 \text{ V} - 0.7 \text{ V}) / 500 \text{ } \mu\text{A} = \underline{8.6 \text{ k}\Omega}$$

$$R_2 = (U_B - U_{CEsat} - U_{FLED}) / (I_{FLED}) = (5 \text{ V} - 0.1 \text{ V} - 2.1 \text{ V}) / 20 \text{ mA} = \underline{140 \Omega}$$

5. Ein Modelleisenbahnbastler will mit einem Ausgang einer digitalen IC (5V-Logik) ein Relais ansteuern. Das Relais soll anziehen, wenn der Ausgang der IC den Zustand ‚0‘ annimmt. Der IC-Ausgang kann im Zustand ‚0‘ einen maximalen Strom von 4mA aufnehmen.
Das Relais hat folgende Eigenschaften: 5VDC, $R = 178 \text{ Ohm}$, $P = 150\text{mW}$. Der Transistor hat gemäss Datenblatt eine Stromverstärkung B von 150 und soll um den Faktor 2 übersteuert werden.

Zeichnen Sie die Schaltung und dimensionieren Sie die Komponenten.



$$I_{\text{Relais}} = I_C = \sqrt{P/R} = \sqrt{150 \text{ mW} / 178 \Omega} = 29 \text{ mA}$$

$$I_B = I_C / B = 29 \text{ mA} / 150 = 193 \mu\text{A}$$

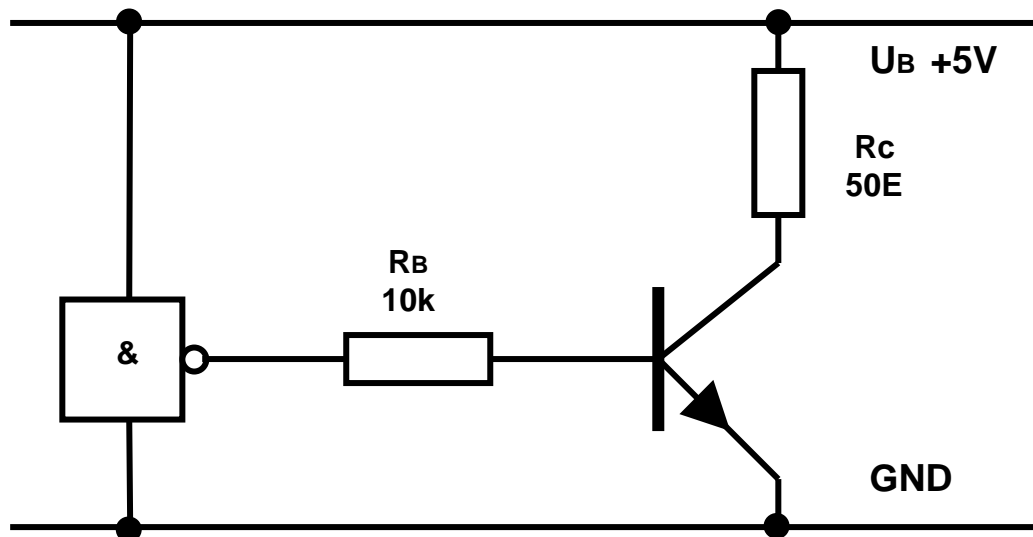
$$I_{\text{Beff}} = 2 * I_B = 2 * 193 \mu\text{A} = 387 \mu\text{A}$$

$$R_1 = (U_B - U_{BE}) / I_{\text{BEFF}} = (5 \text{ V} - 0.7 \text{ V}) / 387 \mu\text{A} = \underline{11.1 \text{ k}\Omega}$$

Die Diode ist als Freilaufdiode geschaltet, es könnte beispielsweise der Typ 1N4001 sein.

