

**ZIEL**

Messung der relevanten Kennlinien eines npn-Transistors

**ZUSAMMENFASSUNG**

Ein Bipolartransistor ist ein elektronisches Bauelement aus drei abwechselnd p- und n-dotierten Halbleiterschichten, der Basis, dem Kollektor und dem Emitter. Je nach Anordnung der Schichten spricht man von einem npn- oder einem pnp-Transistor. Das Verhalten eines Bipolartransistors wird u. a. durch die Eingangs-, Steuer- und Ausgangskennlinie charakterisiert, die im Experiment beispielhaft für den npn-Transistor gemessen, graphisch dargestellt und ausgewertet werden.

**AUFGABEN**

- Messung der Eingangskennlinie, d.h. des Basisstroms  $I_B$  in Abhängigkeit von der Basis-Emitter-Spannung  $U_{BE}$ .
- Messung der Steuerkennlinie, d.h. des Kollektorstroms  $I_C$  in Abhängigkeit vom Basisstrom  $I_B$  bei fester Kollektor-Emitter-Spannung  $U_{CE}$ .
- Messung der Ausgangskennlinie, also des Kollektorstroms  $I_C$  in Abhängigkeit von der Kollektor-Emitter-Spannung  $U_{CE}$  bei festem Basisstrom  $I_B$ .

**BENÖTIGTE GERÄTE**

Anzahl	Geräte	Art.-Nr.
1	Steckplatte für Bauelemente	1012902
1	Satz 10 Brückenstecker, P2W19	1012985
1	Widerstand 1 kΩ, 2 W, P2W19	1012916
1	Widerstand 47 kΩ, 0,5 W, P2W19	1012926
1	Potentiometer 220 Ω, 3 W, P4W50	1012934
1	Potentiometer 1 kΩ, 1 W, P4W50	1012936
1	NPN-Transistor BD 137, P4W50	1012974
1	AC/DC-Netzgerät 0...12 V/ 3 A (230 V, 50/60 Hz)	1002776 oder
	AC/DC-Netzgerät 0...12 V/ 3 A (115 V, 50/60 Hz)	1002775
3	Analog-Multimeter AM50	1003073
1	Satz 15 Experimentierkabel 1 mm <sup>2</sup>	1002840

**ALLGEMEINE GRUNDLAGEN**

Ein Bipolartransistor ist ein elektronisches Bauelement aus drei abwechselnd p- und n-dotierten Halbleiterschichten, der Basis B, dem Kollektor C und dem Emitter E. Die Basis befindet sich zwischen Kollektor und Emitter und dient der Steuerung. Im Prinzip entspricht der Bipolartransistor zwei entgegengesetzt geschalteten Dioden mit einer gemeinsamen Anode oder Kathode. Die Bipolarität ist dadurch bedingt, dass durch die unterschiedlichen Dotierungsarten sowohl Elektronen als auch Löcher am Ladungstransport beteiligt sind.

Je nach Anordnung der Schichten spricht man von einem npn- oder einem pnp-Transistor (Abb. 1). Je nachdem zwischen welchen Anschlüssen die Eingangs- und die Ausgangsspannung anliegt, wird der Bipolartransistor als Vierpol in drei Grundschaltungen betrieben, der Emitterschaltung, der Kollektorschaltung und der Basisschaltung. Die Bezeichnungen der Schaltungen geben jeweils den gemeinsamen Anschluss von Eingang und Ausgang an.

Im Folgenden wird nur der npn-Transistor betrachtet.

Je nach Schaltung des Basis-Emitter- bzw. der Basis-Kollektor-Übergangs in Durchlassrichtung ( $U_{BE}, U_{BC} > 0$ ) oder in Sperrrichtung ( $U_{BE}, U_{BC} < 0$ ), ergeben sich vier Betriebsarten des npn-Transistors (siehe Tab. 1). Im Vorwärtsbetrieb des Transistors injiziert der in Durchlassrichtung gepolte BE-Übergang ( $U_{BE} > 0$ ) Elektronen vom Emitter in die Basis und Löcher von der Basis in den Emitter. Da der Emitter deutlich

höher dotiert ist als die Basis, werden entsprechend mehr Elektronen in die Basis injiziert als Löcher in den Emitter und dadurch Rekombinationen minimiert. Da die Basisweite viel kleiner ist als die Diffusionslänge der Elektronen, die in der Basis Minoritätsträger sind, diffundieren die Elektronen durch die Basis in die Sperrschicht zwischen Basis und Kollektor und driften weiter zum Kollektor, da die Sperrschicht nur für Majoritätsträger ein Hindernis darstellt. Es stellt sich schließlich ein Transferstrom  $I_T$  vom Emitter in den Kollektor ein, der im Vorwärtsbetrieb den wesentlichen Anteil zum Kollektorstrom  $I_C$  darstellt. Der Transistor kann daher als spannungsgesteuerte Stromquelle aufgefasst werden; der Strom  $I_C$  am Ausgang kann durch die Spannung  $U_{BE}$  am Eingang gesteuert werden. Die in der Basis rekombinierenden Elektronen werden als Basisstrom  $I_B$  aus der Basis abgeführt, um einen konstanten Transferstrom  $I_T$  und damit die Stabilität des Transistors zu gewährleisten. Durch einen kleinen Eingangsstrom  $I_B$  wird also ein großer Ausgangsstrom  $I_C$  ( $I_C \approx I_T$ ) gesteuert, und es findet eine Stromverstärkung statt.

