



<b>Übungs-Nr.:</b>	11	<b>Übungsbezeichnung:</b>
<b>Übungsdatum:</b>	15.Dezember 2014	
<b>Lehrer:</b>	Dipl.-Ing. Dr. Peter Zaniat	<b>Transistorverstärker</b>
<b>Gruppe:</b>	3	<b>Mitglieder:</b>
<b>Klasse:</b>	4 AHET	Labenbacher Michael, Kieninger Dominik, Ibrahim Ibragimov

<b>Protokollführer</b>	<b>Unterschriften</b>	<b>Note</b>
Labenbacher		

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Verwendete Geräte &amp; Betriebsmittel</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Verwendete Bezeichnungen</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Transistorverstärker</b>	<b>7</b>
4.1	Aufgabenstellungen . . . . .	7
4.2	Vorberechnungen & Bauteilauswahl . . . . .	9
4.3	Bestimmung der Steilheit . . . . .	10
4.3.1	Schaltungsentwicklung & -aufbau . . . . .	10
4.3.2	Messvorgang & Auswertung . . . . .	11
4.4	Bestimmung des Ausgangswiderstandes . . . . .	12
4.4.1	Schaltungsentwurf & -aufbau . . . . .	12
4.4.2	Messvorgang & Auswertung . . . . .	13
4.5	Bestimmung des Eingangswiderstandes . . . . .	14
4.5.1	Schaltungsentwurf & -aufbau . . . . .	14
4.5.2	Messvorgang & Auswertung . . . . .	15
<b>5</b>	<b>Messbericht &amp; Resümee</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>Literatur- und Quellenverzeichnis</b>	<b>19</b>

## Tabellenverzeichnis

1	Geräte & Betriebsmittel . . . . .	5
---	-----------------------------------	---

## Abbildungsverzeichnis

1	Schaltung vom Transistor-Kleinsignalverstärker in Emitterschaltung . . . . .	7
2	Wechselstrom-Ersatzschaltbild des Transistor-Kleinsignalverstärkers . . . . .	8
3	Messschaltung zur Bestimmung der Steilheit . . . . .	10
4	Messschaltung zur Bestimmung des Ausgangswiderstandes . . . . .	12
5	Verkürzte Messschaltung zur Bestimmung des Ausgangswiderstandes . . . . .	12
6	Messschaltung zur Bestimmung des Eingangswiderstandes . . . . .	14
7	Verkürzte Messschaltung zur Bestimmung des Eingangswiderstandes . . . . .	14

## 1 Einleitung

Dieses Projekt soll im Wesentlichen dazu dienen, die Kenntnisse vom Theorieunterricht (in Informationselektronik IE, Energiesysteme ES1,...) praktisch überprüfen und besser verstehen zu lernen.

Bei der Übung handelt es sich darum, eine Kleinsignaleingangsspannung zu verstärken. Verwendung finden in diesem Projekt unter anderem Kondensatoren, Widerstände, NPN-Transistor,....

Des Weiteren soll eine mögliche Dimensionierung von Bauteilen aufgezeigt werden und auch das Entwerfen von Messschaltungen soll erläutert werden.

Aufgrund des Verlustes eines USB-Sticks, welcher zur Aufnahme der Oszilloskopbilder verwendet wurde, können in diesem Projekt bedauerlicherweise keine Bilder dargestellt werden. Die Messergebnisse wurden aber Gott sei Dank auch auf Papier festgehalten.

## 2 Verwendete Geräte & Betriebsmittel

Bezeichnung/Nr.	Gerät/Betriebsmittel	Beschreibung/Typ	Geräte-Nr.
O1	Oszilloskope	Tektronix TDS2004B	IA-2/3
N1	Doppelnetzgerät	Farnell L30BT Power Supply	I6-1/2
F1	Funktionsgenerator	Voltcraft 7202	IA-2/2
V1	Digitales Messgerät	Voltmeter Mastech	I5-3/9

Tabelle 1: Geräte &amp; Betriebsmittel

### 3 Verwendete Bezeichnungen

Folgende Bezeichnungen werden verwendet:

$V_u$ .....	Spannungsverstärkung
$U_e$ .....	Eingangsspannung
$\Delta U_e$ .....	Eingangsspannungsdifferenz
$U_v$ .....	Ausgangsspannung vom Funktionsgenerator
$U_a$ .....	Ausgangsspannung
$\Delta U_a$ .....	Ausgangsspannungsdifferenz
$U_B$ .....	Betriebsspannung
$U_{B1}$ .....	Spannung am Spannungsteilerwiderstand $R_{B1}$
$U_{B2}$ .....	Spannung am Spannungsteilerwiderstand $R_{B2}$
$U_{BE}$ .....	Basis-Emitter-Spannung
$U_C$ .....	Spannung am Kollektorwiderstand $R_C$
$U_{CE}$ .....	Kollektor-Emitter-Spannung
$U_E$ .....	Spannung am Emitterwiderstand $R_E$
$U_T$ .....	Temperaturspannung
$\Delta I_a$ .....	Ausgangsstromdifferenz
$\Delta I_e$ .....	Eingangsstromdifferenz
$I_a = I_L$ .....	Strom über den Lastwiderstand
$I_C$ .....	Kollektorstrom
$I_B$ .....	Basisstrom
$I_{B1}$ .....	Strom über den Spannungsteilerwiderstand $R_{B1}$
$I_{B2}$ .....	Strom über den Spannungsteilerwiderstand $R_{B2}$
$I_E$ .....	Emitterstrom
$S$ .....	Steilheit
$\beta$ .....	Gleichstromverstärkung (DC Current Gain)
$r_{BE}$ .....	dynamischer Basis-Emitter-Widerstand
$r_e$ .....	Eingangswiderstand
$r_a$ .....	Ausgangswiderstand
$R_i$ .....	Innenwiderstand des Funktionsgenerators F1
$R_x$ .....	beliebig gewählter Messwiderstand
$R_C$ .....	Kollektorwiderstand
$R_L$ .....	Lastwiderstand
$R_E$ .....	Emitterwiderstand
$R_{CE}$ .....	Emitterwiderstand seriell zum Emitterkondensator
$R_{B1}, R_{B2}$ .....	Spannungsteilerwiderstände 1,2
$C_1$ .....	Eingangskoppelkondensator
$C_2$ .....	Ausgangskoppelkondensator
$C_E$ .....	Emitterkondensator
$T_1$ .....	NPN-Transistor BC 237 B <sup>1</sup>
$k$ .....	Boltzmannkonstante $k = 1,38 \cdot 10^{-23} J/K$
$e$ .....	Elementarladung $e = 1,6021 \cdot 10^{-19} As$
$T$ .....	Temperatur in Kelvin

