

JUSTUS-LIEBIG-



UNIVERSITÄT
GIESSEN

Versuch 4 des
FORTGESCHRITTENEN-PRAKTIKUMS

UI-Kennlinien

Versuchstermin Freitag, 17.05.2024

Praktikumsbetreuer:

Marius Müller

marius.mueller@physik.uni-giessen.de

Protokoll von:

Frederik Uhlemann

frederik-vincent.uhlemann@physik.uni-
giessen.de

Florian Adamczyk

florian.marius.adamczyk@physik.uni-
giessen.de

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	2
1 Versuchsaufbau und Durchführung	3
2 Auswertung	4
2.1 Diode	4
2.2 Bipolartransistor	4
2.2.1 Vierpolarparameter	5
2.2.2 Bestimmung der Parameter	5
2.3 Solarzelle	7
3 Fazit	8
Abbildungsverzeichnis	9
Literaturverzeichnis	10
Anhang	11

Einleitung

Fehlt!...

1. Versuchsaufbau und Durchführung

Fehlt!...

2. Auswertung

Fehlt!...

2.1 Diode

2.2 Bipolartransistor

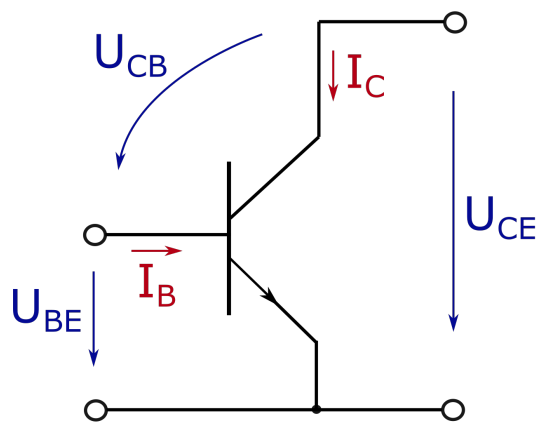


Abbildung 2.1: Schaltskizze eines pnp-Transistors

Im folgendem Versuchsteil werden die typischen Kennlinienfelder eines Bipolartransistors vermessen. Es handelt sich um einen pnp-Transistor des Typs BC550. Ein Schaltplan solch eines Transistors ist in Abbildung 2.1 dargestellt. Dabei sind die wichtigsten Größen eingetragen, dazu zählen der Kollektor- und Basisstrom I_C und I_B , zudem die jeweiligen Spannungen zwischen Kollektor, Emitter und Basis.

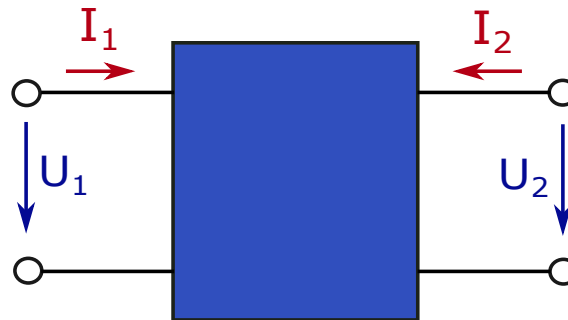


Abbildung 2.2: allgemeiner Vierpol

2.2.1 Vierpolparameter

Jedes elektronische Bauteil kann als Vierpol dargestellt werden, in Abbildung 2.2 ist der Schaltplan eines allgemeinen Vierpols angegeben. Das Modell beschreibt ein elektrisches Netzwerk oder Bauteil durch zwei Ein- und Ausgänge, dabei wird eine lineares Gleichungssystem mit einer 2x2 Matrix verwendet.

Transistoren sind aktive Bauelemente und nicht linear, deshalb müssen sie in einem Punkt linearisiert werden, damit die Beschreibung des Vierpols angewandt werden kann. Dieser Punkt heißt Arbeitspunkt des Transistors. Für Transistoren in der Emitterschaltung wird häufig die folgende Hybrid-Darstellung verwendet:

$$\begin{pmatrix} u_{BE} \\ i_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_B \\ u_{CE} \end{pmatrix} \quad (2.1)$$

Wie bereits erwähnt wird am Arbeitspunkt des Transistors linearisiert, deshalb sind die Vierpolparameter Ableitungen in der folgenden Form:

$$\begin{aligned} h_{11} &= \frac{\partial U_{BE}}{\partial I_B} & h_{12} &= \frac{\partial U_{BE}}{\partial U_{CE}} \\ h_{21} &= \frac{\partial I_C}{\partial I_B} & h_{22} &= \frac{\partial I_C}{\partial U_{CE}} \end{aligned} \quad (2.2)$$

2.2.2 Bestimmung der Parameter

In Abbildung 2.3 sind die aufgenommen, typischen vier Kennlinien des Transistors aufgetragen. In Rot ist jeweils der gewählte Arbeitspunkt eingetragen, dieser wird folgenden Werten gewählt:

$$I_B = 0.2 \text{ mA} \quad U_{CE} = 2 \text{ V} \quad (2.3)$$

Zudem in orange ist die jeweilige Fitgerade eingezeichnet und die Fitparameter sind gegeben.

