

Praktikum Elektronik

Versuch Bipolartransistoren

1 Allgemeine Hinweise

Die Aufgaben zur Versuchsvorbereitung sind vor dem Versuchstermin von jedem Praktikumssteilnehmer als **Hausaufgaben schriftlich** auszuführen. Sie sind dem Protokoll beizufügen und werden in die Bewertung des Versuches einbezogen. Ebenso zur Vorbereitung des Praktikums gehört, sich über **alle Versuchsaufgaben** zu informieren und diese, soweit das möglich ist, theoretisch vorzubereiten (Formeln, Diagramme, Tabellen, Literatur).

Jede Praktikumsgruppe fertigt ein Protokoll an, welches innerhalb von 2 Wochen abzugeben ist.

Die im Versuch erforderlichen Diagramme sind auf Millimeterpapier zu zeichnen oder computer-gestützt anzufertigen.

Bei der Versuchsdurchführung sind die Messschaltungen mit Hilfe der am Versuchsplatz vorliegenden Versuchsanordnungen (siehe Bilder 1 und 2) aufzubauen.

Beachten Sie:

- Auf- und Abbau der Mess-Schaltungen und alle Veränderungen an der Mess-Schaltung dürfen nur im spannungslosen Zustand vorgenommen werden.
- Die Polarität der elektronischen Messgeräte ist unbedingt zu beachten.
- Die Messbereiche der Messgeräte dürfen nicht überschritten werden. Bei unbekanntem Messgrößen ist zunächst der höchste Messbereich einzustellen.
- Nutzen Sie nach Möglichkeit die Strombegrenzungsfunktion der Stromversorgungsgeräte.

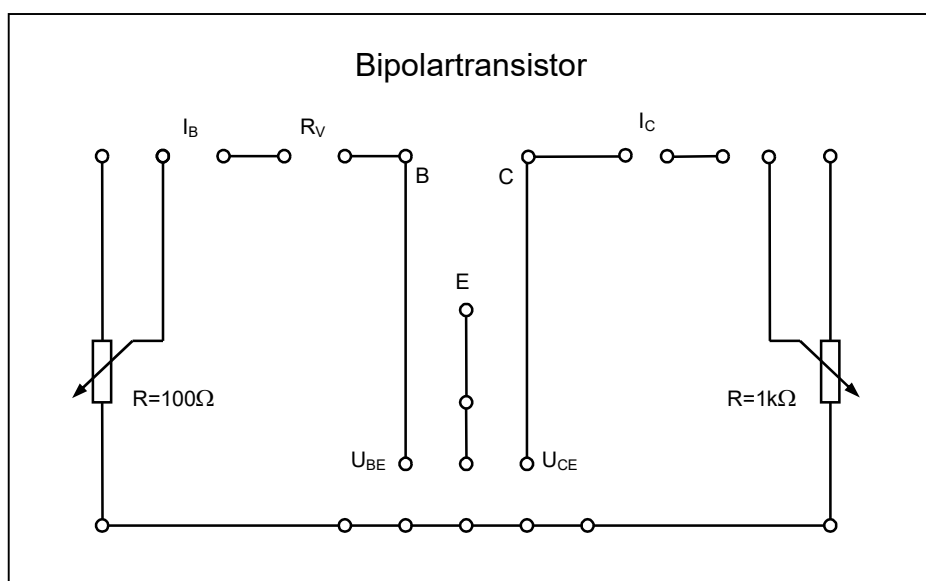


Bild 1 Versuchsanordnung zur Messung der Transistorkennlinien

2 Vorbereitungsarbeiten (VBA)

- 2.1 Zeichnen Sie qualitativ das Vierquadrantenkennlinienfeld eines npn-Bipolartransistors in Emitterschaltung. Zeichnen Sie die Grenzwerte des Transistors ein und geben Sie die Beziehungen zur Ermittlung der h-Parameter an!
- 2.2 Als Basis-Vorwiderstand (R_V) für den npn-Transistor 2N3704 wurden $47\text{k}\Omega$ gewählt (Bild 2). Begründen bzw. diskutieren Sie dies (h_{21} ca. 200, s.a. $P_{V_{\max}}$ lt. Spec. im Anhang).
- 2.3 Zeichnen Sie die je zwei Messschaltungen zur Bestimmung der Restströme für npn- und pnp-Transistoren gemäß Aufgabe 3.3 a und b (*vollständige Beschriftung möglichst aller relevanter Spannungen und Ströme*)!
- 2.4 Vorbereitung der Aufgabe 3.5: Zeichnen Sie die Schaltung und lösen Sie a), b), und d) für eine zunächst angenommene Stromverstärkung von $\beta=200$ (Präzisierung im Praktikum!)
- 2.5 In welchen Parametern unterscheiden sich prinzipiell Germanium- und Silizium-Transistoren?