<sup>1</sup>Weitere Informationen über den Transistor  $T_1$  sind dem beigelegten oder auch online verfügbaren Datenblatt zu entnehmen.

## 4 Transistorverstärker

### 4.1 Aufgabenstellungen

Am Beginn ist ein, vom Theorieunterricht bekannter, Transistor-Kleinsignalverstärker in Emitter-schaltung aufzubauen. Dabei sind folgende Bedingungen für den Arbeitspunkt AP, welcher mit den Widerständen  $R_{B1}$ ,  $R_{B2}$ ,  $R_C$  und  $R_E$  eingestellt werden kann, gegeben:

- $U_{BE} = 0,7V \dots\dots$  Die Basis-Emitter-Spannung ist vom Transistor abhängig, typisch sind 0,6-0,7 bei Silizium  
 $I_C = 8mA \dots\dots\dots$  Kollektorstrom  
 $U_B = 20V \dots\dots\dots$  Betriebsspannung  
 $U_{CE} = 9V \dots\dots\dots$  Kollektor-Emitter-Spannung  
 $I_{B2} = 8 \cdot I_B \dots\dots$  Dadurch kann der Spannungsteiler am Eingang als unbelastet angesehen werden (typisch:  $5 - 10 \cdot I_B$ ).  
 $R_C = 8 \cdot R_E \dots\dots$  Dient dazu, dass eine hinreichende Gegenkopplung gegen einen AP-Drift erzielt wird.

Die dazu verwendende Schaltung hat folgende Form:

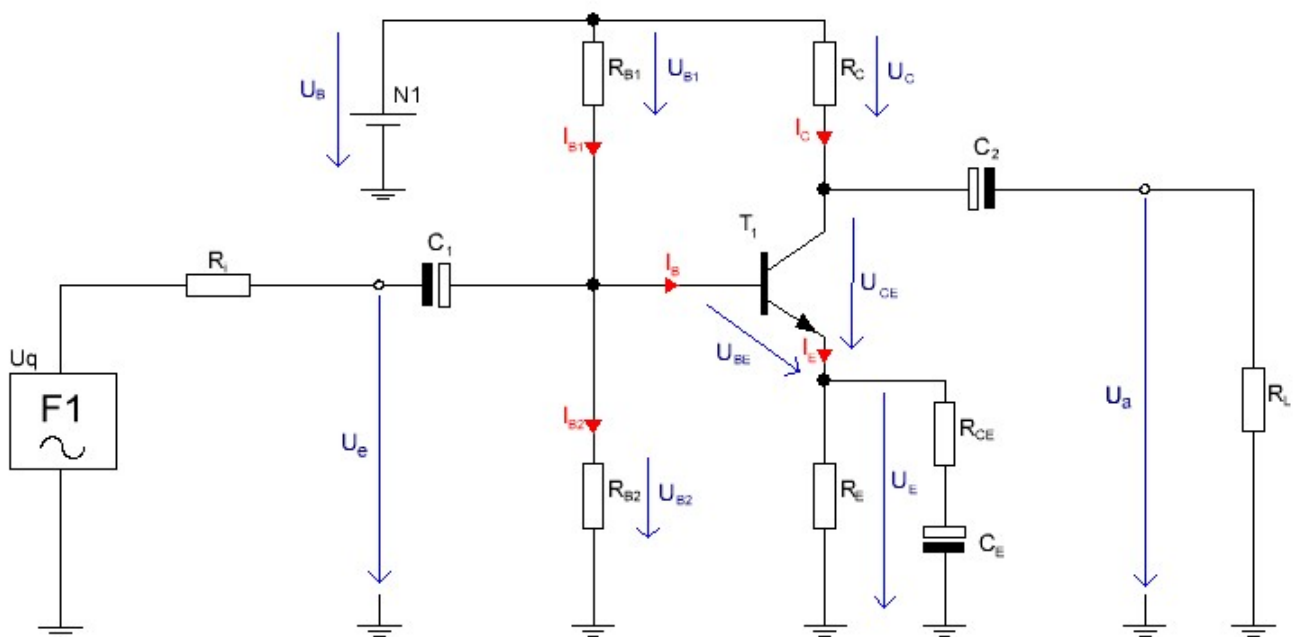


Abbildung 1: Schaltung vom Transistor-Kleinsignalverstärker in Emitterschaltung

Für den Aufbau dieser Schaltung, muss zuvor eine Bauteildimension durchgeführt werden, dabei spielt das Wechselstrom-Ersatzschaltbild in Abb. 2 eine wichtige Rolle.