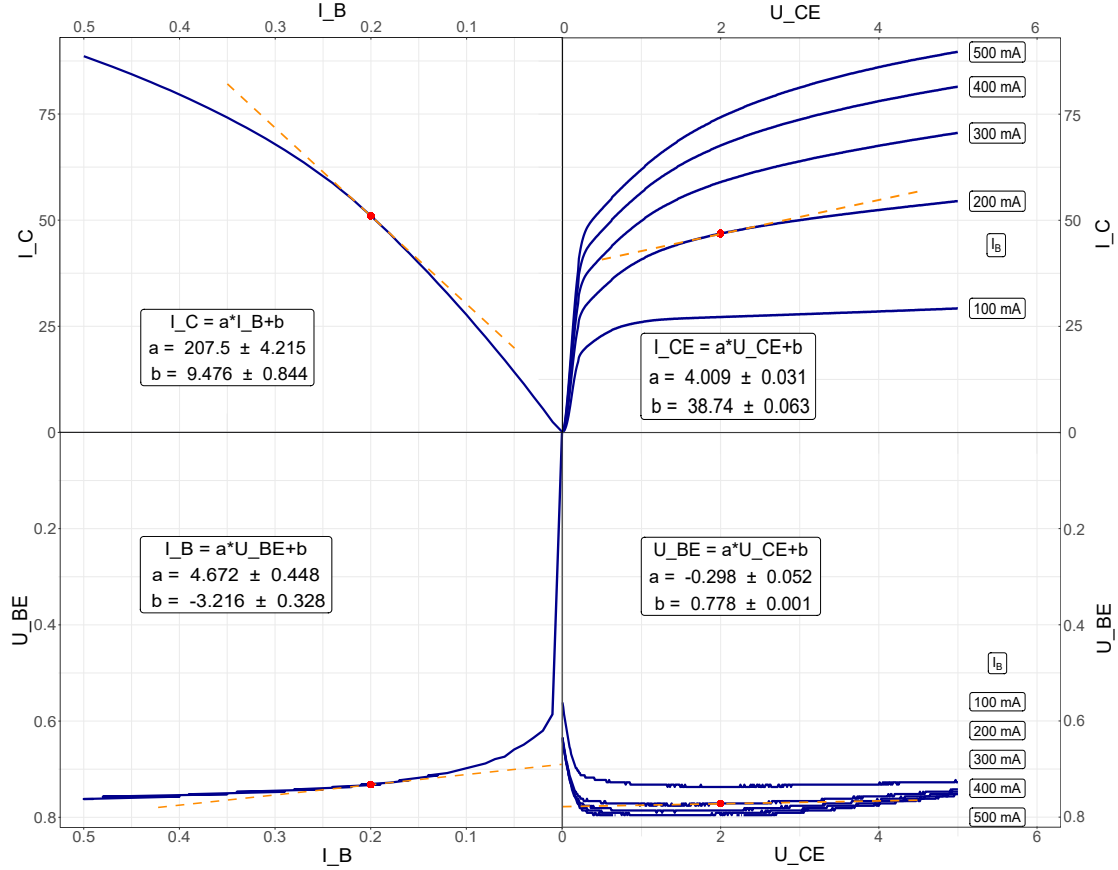


Abbildung 2.3: Vierquadrantenkennlinienfeld des Bipolartransistors

Der erste Vierpolparameter ergibt sich aus der Eingangskennlinien, also der U_{BE} - I_B -Kennlinie. Dieser Parameter ist direkt der differentielle Transistor-Eingangswiderstand:

$$r_{BE} = \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta I_B} \quad (2.4)$$

Im obigen Kennlinienfeld wurde die Gerade in einem Bereich von 0.05 mA um den Arbeitspunkt für I_B zu U_{BE} gefittet. Der differentielle Eingangswiderstand ist damit der Kehrwert des Fitparameters a , zudem werden die mA in A umgerechnet, um die Einheit Ω zu erhalten:

$$r_{BE} = \frac{1}{a} = \underline{(214.041 \pm 20.525) \Omega = h_{11}} \quad (2.5)$$

Der Vierpolparameter h_{22} kann im Ausgangskennlinienfeld über den differentiellen Transistor-Ausgangswiderstand bestimmt werden. Der Widerstand ist die Steigung

des Fits, erneut werden die mA in A umgerechnet:

$$r_{CE} = \frac{\Delta U_{CE}}{\Delta I_C} = (4009 \pm 31) \Omega \quad (2.6)$$

Der dazugehörige Vierpolparameter berechnet sich aus dem Kehrwert des Ausgangswiderstands:

$$h_{22} = (2.494 \pm 0.019) \times 10^{-4} \text{ 1}/\Omega \quad (2.7)$$

Aus dem Stromsteuerungskennlinienfeld I_C - I_B kann der differentielle Stromverstärkungsfaktor β bestimmt werden. Dieser entspricht dem Anstieg der gefitten Geraden und gibt in gewisser Weise an, um welchen Faktor der Transistor den Kollektorstrom verstärkt. Dieser Faktor ist auch der Vierpolparameter h_{21} :

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \underline{207.5 \pm 4.2 = h_{21}} \quad (2.8)$$

Der letzte Vierpolparameter ist im Rückwirkungskennlinienfeld der differentielle Rückwirkungsfaktor D . Dieser gibt an wie stark Änderungen der Ausgangsspannung U_{CE} auf die Eingangsspannung U_{BE} zurückwirken. Solche sind unerwünscht und sollen möglichst klein sein.

$$D = \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta U_{CE}} = \underline{-0.298 \pm 0.052 = h_{12}} \quad (2.9)$$

2.3 Solarzelle

3. Fazit

Abbildungsverzeichnis

2.1	Schaltskizze eines pnp-Transistors	4
2.2	allgemeiner Vierpol	5
2.3	Vierquadrantenkennlinienfeld des Bipolartransistors	6

Literaturverzeichnis

- [1] I. Physikalisches Institut, „Versuch 1.8: I-U-Kennlinien an Halbleitern und Solarzellen“, 2024.
- [2] K. Beuth, „Elektronik 2 – Bauelemente“, Vogel Buchverlag (Bauelemente)
- [3] S. Hunklinger, „Festkörperphysik“, Oldenbourg Wissenschaftsverlag (Grundlagen)

Anhang