3 Versuchsaufgaben

- 3.1 Ermitteln Sie messtechnisch das Vierquadrantenkennlinienfeld des vorliegenden npn-Bipolartransistors in Emitterschaltung und tragen Sie die Werte in einem Diagramm auf (*Messschaltung siehe Bild 2*):

- a) Ausgangskennlinien: $U_{CE} = 0 \dots 10\text{V}$, $I_B = 0, 25, 50 \dots 250\mu\text{A}$
($50\mu\text{A}$ -Schritte)
- b) Eingangskennlinien: $I_B = 0 \dots 250\mu\text{A}$, $U_{CE} = 1\text{V}, 5\text{V}, 10\text{V}$
- c) Stromübertragungskennlinien: $I_B = 0 \dots 250\mu\text{A}$, $U_{CE} = 1\text{V}, 5\text{V}, 10\text{V}$
- d) Spannungsrückwirkungskennlinien: $U_{CE} = 1 \dots 10\text{V}$, $I_B = 25\mu\text{A}$

Bestimmen Sie zunächst die Maximalwerte (beachte $P_{V_{\max}}$) der einzelnen Kennlinienbereiche zur Skalierung der Diagramme und nehmen Sie dann das Vierquadrantenkennlinienfeld auf. Um den Einfluss der Eigenerwärmung des Transistors zu verringern, sind die Messungen zügig von kleinen nach großen Werten auszuführen und soweit möglich, die einzelnen Werte gleichzeitig in die verschiedenen Kennlinienfelder zu übernehmen.

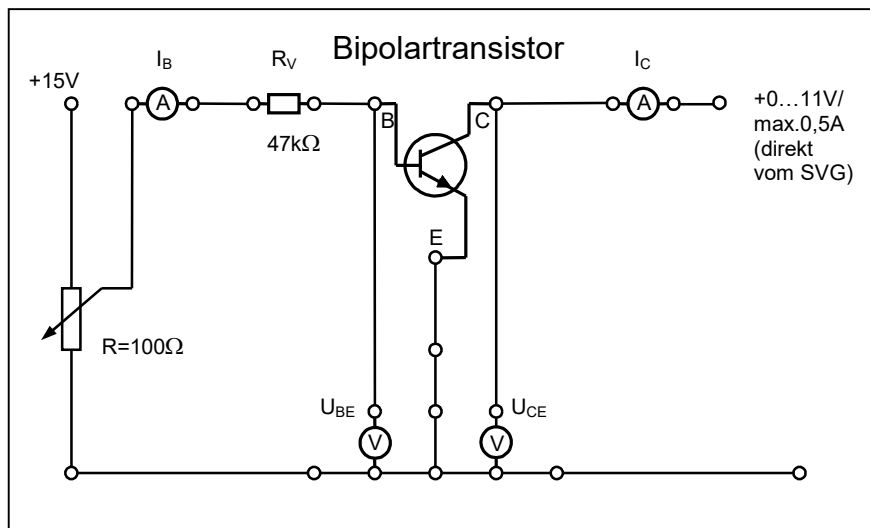


Bild 2 Messschaltung zur Aufnahme der Transistorkennlinien in Emitterschaltung

- 3.2 Wie verhält sich die Stromverstärkung B_N in Abhängigkeit vom Kollektorstrom I_C ?
Notieren Sie B_N für $U_{CE} = 1, 5, 10V$ im gemessenen Bereich! (*Auswertung der Kennlinien*)
- 3.3 Messen Sie Restströme eines pnp-Germanium-Transistors. Realisieren Sie Ihre entworfenen Messschaltungen aus Aufgabe 2.3 unter Verwendung des am Versuchsplatz vorliegenden abgeschirmten Messaufbaues!
- a) I_{CEO} für $U_{CE} = -10 V$ >> Basis offen <<
- b) I_{CE} für $U_{CE} = -10 V$ >> $U_{BE} = 0V$ <<

Diskutieren Sie die unterschiedlichen Ergebnisse der Messungen des I_C (a, b).