# Wechselstrom-Ersatzschaltbild des Transistor-Kleinsignalverstärkers in Emitterschaltung:<sup>2</sup>

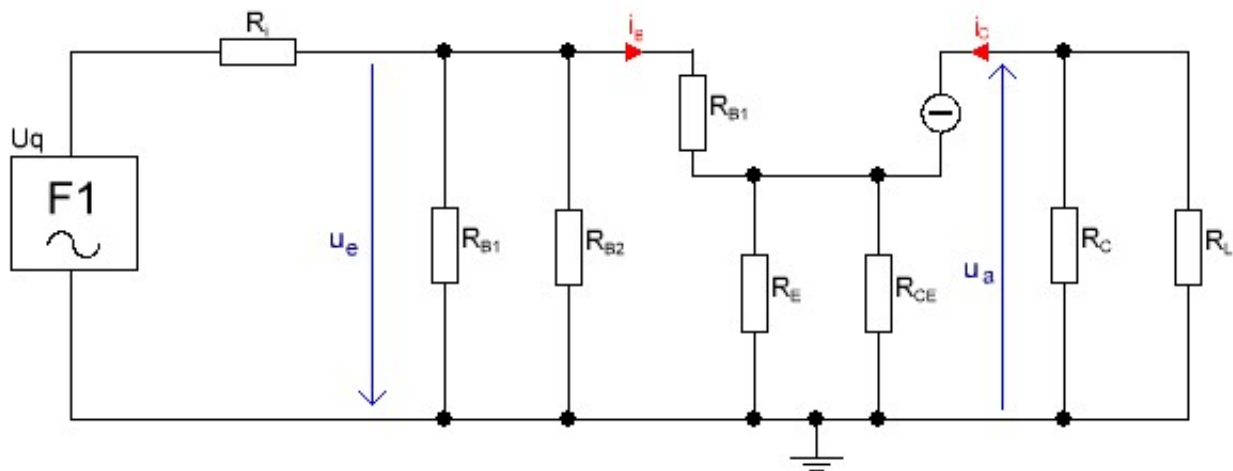


Abbildung 2: Wechselstrom-Ersatzschaltbild des Transistor-Kleinsignalverstärkers

Die dazugehörigen Formeln:

$$V_u = \frac{u_a}{u_e} = \frac{\beta \cdot (R_C || R_L)}{r_{BE} + (\beta + 1) \cdot (R_E || R_{CE})} \approx \frac{R_C || R_L}{R_E || R_{CE}} \quad (1)$$

$$r_{BE} = \frac{\beta}{S} \quad (2)$$

$$S = \frac{I_C}{U_T} \quad (3)$$

$$U_T = \frac{k \cdot T}{e} \quad (4)$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \quad (5)$$

$$I_E = I_B + I_C \quad (6)$$

Im Anschluss darauf kann im Wesentlichen mit der Dimensionierung der einzelnen Komponenten begonnen werden.

<sup>2</sup>Auf Herleitungen von Ersatzschaltungen und Formeln wird im gesamten Protokoll verzichtet, da diese vom Theorieunterricht zu entnehmen sind.



## 4.2 Vorberechnungen & Bauteilwahl

Vom zugehörigem Datenblatt des verwendeten Transistors kann eine Stromverstärkung *von 180 bis 460* entnommen werden. Zum Beispiel kann nun ein  $\beta$  von 200 gewählt werden. Danach kann diese Annahme durch Messungen festgestellt werden.

Nun kann folgende Maschengleichung aus der Schaltung Abb. 1 entnommen und mittels den Formeln 5 & 6 und den gegebenen Bedingungen im Kapitel 4.1 aufgelöst werden:

$$I_C \cdot R_C + U_{CE} + I_C \cdot \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \cdot R_E = U_B \quad \rightarrow \quad R_E = \frac{20V - 9V}{8 \cdot 10^{-3}A \cdot 8 + 8 \cdot 10^{-3}A \cdot \left(1 + \frac{1}{200}\right)} = 152,69\Omega$$

Man kann hier schon erkennen, dass die Stromverstärkung  $\beta$  auf die Berechnung nur eher wenig Einfluss hat. Gewählt wurde somit ein Widerstand  $R_E$  von **150Ω**.

$$R_C = 8 \cdot R_E = 8 \cdot 152,69\Omega = 1221,54\Omega$$

Der gewählte Widerstand  $R_C$  beträgt **1200Ω**. Aus den berechneten Werten folgen nun die Widerstände  $R_{B1}$  und  $R_{B2}$

$$R_{B2} = \frac{U_{B2}}{I_{B2}} = \frac{U_E + U_{BE}}{8 \cdot I_B} = \frac{R_E \cdot I_C \cdot \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) + U_{BE}}{8 \cdot \frac{I_C}{\beta}} = \frac{152,69\Omega \cdot 8 \cdot 10^{-3}A \cdot \left(1 + \frac{1}{200}\right) + 0,7V}{8 \cdot \frac{8 \cdot 10^{-3}A}{200}} = 6023,91\Omega$$

$$R_{B1} = \frac{U_{B1}}{I_{B1}} = \frac{U_B - (R_E \cdot I_C \cdot \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) + U_{BE})}{9 \cdot \frac{I_C}{\beta}} = \frac{20V - (152,69\Omega \cdot 8 \cdot 10^{-3}A \cdot \left(1 + \frac{1}{200}\right) + 0,7V)}{9 \cdot \frac{8 \cdot 10^{-3}A}{200}} = 50\,201\Omega$$

Es wurde somit ein Widerstand  $R_{B2}$  von **5 600Ω** und  $R_{B1}$  von **47 000Ω** herangezogen.