6. Bestimmen Sie in der folgenden Schaltung I_B , I_C , U_{CE} , P_V im Transistor für die beiden Ausgangszustände des HC-MOS Gatters (,0' = 0V, ,1' = +5V)

Daten des Transistors: $U_{BE} = 0.68V$, $B = 90$



Für Ausgangszustand ,1'

$$I_B = (U_{IC} - U_{BE}) / R_B = (5V - 0.68V) / 10k\Omega = \underline{0.432\text{ mA}}$$

$$I_C = I_B * B = 0.432\text{ mA} * 90 = \underline{38.8\text{ mA}}$$

$$U_{RC} = I_C * R_C = 38.8\text{ mA} * 50E = 1.94\text{ V}$$

$$U_{CE} = U_B - U_{RC} = 5V - 1.94\text{ V} = \underline{3.06\text{ V}}$$

$$P_V = U_{CE} * I_C = 3.06\text{ V} * 38.8\text{ mA} = \underline{119\text{ mW}}$$

(die „Basis-Emitter-Verlustleistung“ kann vernachlässigt werden!)

Für Ausgangszustand ,0'

$$I_B, I_C, U_{CE}, P_V = \underline{0}$$

Bipolare Transistoren: Hersteller-Datenblätter

Ziel: Herstellerangaben interpretieren und die einzelnen Parameter erklären

In Datenblättern von Transistoren gibt der Hersteller die wichtigsten Eigenschaften an. Sie sollen nun die folgenden Fragen beantworten und die gesuchten Werte angeben. Dazu verwenden Sie die Datenblätter der Transistoren 2N3055 und BC337.

1. „Absolute maximum ratings“ oder „limiting values“ bedeutet Grenzwerte. Geben Sie an, was der Ausdruck Grenzwert für eine Bedeutung hat (gleich wie bei den Dioden).

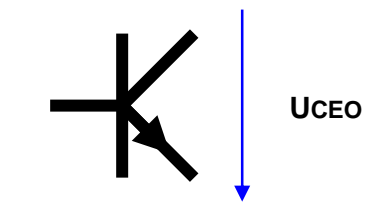
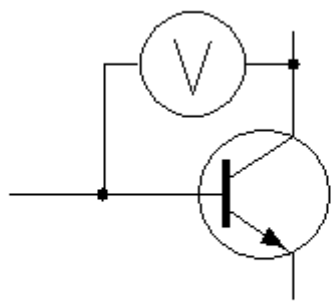
Ein Grenzwert gibt einen maximal zulässigen Strom, eine maximal zulässige Spannung, Temperatur, Leistung usw. an, bei der das Bauteil gerade noch betrieben werden darf, ohne dass es zerstört wird.

