

Transistor als Schalter und Verstärker:



Als erster Schritt sind die Grenz- und Betriebswerte aus eine Datenblatt zu ermitteln

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value		Unit	
		NPN	BD439		BD441
		PNP	BD440		BD442
V_{CBO}	Collector-Base Voltage ($I_E = 0$)		60	80	V
V_{CES}	Collector-Emitter Voltage ($V_{BE} = 0$)		60	80	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage ($I_B = 0$)		60	80	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage ($I_C = 0$)		5		V
I_C	Collector Current		4		A
I_{CM}	Collector Peak Current ($t \leq 10$ ms)		7		A
I_B	Base Current		1		A
P_{tot}	Total Dissipation at $T_c \leq 25$ °C		36		W
T_{stg}	Storage Temperature		-65 to 150		°C
T_j	Max. Operating Junction Temperature		150		°C

BD439/BD440/BD441/BD442

THERMAL DATA

$R_{thj-case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max	3.5	°C/W
$R_{thj-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max	100	°C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{case} = 25$ °C unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{CBO}	Collector Cut-off Current ($I_E = 0$)	for BD439/440 $V_{CB} = 60$ V for BD441/442 $V_{CB} = 80$ V			100 100	μ A μ A
I_{CES}	Collector Cut-off Current ($V_{BE} = 0$)	for BD439/440 $V_{CB} = 60$ V for BD441/442 $V_{CB} = 80$ V			100 100	μ A μ A
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current ($I_C = 0$)	$V_{EB} = 5$ V			1	mA
$V_{CEO(sus)*}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage ($I_B = 0$)	$I_C = 100$ mA	for DB439/440 for BD441/442	60 80		V V
$V_{CE(sat)*}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 2$ A	$I_B = 0.2$ A		0.8	V
V_{BE*}	Base-Emitter Voltage	$I_C = 10$ mA $I_C = 2$ A	$V_{CE} = 5$ V $V_{CE} = 1$ V	0.58	1.5	V V
h_{FE*}	DC Current Gain	$I_C = 10$ mA $I_C = 500$ mA $I_C = 2$ A	$V_{CE} = 5$ V for BD439/440 for BD441/442 $V_{CE} = 1$ V for BD439/440 for BD441/442 $V_{CE} = 1$ V for BD439/440 for BD441/442	20 15 40 40 25 15	130 130 140 140	
h_{FE1}/h_{FE2*}	Matched Pair	$I_C = 500$ mA	$V_{CE} = 1$ V		1.4	
f_T	Transition frequency	$I_C = 250$ mA	$V_{CE} = 1$ V	3		MHz

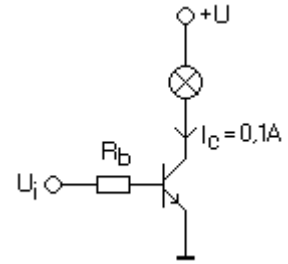
* Pulsed: Pulse duration = 300 μ s, duty cycle 1.5 %

Betriebsspannung $U_{CE} = 60$ V, $I_{Cmax} = 4$ A, $B (h_{FE}) = 25$ (bei $I_C = 2$ A)

Transistor als Schalter

Angaben: Ein Transistor soll ein Lämpchen mit 100mA Betriebsstrom schalten. Die Stromverstärkung beträgt $B = 30$.

Frage: Wie groß muss der Basiswiderstand R_b bei einer Übersteuerung von $\ddot{U}=3$ (aus Sicherheit für ein totales Durchschalten des Transistors) sein. Die Eingangsspannung $U_i = 3,3V$.



Es wird zunächst der erforderliche Basisstrom I_b für den Kollektorstrom $I_c = 100mA$ berechnet.

$B = I_c / I_b$ daraus $I_b = I_c / B = 100mA / 30 = 3,3mA$ mindester, erforderlicher Strom

$I_b' = I_b * \ddot{U} = 3,3mA * 3 = 10mA$ gewählter Strom

Der Widerstand R_b wird berechnet, indem der Spannungsabfall der B-E-Diode von 0,7V von der Eingangsspannung U_i abgezogen und dann durch den Basisstrom I_b dividiert wird.

$R_b = (U_i - 0,7V) / I_b = (3,3V - 0,7V) / 10mA = 260\Omega$ gewählt 270Ω aus der E12-Normreihe.

Aus der Praxis betrachtet:

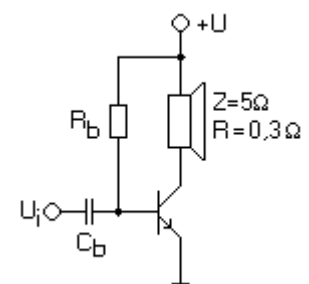
In dieser Berechnung ist **nicht** enthalten, dass der Kaltwiderstand einer Glühlampe etwa 1/10 des Warmwiderstandes beträgt und dass daher der Einschaltstrom der Lampe etwa den 10-fachen Wert des Betriebsstromes beträgt. Im gegebenen Fall ist der Einschaltstrom 1A.

Der Transistor kann aber bei der Stromverstärkung von $B = 30$ und $I_b = 10mA$ einen maximale Kollektorstrom von $I_c = 300mA$ durchlassen. Dieser Strom bewirkt aber bereits ein leichtes Glühen der Heizwendel, damit erhöht sich der Widerstand des Glühfadens, als Folge sinkt der Strom und damit steuert der Transistor letztlich den gewünschten Strom von 100mA sicher durch. Der einzige „Nachteil“ dieser Gegebenheit ist eine kurzfristige, kaum messbare Verzögerung des Einschaltvorganges bis zur vollen Helligkeit der Lampe.