Um nun den Widerstand  $R_{CE}$  zu bestimmen, wird einfach die Formel 1 verwendet und ein Lastwiderstand von 22 000Ω gewählt:

$$V_u \approx \frac{\frac{1}{\frac{1}{R_C} + \frac{1}{R_L}}}{\frac{1}{\frac{1}{R_E} + \frac{1}{R_{CE}}}} \rightarrow R_{CE} \approx \frac{1}{20 \cdot \left(\frac{1}{R_C} + \frac{1}{R_L}\right) - \frac{1}{R_E}} = \frac{1}{20 \cdot \left(\frac{1}{1221,54\Omega} + \frac{1}{22\,000\Omega}\right) - \frac{1}{152,69\Omega}} = 93,17\Omega$$

Somit kann ein Widerstand  $R_{CE}$  von **100Ω** verwendet werden.

Als Koppelkondensatoren  $C_1$  &  $C_2$  und als Emitterkondensator  $C_E$ , werden dieses mal relativ große Elektrolytkondensatoren verwendet, **von 1 000μF**.

### 4.3 Bestimmung der Steilheit

#### 4.3.1 Schaltungsentwicklung & -aufbau

Nach der richtigen Wahl der Bauelemente kann nun eine geeignete Messschaltung zur Messung der Spannung am Kollektorwiderstand  $R_C$  entworfen werden:

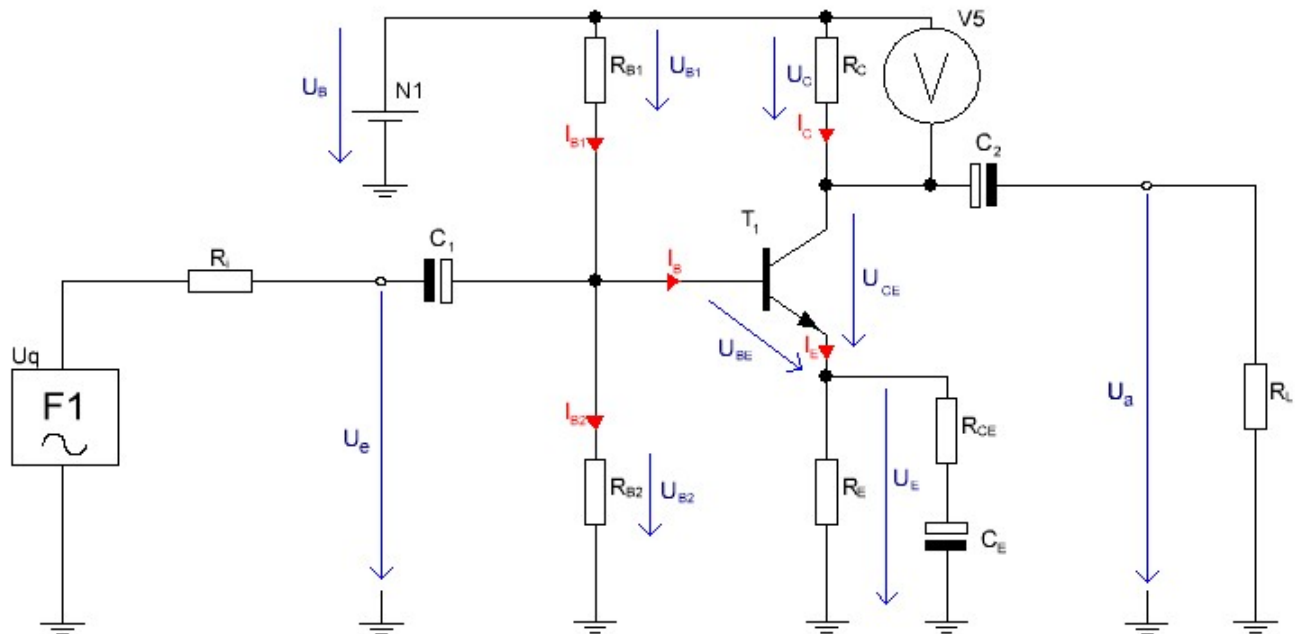


Abbildung 3: Messschaltung zur Bestimmung der Steilheit

Nun kann nach dem Aufbau dieser Schaltung mit der Messung begonnen werden, dabei betrug der gewählte Lastwiderstand  $R_L = 22\,000\,\Omega$ , dieser soll natürlich für eine gute Spannungsverstärkung nicht kleiner als  $R_C$  gewählt werden.

### 4.3.2 Messvorgang & Auswertung

Nach dem erfolgreichem Aufbau konnte folgende Spannung am Kollektorwiderstand, indem das Voltmeter V1 verwendet wurde, gemessen werden:

$$U_C = 10,49V$$

Daraus kann nun mittels dem Ohmschen Gesetz, der Formel 3 und einer Temperaturspannung von  $\approx 26mV^3$  bei Raumtemperatur, die Steilheit bestimmt werden:

$$S = \frac{I_C}{U_T} = \frac{U_C}{R_C \cdot U_T} = \frac{10,49V}{1\,200\Omega \cdot 26 \cdot 10^{-3}V} = 0,336A/V$$

Zusammenfassend:

$U_C$	$S$
[mV]	[A/V]
10,49	0,336

Diese Steilheit besagt nun, dass eine Eingangsspannung von  $1mV$  einen Kollektorstrom von  $336\mu A$  „ansteuern“ würde.