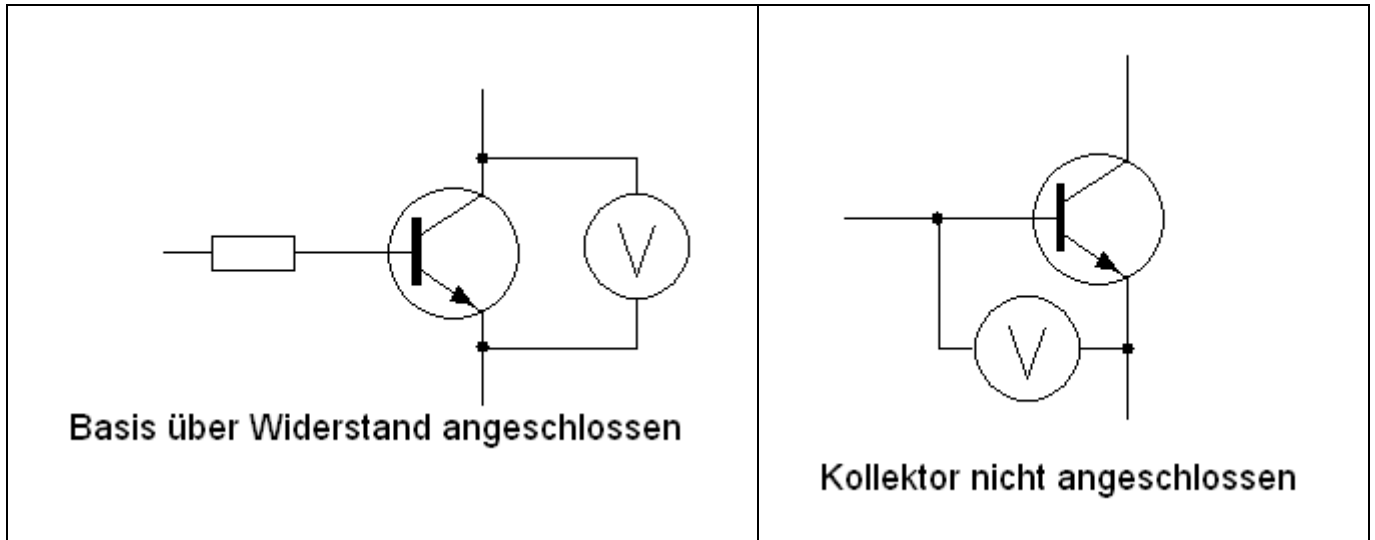
2. Welches sind bei Transistoren Grenzwerte und wie gross sind diese Grenzwerte bei den beiden Transistoren 2N3055 und BC337? Tragen Sie die Grenzwerte in der untenstehenden Tabelle ein (deutsche Ausdrücke verwenden!).

Symbol	Bezeichnung des Parameters	2N3055	BC337	Einheit
V _{CB0}	Kollektor-Basis-Spannung (I _E = 0V)	100	50	V
V _{CER}	Kollektor-Emitter-Spannung (R _{BE} ≤ 100Ω)	70	45	V
V _{CE0}	Emitter-Basis-Spannung (I _C = 0V)	7	5	V
I _{Cmax}	Kollektor-Strom	15	0.5	A
I _{Bmax}	Basis-Strom	7	0.2	A
P _{tot}	Maximale Verlustleistung bei T ≤ 25 °C	115	0.625	W
T _{stg}	Lagerungstemperatur	- 65 ... 200	- 65 ... 150	°C

T_j	Maximale Sperrschicht-Temperatur	200	150	°C

3. Für die maximalen Spannungen werden Bedingungen angegeben z.B. U_{CEO} . Dies bedeutet, dass die angegebene Spannung zwischen Kollektor und Emitter angelegt werden kann, wenn die Basis offen (o = open) ist. Skizzieren Sie die Messschaltung für die angegebenen Parameter.

U_{CEO}	U_{CBO}
 <p>Basis nicht angeschlossen</p>	 <p>Emitter nicht angeschlossen</p>
U_{CER}	U_{EBO}



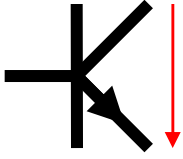
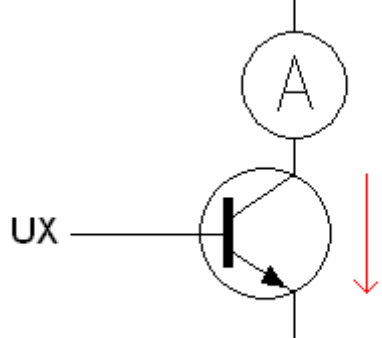
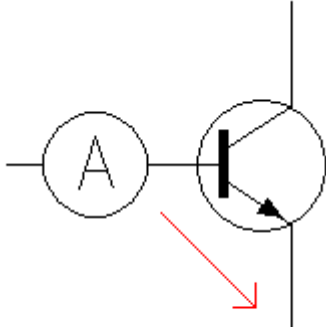
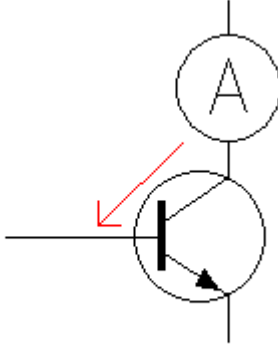
4. Für beide Transistoren (2N3055 und BC337) werden Thermische Daten angegeben. Was genau bedeuten diese Angaben a) beim 2N3055 und b) beim BC337
 - a.) $R_{thj-case}$ / Thermal Resistance Junction-case
Thermischer Übergangswiderstand zwischen der Sperrschicht und dem Gehäuse
 - b.) R_{thj-a} / Thermal resistance from junction to ambient
Thermischer Übergangswiderstand zwischen der Sperrschicht und der Umgebung

