

3/4 (2. Halbttag) | Transistor und Transistorverstärker

Angelo Brade^{*1} and Jonas Wortmann^{†1}

¹Rheinische Friedrich–Wilhelms–Universität Bonn

6. September 2024

^{*}s72abrad@uni-bonn.de

[†]s02jwort@uni-bonn.de

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Theorie	1
3	Vorausgaben	2
3.1	G	2
3.2	H	2
3.3	I	2
3.4	J	2
3.5	K	2
3.6	L	2
3.7	M	2
3.8	N	2

1 Einleitung

In diesem Versuch wird wieder der Bipolartransistor behandelt, hier allerdings eingesetzt als eine Emitterfolge zur Spannungsverstärkung und als Impedanzwandler. Zudem wird die Gegenkopplung bei Wechselstrom und das Frequenzverhalten bei Kaskodenschaltungen betrachtet.

2 Theorie

Es wird weiterhin alle Theorie zu den verschiedenen Arten von Transistoren benötigt.

Ein Emitterfolger ist ein elektronisches Bauteil, mit dem ein Strom verstärkt werden kann (Stromverstärkung γ), ohne dass sich die Ausgangsspannung (Spannungsverstärkung v) ändert.

$$v = \frac{dU_E}{dU_B} \approx 1 \quad \gamma = \frac{dI_E}{dI_B} \approx 100. \quad (2.1)$$

Deswegen wird eine Emitterfolge auch Impedanzwandler genannt.

Der Gegenkopplungsfaktor k beschreibt, welcher Bruchteil der Ausgangsspannung entgegen wirkt.

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{v_0} + k. \quad (2.2)$$

Die Verstärkung mit Gegenkopplung v ist hier zwar kleiner als die Leerlaufverstärkung v_0 , allerdings hängt diese nur noch von der äußeren Beschaltungen und nicht mehr von v_0 , also dem Transistor, ab. Diese Verstärkung kann man beschreiben wie

$$\frac{dv}{v} = \frac{dv_0}{v_0} \frac{v}{v_0}. \quad (2.3)$$

Die Bandbreite einer Verstärkerschaltung ist der Frequenzbereich, innerhalb dessen die Verstärkung konstant ist. Für die Erhöhung der Bandbreite wird eine Kaskodenschaltung verwendet. Um solch eine Vergrößerung zu erzielen wird die wechsellspannungsmäßige Rückkopplung des Kollektors auf die Basis verringert, indem ein großer Spannungshub durch die Verwendung eines zweiten Transistors vermieden wird. Existiert nun ein Eingangssignal, so ist die daraus resultierende Spannungsänderung im Spannungshub viel geringer als die Änderung der Ausgangsspannung. Dadurch ist die Bandbreite einer solchen Kaskodenschaltung größer.

Arbeitspunktstabilisierung kann mit Hilfe von Gegenkopplung erzielt werden. Eine Möglichkeit dafür ist

die Spannungsgegenkopplung.

Hier stellt der Widerstand R das Basispotential und damit den Arbeitspunkt ein und er koppelt die Spannung am Kollektor zurück zur Basis. Durch diese Gegenkopplung verkleinert sich der Basisstrom bei konstanter Eingangsspannung.

3 Voraufgaben

3.1 G

$\mathbb{Z} v = \frac{\gamma R_E}{r_{BE} + \gamma R_E}$ mit $\gamma = \frac{dI_E}{dI_B}$ und $r_{BE} = \frac{dU_{BE}}{dI_B}$.

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{dU_E}{dU_B} \\
 \Leftrightarrow &= \frac{dI_E R_E}{dU_{BE} + dU_E} \\
 \Leftrightarrow &= \frac{\frac{dI_E R_E}{dI_B}}{\frac{dU_{BE}}{dI_B} + \frac{dU_E}{dI_B}} \\
 \Leftrightarrow &= \frac{\gamma R_E}{r_{BE} + \gamma R_E}.
 \end{aligned} \tag{3.1}$$

3.2 H

Es gilt

$$\begin{aligned}
 \frac{r_{\text{out}}}{r_{\text{in}}} &= \frac{\frac{dU_E}{dI_E}}{\frac{dU_B}{dI_B}} \\
 \Leftrightarrow &= \frac{dU_E}{dI_E} \frac{dI_B}{dU_B} \\
 \Leftrightarrow &= \frac{dU_E}{dU_B} \frac{dI_B}{dI_E} \\
 \Leftrightarrow &\approx 1 \cdot \frac{1}{\gamma}.
 \end{aligned}$$

3.3 I

Es ist

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{dU_C}{dU_B} \\
 \Leftrightarrow &= \frac{dI_C R_C}{dU_{BE} + dU_E} \\
 \Leftrightarrow &= \frac{\frac{dI_C R_C}{dI_B}}{\frac{dU_{BE}}{dI_B} + \frac{dU_E}{dI_B}} \\
 \Leftrightarrow &= \frac{\beta R_C}{r_{BE} + \gamma R_E}.
 \end{aligned} \tag{3.5}$$

3.4 J

Es gilt

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{v} &= \frac{1 + kv_0}{v_0} \\
 \Leftrightarrow v &= \frac{v_0}{1 + kv_0} \\
 \Leftrightarrow \frac{dv}{dv_0} &= \frac{1}{(1 + kv_0)^2} \\
 \Leftrightarrow &= \frac{v}{v_0} \frac{1}{1 + kv_0} \\
 \Leftrightarrow \frac{dv}{v} &= \frac{dv_0}{v_0} \frac{1}{1 + kv_0} \\
 \Leftrightarrow &= \frac{dv_0}{v_0} \frac{v}{v_0}.
 \end{aligned} \tag{3.7}$$

3.5 K

Der parallel geschaltete Kondensator mit Kapazität C_{CB} bildet mit dem Transistor einen Hochpass. Wird also eine hochfrequente Wechselspannung angeschlossen, so läuft wenig Strom durch den Transistor, was dazu führt, dass die Verstärkung von hochfrequenten Signalen nicht erreicht wird.

3.6 L

(3.3) Am Punkt P findet sich keine Spannungsänderung, da die Eingangsspannung U_B des Transistors T2 konstant ist. Somit hat die Stromänderung $dI_E(T_2)$, bestimmt durch die Spannungsänderung am Transistor, keine Wirkung.

3.7 M

(3.4) Es ist bei Transitfrequenz unter Gegenkopplung $f_{\text{grenz gk}}(f=0) = f_{\text{grenz}} v_0$. Daraus folgt $f_{\text{grenz gk}} = f_{\text{grenz}} \frac{v_0}{v(f=0)}$.

3.8 N

Erhöht sich der Basisstrom I_B , so erhöht sich auch die Kollektorspannung U_C und die Spannung über den Widerstand U_{RC} . Hier soll aber U_0 konstant sein, also sinkt die Spannung über den Widerstand R ab, was dazu führt, dass der Arbeitspunkt des Transistors stabil bleibt.

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Literatur

- [1] Fabian Hügging. *Elektronik-Praktikum Versuchsanleitung*. Universität Bonn, kurs b edition, 2024.