Anmerkungen:

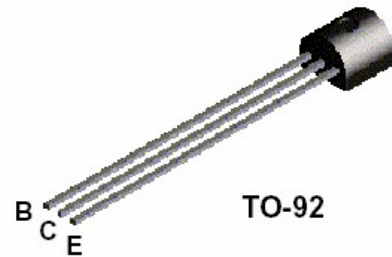
*Die Restströme von Silizium-Bauelementen liegen im Bereich von 10^{-10} bis $10^{-12} A$.
Im Praktikum werden die Restströme an pnp-Germanium-Transistoren gemessen!
(Richtwert für die Temperaturabhängigkeit des Reststromes: Verdopplung pro 10K
Temperaturerhöhung.)*

- 3.4 Ermitteln Sie aus den Messwerten von Aufgabe 3.1 die h-Parameter im Arbeitspunkt $U_{CE} = 5 V$, $I_B = 50 \mu A$ und zeichnen Sie die Kleinsignal-Ersatzschaltung des Transistors!
- 3.5 Der von Ihnen ausgemessene Transistor soll im Arbeitspunkt $U_{CE} = 6V$, $I_C = 50mA$ an einer Nenn-Betriebsspannung von 12V betrieben werden.
Zeichnen Sie die Schaltung und kennzeichnen Sie alle Größen!
- a) Berechnen Sie den erforderlichen Kollektorwiderstand!
- b) Berechnen Sie die Verlustleistung im Kollektorwiderstand und im Transistor!
- c) Zeichnen Sie den Arbeitspunkt im Diagramm 3.1 ein und bestimmen Sie den einzustellenden Basisstrom (*aus dem gemessenen Kennlinienfeld*)!
- d) Der Basisstrom soll durch einen Vorwiderstand aus der Betriebsspannung von 12V eingestellt werden. Berechnen Sie den Vorwiderstand!
Wählen Sie theoretisch den einzusetzenden Vorwiderstand aus der E12-Reihe!
Welchen Einfluss hat die Entscheidung auf den Arbeitspunkt?
- e) Bauen Sie die Schaltung mit einem verfügbaren Widerstand auf.
Messen Sie die Spannungen und Ströme.
Achtung: Notieren Sie I_C und U_{CE} unmittelbar nach dem Einschalten!
Vergleichen Sie alle Messwerte mit ihren Berechnungen.
Begründen Sie eventuell auftretende Abweichungen!
- f) Vergleichen Sie die Messwerte unmittelbar nach Inbetriebnahme der Schaltung mit den Messwerten nach längerer Einschaltdauer (einige Minuten).
Begründen Sie die auftretenden Abweichungen!

4 Auszüge aus dem Datenblatt des npn-Bipolartransistors 2N3704

NPN General Purpose Amplifier

This device is designed for use as general purpose amplifiers and switches requiring collector currents to 300 mA. Sourced from Process 10. See PN100 for characteristics.



Absolute Maximum Ratings*

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V _{CEO}	Collector-Emitter Voltage	30	V
V _{CBO}	Collector-Base Voltage	50	V
V _{EBO}	Emitter-Base Voltage	5.0	V
I _C	Collector Current - Continuous	500	mA
T _J , T _{stg}	Operating and Storage Junction Temperature Range	-55 to +150	°C

*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

NOTES:

- 1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 150 degrees C.
- 2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

Thermal Characteristics

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Characteristic	Max	Units
		2N3704	
P _D	Total Device Dissipation Derate above 25°C	625	mW
		5.0	mW/°C
R _{θJC}	Thermal Resistance, Junction to Case	83.3	°C/W
R _{θJA}	Thermal Resistance, Junction to Ambient	200	°C/W

Electrical Characteristics

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min	Max	Units
--------	-----------	-----------------	-----	-----	-------

OFF CHARACTERISTICS

V _{(BR)CEO}	Collector-Emitter Breakdown Voltage*	I _C = 10 mA, I _B = 0	30		V
V _{(BR)CBO}	Collector-Base Breakdown Voltage	I _C = 100 μA, I _E = 0	50		V
V _{(BR)EBO}	Emitter-Base Breakdown Voltage	I _E = 100 μA, I _C = 0	5.0		V
I _{CBO}	Collector Cutoff Current	V _{CB} = 20 V, I _E = 0		100	nA
I _{EBO}	Emitter Cutoff Current	V _{EB} = 3.0 V, I _C = 0		100	nA

ON CHARACTERISTICS*

h _{FE}	DC Current Gain	V _{CE} = 2.0 V, I _C = 50 mA	100	300	
V _{BE(on)}	Base-Emitter ON Voltage	V _{CE} = 2.0 V, I _C = 100 mA	0.5	1.0	V
V _{CE(sat)}	Collector-Emitter Saturation Voltage	I _C = 100 mA, I _B = 5.0 mA		0.6	V

SMALL SIGNAL CHARACTERISTICS

C _{ob}	Output Capacitance	V _{CB} = 10 V, f = 1.0 MHz		12	pF
f _T	Current Gain - Bandwidth Product	I _C = 50 mA, V _{CE} = 2.0 V,	100		MHz

*Pulse Test: Pulse Width ≤ 300 μs, Duty Cycle ≤ 2.0%