5. „Electrical Characteristics“ oder „Characteristics“ bedeutet Kennwerte. Geben Sie an, was der Ausdruck Kennwert für eine Bedeutung hat (gleich wie bei den Dioden).

Kennwerte sind die Werte eines Bauteiles, bei denen es ohne Probleme betrieben werden darf oder betrieben werden soll. Diese Werte werden auch Nennwerte bezeichnet.

6. In den Datenblättern werden Restströme (cut-off currents) angegeben. Diese Restströme werden für bestimmte Spannungen angegeben die im Datenblatt spezifiziert sind. Wie werden diese Ströme gemessen?

ICEO	ICEX
-------------	-------------

 <p>Basis nicht angeschlossen $I_B = 0$</p>	 <p>UX wird angegeben</p>
IEBO	ICBO
 <p>Kollektor nicht angeschlossen</p>	 <p>Emitter nicht angeschlossen</p>

7. Welches sind bei Transistoren Kennwerte und wie gross sind diese Kennwert bei den beiden Transistoren 2N3055 und BC337? Tragen Sie die Kennwerte in der untenstehenden Tabelle ein (deutsche Ausdrücke verwenden!).

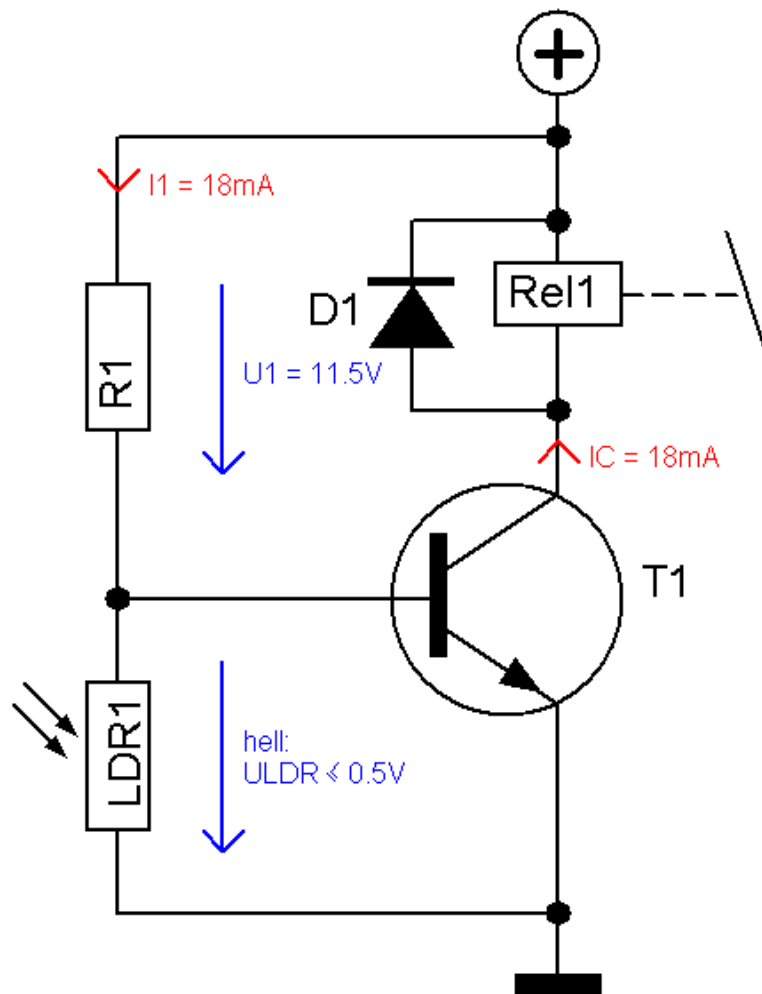
Hinweis: Einige Parameter bei Leistungstransistoren brauchen vertiefte technische Kenntnisse. Hier die Übersetzung:

Sustaining Voltage: Spannung die einen Transistor bei einem bestimmten Strom zerstören kann. Diese Werte liegen unterhalb der maximal zulässigen Verlustleistung ist ein Kennwert kein Grenzwert.

Secound Breakdown: (Zweiter Durchbruch) Transistoren können zerstört werden wenn ein grosser Strom fliesst und gleichzeitig eine relativ grosse Spannung zwischen Kollektor und Emitter anliegt (Lawineneffekt)

Symbol	Bezeichnung des Parameters	2N3055	BC337	Einheit
ICEX	Kollektor-Emitter-Reststrom, wenn $U_B = X \text{ V}$	1	0.0001	mA
ICE0	Kollektor-Emitter-Reststrom, wenn $U_B = 0 \text{ V}$	0.7	0.1	mA
IEB0	Emitter-Basis-Reststrom, wenn $I_C = 0 \text{ A}$	5	0.1	mA
VCEO	Kollektor-Emitter-„Zerstörungs- spannung“, wenn $I_B = 0 \text{ V}$	60	45	V
VCER	Kollektor-Emitter-Spannung, wenn $R_{BE} \leq 1 \text{ k}\Omega$	70	50	V
VCE(sat)	(Kollektor-Emitter)- Sättigungsspannung	1	0.7	V
VBE	Basis-Emitterspannung	1.8	1.2	V
hfe	Gleichstromverstärkung	5 - 70	100 - 600	

Fallstudie Chickenhouse



Kennwerte:

Transistor BC337

Gehen Sie von der Annahme aus, dass der Transistor BC337 bei unter einer Basis-Emitter-Spannung U_{BE} von 0.5V sicher sperrt.

Relais

U_B : 12V

R_{Spule} : 650 Ω

$I_C = U_B / R_{Spule} = 12 \text{ V} / 650 \Omega = 18 \text{ mA}$

Der Spannungsabfall U_{CE} kann hier vernachlässigt werden!

LDR

80 lux $\rightarrow R = 1.9 \text{ k}\Omega$

500 lux $\rightarrow R = 350 \Omega$

Hell (500 lux):

$$R1 = U1 / ULDR * RLDR_{hell} = 11.5V / 0.5V * 350\Omega = \underline{8.05 \text{ k}\Omega}$$

Dunkel (80 lux)

(Kontrolle → T1 muss sicher leiten; $U_{BE} = 0.68 \text{ V}$)

$$U_{Bunbelastet} = U_B * RLDR_{dunkel} / (R1 + RLDR_{dunkel}) = 12V * 1.9 \text{ k}\Omega / (8.05 \text{ k}\Omega + 1.9 \text{ k}\Omega) = 2.3V$$

$$I1 = (U_B - U_{BE}) / R1 = (12V - 0.68V) / 8.05 \text{ k}\Omega = 1.4 \text{ mA}$$

$$I_{LDR} = U_{BE} / RLDR = 0.68V / 1.9 \text{ k}\Omega = 357 \mu A$$

$$I_B = I1 - I_{LDR} = 1.4 \text{ mA} - 357 \mu A = 1.04 \text{ mA}$$

→ Bei einem $I_B = 1.04 \text{ mA}$ und $I_C = 18 \text{ mA}$ ist der Transistor mit $B = 100$ in Sättigung, das Relais zieht an!