

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

Angelo Brade<sup>\*1</sup> and Jonas Wortmann<sup>†1</sup>

<sup>1</sup>Rheinische Friedrich–Wilhelms–Universität Bonn

September 6, 2024

---

<sup>\*</sup>s72abrad@uni-bonn.de

<sup>†</sup>s02jwort@uni-bonn.de

## Contents

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Theory</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Preliminary Tasks</b>	<b>2</b>
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
<b>4</b>	<b>Analysis</b>	<b>3</b>
4.1	Voltageamplifier of the common collector . . . . .	3
4.2	Common Collector as Buffer Amplifier . . . . .	3
4.3	Inverted Amplifier . . . . .	3
4.3.1	Phasere Relationship between input and output . . . . .	3

## 1 Introduction

In this experiment, the bipolar transistor is used, but here as an emitter sequence for voltage amplification and as an impedance converter (buffer). Also, the negative feedback of alternating current and the behavior of different frequencies will be observed via a cascode circuit.

## 2 Theory

The whole theory of different kinds of transistors is still needed.

An emitter follower is an electronic component, with which a current can be amplified (factor  $\gamma$ ), without any change in voltage (factor  $v$ ).

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

This is why sometimes an emitter follower is called an impedance changer.

The negative feedback factor  $k$  denotes, which fraction of the output voltage is

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

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 Preliminary Tasks

#### 3.1 G

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

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

#### 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

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

#### 3.4 J

Es gilt

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

#### 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

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

#### 3.7 M

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

#### 3.8 N

Erhöht sich der Basisstrom  $I_B$ , so erhöht sich auch die Kollektorspannung  $U_C$  und die Spannung über den Widerstand  $U_{R_C}$ . 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.

## 4 Analysis

### 4.1 Voltageamplifier of the common collector

On Circuit Board I (Fig. 2) we construct a common collector with  $dU_B = 2.1 \text{ V}_{PP}$  and  $U_B \approx 2 \text{ V}$ . To test the voltage amplification we chose a variety of different resistor combinations. The measurements are displayed in Tab. 1. We expect no change for different  $R_E$ .

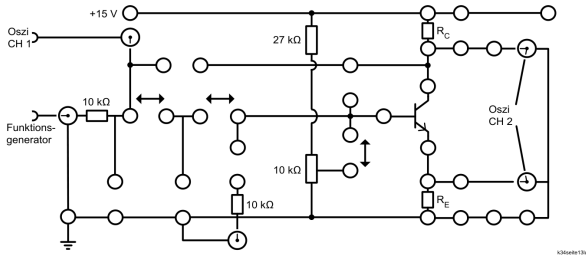


Figure 2: Circuit Board 1[1]

$R_C$	$R_E$	amplification $\nu$
360 $\Omega$	1 k $\Omega$	1.000(25)
360 $\Omega$	22 k $\Omega$	1.025(25)
360 $\Omega$	47 k $\Omega$	1.015(25)
1 k $\Omega$	360 $\Omega$	0.945(25)
22 k $\Omega$	360 $\Omega$	0.114(25)
47 k $\Omega$	360 $\Omega$	0.120(25)

Table 1: Voltage amplification for different resistor combinations

As we see, there is no significant variation of the amplification for different  $R_E$ . Though we can clearly see a lowering of the amplification for higher  $R_C$ , which is plausible since we have less current that can be amplified.

### 4.2 Common Collector as Buffer Amplifier

Here we are tasked to match the impedance of a speaker, so we are able to hear an output. For this we firstly construct an Inverted Amplifier and test the speaker solely without a Common Collector. We observe, that the speaker does not produce any sound, because we haven't matched the impedance. Now we add a Common Collector as a Buffer Amplifier, which in theory should be able to match the impedance of the speaker. Unfortunately we could not get the circuit running and test the hypothesis.

### 4.3 Inverted Amplifier

#### 4.3.1 Phase Relationship between input and output

Now we build a Common Emitter on Circuit Board I

## List of Figures

2	Circuit Board 1[1]	3
---	--------------------	---

## List of Tables

1	Voltage amplification for different resistor combinations	3
---	---	---

## Source

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