Die Spannungsverstärkung des Transistors ergibt sich nun aus der Steilheit folgendermaßen:

$$S \cdot (R_C || R_L) = 0,336A/V \cdot \frac{1}{\frac{1}{1\,200\Omega} + \frac{1}{22\,000\Omega}} = 383$$

Also ist die Spannungsverstärkung ungefähr 380-fach. Natürlich erkennt man, dass das Eingangssignal invertiert wird, sprich negative Halbwelle am Eingang  $\rightarrow$  positive Halbwelle am Ausgang. Nach diesen gewonnen Erkenntnissen kann begonnen werden, den Ein- und Ausgangswiderstand zu „messen“.

---

<sup>3</sup>Exakter:  $U_T = \frac{k \cdot T}{e}$  mit  $T = 303,16K$  (Raumtemperatur  $30^\circ C$ )  $\rightarrow U_T = \frac{1,38 \cdot 10^{-23} J/K \cdot 303,16K}{1,6021 \cdot 10^{-19}} = 26,13mV$

## 4.4 Bestimmung des Ausgangswiderstandes

### 4.4.1 Schaltungsentwurf & -aufbau

Nun muss eine Messschaltung entwickelt werden, um bei einer sinusförmigen Eingangsspannung mit konstanter Frequenz, von z.B.  $1\text{kHz}$ , und gleichbleibender Amplitude, die Ausgangsspannungsamplitude zu messen. Führt man diesen Messvorgang mindestens zweimal mit unterschiedlichem Lastwiderstand durch, so kann man die Differenz der Ausgangsspannung dazu verwenden, um den Ausgangswiderstand, auch dynamischer Innenwiderstand genannt, näherungsweise zu bestimmen. Dabei wurde immer die Ein- und Ausgangsspannung am Oszilloskope dargestellt und mittels den Cursors kann die Amplitude erfasst werden:

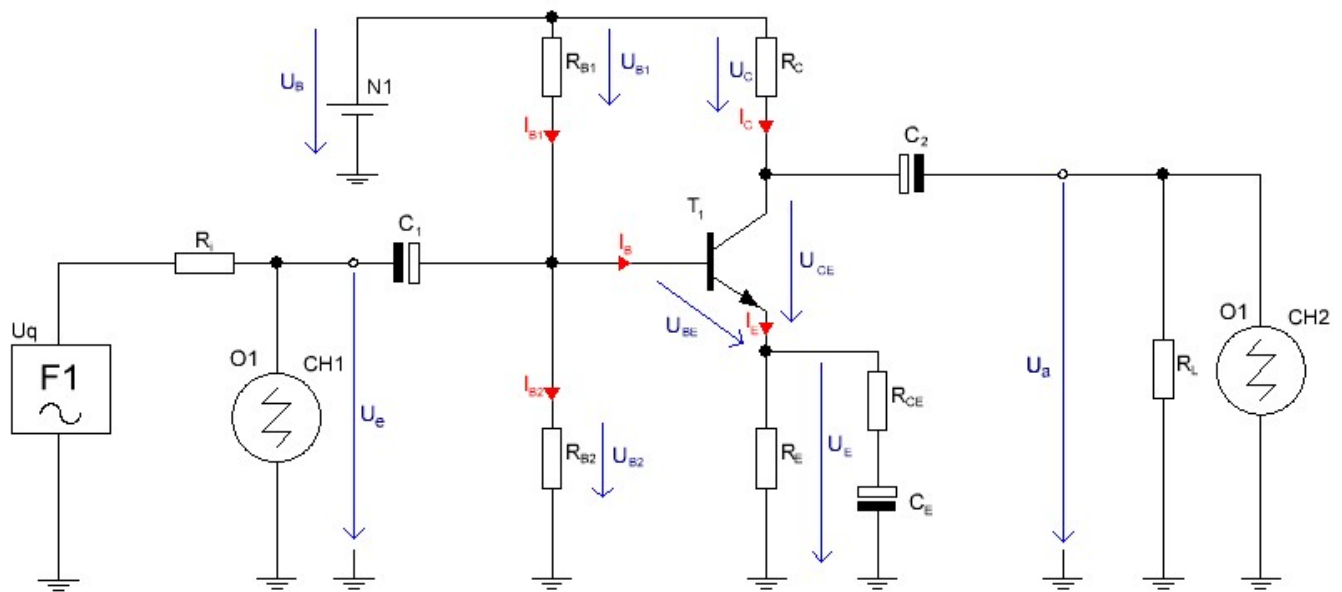


Abbildung 4: Messschaltung zur Bestimmung des Ausgangswiderstandes

Oft wird auch nur eine „verkürzte“ Darstellungsweise, wie folgt, verwendet:

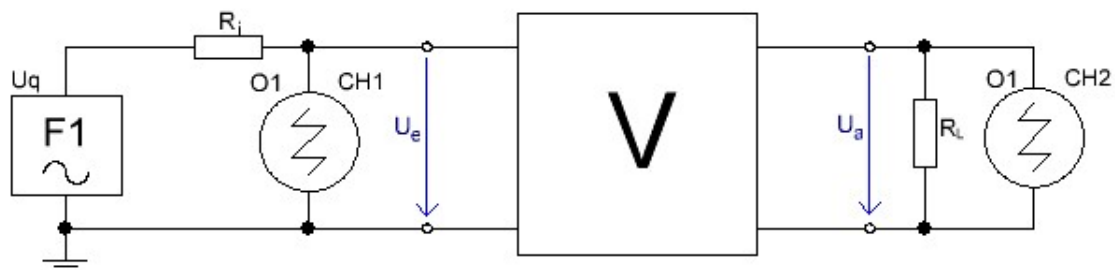


Abbildung 5: Verkürzte Messschaltung zur Bestimmung des Ausgangswiderstandes

#### 4.4.2 Messvorgang & Auswertung

Dieser Ausgangswiderstand kann im Wesentlichen mit der Schaltung 4 bestimmt werden. Dazu wurden zwei Messungen mit unterschiedlichem Lastwiderstand durchgeführt:

##### 1.Messung mit $R_L = 22k\Omega$ :

Die Messung, mit dem Oszilloskope, der Amplitude der sinusförmigen Ausgangsspannung bei einer konstant bleibenden sinusförmigen Eingangsspannung mit einer Amplitude von  $428mV$  und einer Frequenz von  $1kHz$  ergab folgendes:

$$\hat{u}_{a1} = 6,05V$$

Somit kann der Strom über den Lastwiderstand bestimmt werden:

$$\hat{i}_{a1} = \frac{\hat{u}_{a1}}{R_L} = \frac{6,05V}{22\,000\Omega} = 275mA$$

Zusammenfassend:

$\hat{u}_{a1}$	$\hat{i}_{a1}$
[V]	[mA]
6,05	275

##### 2.Messung mit $R_L = 22k\Omega || 6,8k\Omega$ :

Analog zur 1.Messung wurde alles konstant gehalten und es konnte folgendes gemessen werden:

$$\hat{u}_{a2} = 5,2V$$

Somit kann der Strom über den Lastwiderstand bestimmt werden:

$$\hat{i}_{a2} = \frac{\hat{u}_{a1}}{R_L} = \frac{5,2V}{22\,000\Omega || 6,8k\Omega} = 5,2V \cdot \left( \frac{1}{22\,000\Omega} + \frac{1}{6\,800\Omega} \right) = 1001mA$$

Zusammenfassend:

$\hat{u}_{a2}$	$\hat{i}_{a2}$
[V]	[mA]
5,2	1001

→ Auswertung:

Nun kann der Ausgangswiderstand ermittelt werden:

$$r_a = \frac{\Delta \hat{u}_a}{\Delta \hat{i}_a} = \frac{|\hat{u}_{a1} - \hat{u}_{a2}|}{|\hat{i}_{a1} - \hat{i}_{a2}|} = \frac{|6,05V - 5,02V|}{|0,275A - 1,001A|} = 1170,69\Omega$$

Der Ausgangswiderstand beträgt  $r_a \approx 1170\Omega$  und liegt im Bereich von typischen Emitterschaltungen ( $1k\Omega - 10k\Omega$ ). Man erkennt auch, dass dieser Ausgangswiderstand  $r_a$  im Prinzip dem Kollektorwiderstand  $R_C$  entspricht.

## 4.5 Bestimmung des Eingangswiderstandes

### 4.5.1 Schaltungsentwurf & -aufbau

Um diesen Eingangswiderstand zu bestimmen, wurde folgende Messschaltung entwickelt:

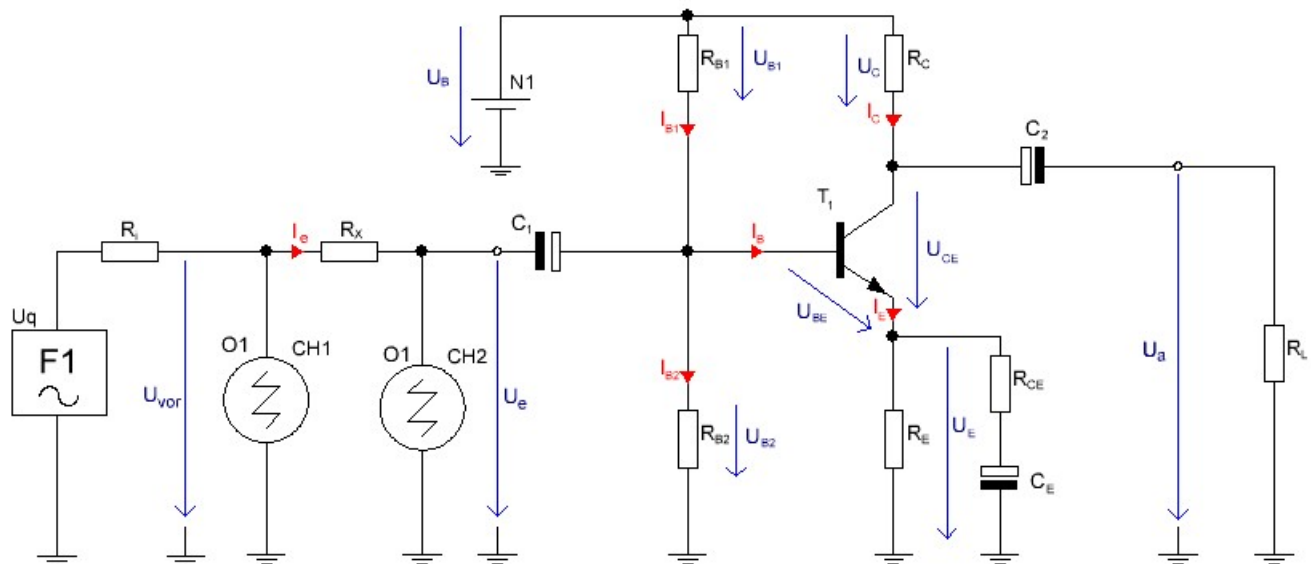


Abbildung 6: Messschaltung zur Bestimmung des Eingangswiderstandes

Am Beginn wird eine sinusförmige Eingangsspannung mit konstanter Frequenz von erneut  $1\text{kHz}$  angelegt. Der Lastwiderstand betrug erneut  $22\text{k}\Omega$  und nach dem erfolgreichem Aufbau konnte mit den Messungen begonnen werden.

Nun folgt erneut die Kurzform von der Schaltung Abb. 6:

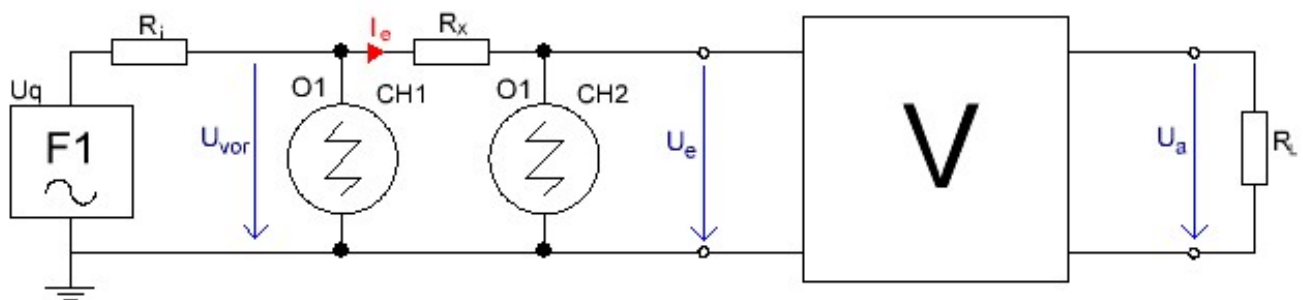


Abbildung 7: Verkürzte Messschaltung zur Bestimmung des Eingangswiderstandes

#### 4.5.2 Messvorgang & Auswertung

Nach dem Aufbau der Schaltung Abb. 6 kann mit den Messungen begonnen werden. Dabei wurden drei Messungen mit unterschiedlichen Widerständen  $R_X$  durchgeführt:

##### 1.Messung mit $R_X = 4,7k\Omega$ :

Mittels dem Oszilloskope konnten am Channel 1 & 2 die Spannungen am Eingang zur Anzeige gebracht werden. Dabei wurde zuerst die Ausgangsspannung des Funktionsgenerators auf  $100mV$  eingestellt und folgende Spannungen konnten am O1 abgelesen werden:

$$\hat{u}_{vor1} = 100mV \text{ und } \hat{u}_{e1} = 48mV$$

Somit kann der Eingangsstrom folgendermaßen über das Ohmsche Gesetz ermittelt werden:

$$\hat{i}_{e1} = \frac{\hat{u}_{vor1} - \hat{u}_{e1}}{R_X} = \frac{100 \cdot 10^{-3}V - 48 \cdot 10^{-3}V}{4\,700\Omega} = 11,06\mu A$$

Führt man diese Messung noch ein zweites Mal, mit einer anderen Amplitude, zB.  $200mV$  der Ausgangsspannung des Frequenzgenerators F1 durch, so erhält man einen zweiten Eingangsstrom und die Differenzen von den Eingangsströmen und -spannungen ergibt mir dann den Eingangswiderstand. Die zweite Messung ergab:

$$\hat{u}_{vor2} = 200mV \text{ und } \hat{u}_{e2} = 92mV$$

Der Eingangsstrom ergibt sich erneut mit::

$$\hat{i}_{e2} = \frac{\hat{u}_{vor2} - \hat{u}_{e2}}{R_X} = \frac{200 \cdot 10^{-3}V - 92 \cdot 10^{-3}V}{4\,700\Omega} = 22,98\mu A$$

Zusammenfassend:

$\hat{u}_{e1}$	$\hat{i}_{e1}$	$\hat{u}_{e2}$	$\hat{i}_{e2}$
[mV]	[ $\mu A$ ]	[mV]	[ $\mu A$ ]
48	11,06	92	22,98

→ Auswertung:

Nun kann der Eingangswiderstand ermittelt werden:

$$r_{e2} = \frac{\Delta \hat{u}_e}{\Delta \hat{i}_e} = \frac{|\hat{u}_{e1} - \hat{u}_{e2}|}{|\hat{i}_{e1} - \hat{i}_{e2}|} = \frac{|48 \cdot 10^{-3}V - 92 \cdot 10^{-3}V|}{|11,06 \cdot 10^{-6}A - 22,98 \cdot 10^{-6}A|} = 3\,691\Omega$$

Der Eingangswiderstand beträgt somit  $r_{e1} \approx 3\,700\Omega$  und liegt im typischen Bereich von  $100\Omega - 10k\Omega$ . Nun wird diese Messung nochmals mit verschiedenen Widerständen  $R_X$  wiederholt, als Kontrolle bzw. Bestätigung dieses Wertes.