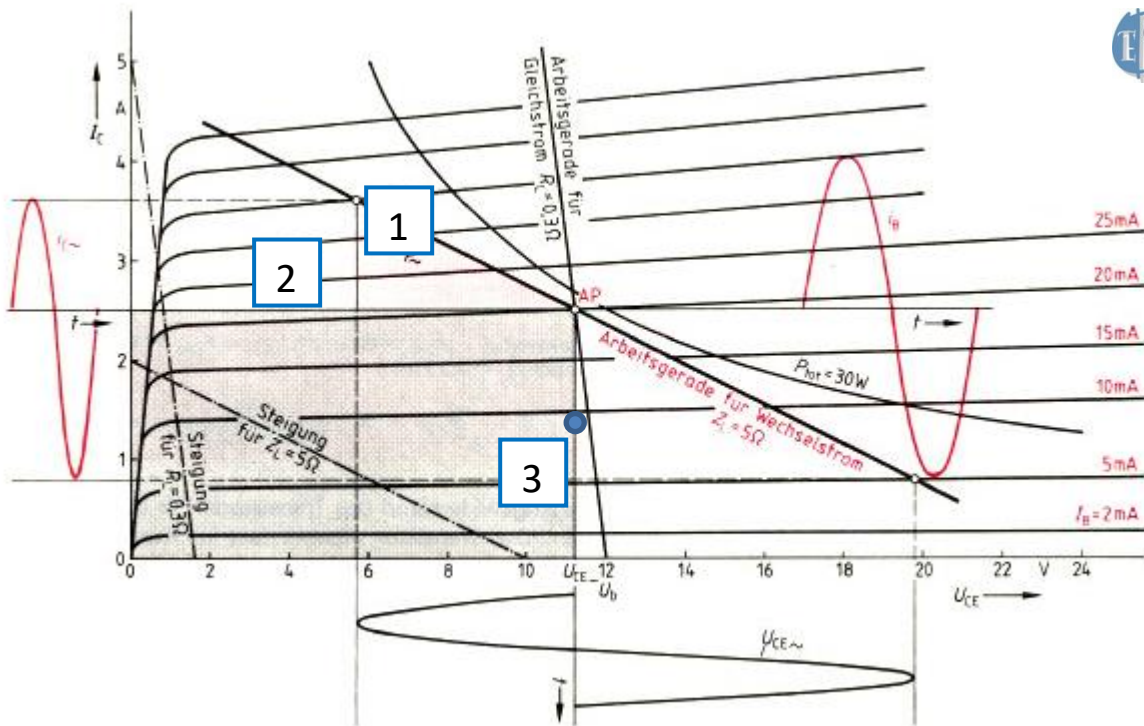
Transistor als Verstärker

Aufgabe: Ein Transistor soll einen Lautsprecher mit einer Ton-Wechselspannung ansteuern. Diese wird über einen Kondensator C_b an die Basis des Transistors gelegt. Der Kondensator ist nötig um die Gleichspannungen der Basis von der Tonquelle zu trennen.

Angaben: Betriebsspannung $U = 23V$. Aus dem Datenblatt sind die Grenzwerte entnommen.



$U_{CE} = 60V$, $I_{cmax} = 4A$, $B (h_{FE}) = 25$ (bei $I_c = 2A$). Weiter Berechnung über das Kennlinienfeld.



In diesem Diagramm, Ausgangskennlinienfeld sind I_C und U_{CE} als Achsen und I_B -Werte als einzelne Kennlinien dargestellt. Im Kennlinienfeld des Datenblattes sind nur die Basisstromkennlinien und die Achsen eingetragen.

Als Erstes wird die Leistungshyperbel $P_{tot} = 30W$ eingezeichnet.

Als Zweites wird die Steigung des Lastwiderstandes $Z = 5\Omega$ möglichst nahe an der Hyperbel eingetragen.

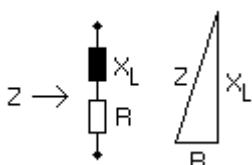
Als Drittes wird der Arbeitspunkt etwa in der Mitte der Arbeitsgerade festgelegt, damit eine maximale Ansteuerung des Transistors gewährleistet ist, ohne dass eine Halbwelle des Sinus abgeschnitten würde. Bei $I_B = 20mA$ ist eine Ansteuerung von $5mA$ bis $35mA$ möglich. Es wäre auch ein Arbeitspunkt bei $25mA$ mit einem Ansteuerungsbereich von $5mA$ bis $45mA$ möglich, aber dann wäre die Symmetrie zwischen den beiden Halbwellen noch mehr gestört, als sie beim gezeichneten Arbeitspunkt deutlich zu sehen ist.

Als Viertes wird nun der Basiswiderstand berechnet, der vom Widerstand R_b bestimmt wird.

$$R_b = (U - 0,7V) / I_b = (23V - 0,7V) / 20mA = 1115\Omega \text{ gewählt } 1,2k\Omega \text{ (aus E12-Normreihe).}$$

Kontrolle ob Grenzwerte überschritten sind:

Aus dem Diagramm ist abzulesen, dass der Kollektorstrom im Bereich von $0,8A$ bis $3,6A$ und die Kollektorspannung von $5,8V$ bis $19,8V$ schwankt, also sind beide Werte unterhalb der Grenzwerte von $4A$ bzw. $60V$.



Zu erwähnen ist noch, dass sich der Lastwiderstand Z aus zwei Komponenten zusammensetzt, einem ohmschen und einem induktiven Widerstand X_L . Der Wert ergibt sich aus dem Pythagoras:

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{5^2 - 0,3^2} = 4,99\Omega \text{ also praktisch gleich } Z.$$