Das Verhalten eines Bipolartransistors wird durch vier Kennlinien charakterisiert, die Eingangs-, Steuer-, Ausgangs- und Rückwirkungskennlinie (siehe Tab. 2). Im Experiment werden die Eingangs-, Steuer- und Ausgangskennlinie beispielhaft für den npn-Transistor gemessen und graphisch dargestellt.

Tab. 1: Die vier Betriebsarten eines npn-Transistors:

$U_{BE}$	$U_{BC}$	Betriebsart
> 0	< 0	Vorwärtsbetrieb / normaler Betrieb
> 0	> 0	Sättigung
< 0	> 0	Rückwärtsbetrieb / inverser Betrieb
< 0	< 0	Sperrbetrieb

Tab. 2: Die vier Kennlinien eines npn-Transistors im Vorwärtsbetrieb:

Bezeichnung	Abhängigkeit	Parameter
Eingangskennlinie	$I_B(U_{BE})$	
Steuerkennlinie	$I_C(I_B)$	$U_{CE} = \text{konst.}$
Ausgangskennlinie	$I_C(U_{CE})$	$I_B = \text{konst.}$
Rückwirkungskennlinie	$U_{BE}(U_{CE})$	$I_B = \text{konst.}$

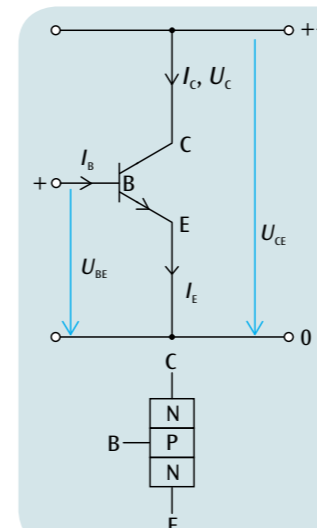


Abb. 1: Prinzipieller Aufbau eines npn-Transistors mit zugehörigen Schaltsymbolen und den auftretenden Spannungen und Strömen

**AUSWERTUNG**

Aus der Eingangskennlinie wird die Schwellspannung  $U_S$ , aus der Steuerkennlinie der Verstärkungsfaktor

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

und aus der Ausgangskennlinie die Verlustleistung  $P = U_{CE} \cdot I_C$  bestimmt.

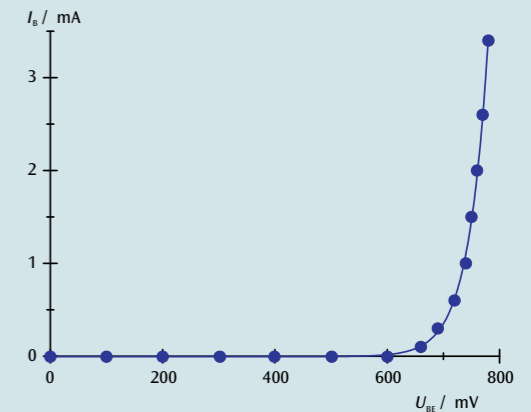


Abb. 2: Eingangskennlinie

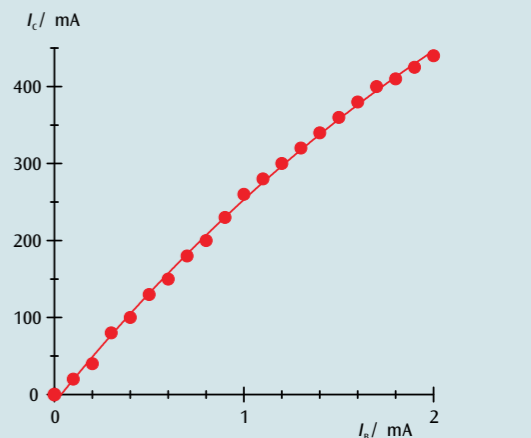


Abb. 3: Steuerkennlinie für  $U_{CE} = 5,2$  V

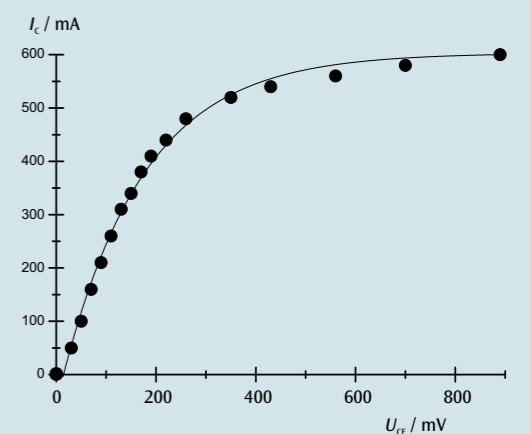


Abb. 4: Ausgangskennlinie für  $I_B = 4,2$  mA