## 2.Messung mit $R_X = 2,2k\Omega$ :

Die Ausgangsspannung des Funktionsgenerators betrug erneut  $100mV$  bei einer immer konstant bleibenden Frequenz von  $1kHz$  und es konnten folgende Messungen gemacht werden:

$$\hat{u}_{vor1} = 100mV \text{ und } \hat{u}_{e1} = 72mV$$

Im Anschluss auf diese Messung folgt der Eingangsstrom:

$$\hat{i}_{e1} = \frac{\hat{u}_{vor1} - \hat{u}_{e1}}{R_X} = \frac{100 \cdot 10^{-3}V - 72 \cdot 10^{-3}V}{2 \cdot 200\Omega} = 12,73\mu A$$

Nun folgt wie im vorherigen Abschnitt die zweite Messung und ergab folgende Werte:

$$\hat{u}_{vor2} = 200mV \text{ und } \hat{u}_{e1} = 134mV$$

Daraus kann der Eingangsstrom ermittelt werden:

$$\hat{i}_{e2} = \frac{\hat{u}_{vor2} - \hat{u}_{e2}}{R_X} = \frac{200 \cdot 10^{-3}V - 134 \cdot 10^{-3}V}{2 \cdot 200\Omega} = 30,00\mu A$$

Zusammenfassend:

$\hat{u}_{e1}$	$\hat{i}_{e1}$	$\hat{u}_{e2}$	$\hat{i}_{e2}$
[mV]	[ $\mu A$ ]	[mV]	[ $\mu A$ ]
72	12,73	134	30,00

→ **Auswertung:**

Nun kann der Eingangswiderstand ermittelt werden:

$$r_{e2} = \frac{\Delta \hat{u}_e}{\Delta \hat{i}_e} = \frac{|\hat{u}_{e1} - \hat{u}_{e2}|}{|\hat{i}_{e1} - \hat{i}_{e2}|} = \frac{|72 \cdot 10^{-3}V - 134 \cdot 10^{-3}V|}{|12,73 \cdot 10^{-6}A - 30,00 \cdot 10^{-6}A|} = 3 \, 589\Omega$$

Der Eingangswiderstand beträgt somit  $r_{e2} \approx 3 \, 600\Omega$ . Im Anschluss darauf wurde noch eine Messung mit einem Widerstand  $R_X$  von  $1k\Omega$  durchgeführt.



**3.Messung mit  $R_X = 1k\Omega$ :**

Mit den selben Bedingungen konnte folgendes gemessen werden:

$$\hat{u}_{vor1} = 100mV \text{ und } \hat{u}_{e1} = 82mV$$

Nun folgt der Eingangsstrom:

$$\hat{i}_{e1} = \frac{\hat{u}_{vor1} - \hat{u}_{e1}}{R_X} = \frac{100 \cdot 10^{-3}V - 82 \cdot 10^{-3}V}{1\,000\Omega} = 18,00\mu A$$

Des Weiteren folgt nun die zweite Messung bei einer Ausgangsspannung des Funktionsgenerators von  $200mV$ :

$$\hat{u}_{vor2} = 200mV \text{ und } \hat{u}_{e1} = 160mV$$

Daraus kann der Eingangsstrom ermittelt werden:

$$\hat{i}_{e2} = \frac{\hat{u}_{vor2} - \hat{u}_{e2}}{R_X} = \frac{200 \cdot 10^{-3}V - 160 \cdot 10^{-3}V}{2\,200\Omega} = 40,00\mu A$$

Zusammenfassend:

$\hat{u}_{e1}$	$\hat{i}_{e1}$	$\hat{u}_{e2}$	$\hat{i}_{e2}$
[mV]	[ $\mu A$ ]	[mV]	[ $\mu A$ ]
82	18,00	160	40,00

→ **Auswertung:**

Nun kann der Eingangswiderstand ermittelt werden:

$$r_{e3} = \frac{\Delta \hat{u}_e}{\Delta \hat{i}_e} = \frac{|\hat{u}_{e1} - \hat{u}_{e2}|}{|\hat{i}_{e1} - \hat{i}_{e2}|} = \frac{|82 \cdot 10^{-3}V - 160 \cdot 10^{-3}V|}{|18,00 \cdot 10^{-6}A - 40,00 \cdot 10^{-6}A|} = 3\,545\Omega$$

Die dritte Messung ergab somit einen Eingangswiderstand von  $r_{e3} \approx 3\,550\Omega$ . Man kann daraus schließen, dass der Eingangswiderstand im Bereich *von*  $3\,500\Omega$  *bis*  $3\,700\Omega$  liegt.

## 5 Messbericht & Resümee

Zusammenfassend stellten wir folgendes über die Schaltung vom Transistorkleinsignalverstärker in Emitterschaltung fest:

$S$	$r_a$	$r_e$
[A/V]	[ $\Omega$ ]	[ $\Omega$ ]
0,336	$\approx 1\,170\Omega$	$\approx 3\,600\Omega$

Des Weiteren stellten wir natürlich noch fest, dass das Eingangssignal invertiert verstärkt am Ausgang anliegt, sprich eine Phasendrehung von  $180^\circ$ .

Anschließend lässt sich noch sagen, dass durch die Verwendung von einem großen Emitterkondensator  $C_E$  Änderungen am Eingang relativ „spät“ am Ausgang ersichtlich wurden.

---

## 6 Literatur- und Quellenverzeichnis

[1] <http://www.elektronik-kompodium.de/>

[2] <http://elektroniktutor.oszkim.de/>