

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbereitung	2
2	Grundlagen	2
3	Versuchsdurchführung	3
3.1	Simulation	3
3.1.1	Schaltung ohne Überbrückungskondensator	3
3.1.2	Schaltung mit Überbrückungskondensator	7
3.1.3	Schaltung ohne Emitterwiderstand & Überbrückungskondensator	11
3.2	Steckbrett	14
3.2.1	Normalbetrieb	16
3.2.2	Übersteuerungsbetrieb	19
3.2.3	Frequenzvariation	20
4	Auswertung	21
4.1	Simulation	21
4.1.1	Schaltung ohne Überbrückungskondensator	21
4.1.2	Schaltung mit Überbrückungskondensator	22
4.1.3	Schaltung ohne Emitterwiderstand & Überbrückungskondensator	22
4.1.4	Verstärkung	22
4.2	Steckbrett	23
4.2.1	Normalbetrieb	23
4.2.2	Übersteuerungsbetrieb	24
4.2.3	Frequenzvariation	24
5	Diskussion und Zusammenfassung	24

1 Vorbereitung

2 Grundlagen

Bipolartransistoren sind Halbleiterbauelemente mit zwei pn-Halbleiterübergängen (entweder npn oder pnp), bei denen gegensätzlich zu den Feldeffekttransistoren beide Arten von Ladungsträgern, Elektronen und Löcher/Defektelektronen, am Stromfluss beteiligt sind. Für Schaltungen mit Bipolartransistoren, die in der Elektronik zur Verstärkung respektive Schaltung verwendet werden, wird zwischen Emitter-, Basis- und Kollektorschaltung differenziert. Die Schaltungsbezeichnungen beruhen auf dem Anschluss, der als Bezug für Eingang und Ausgang dient. Diese Schaltungsarten sind in Abbildung 1 dargestellt; zu beachten ist, dass der Pfeil am Emitter des Transistors in die technische Stromrichtung zeigt.

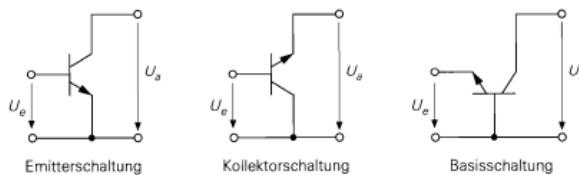


Abbildung 1: Darstellung der 3 Schaltungsarten mit Bipolartransistor [1]

In dieser Laborübung sind ausschließlich Emitterschaltungen von Relevanz, insbesondere jene mit Stromgegenkopplung, wodurch die Temperaturabhängigkeit der Schaltung kompensiert wird. Dies ist deswegen von hoher Relevanz, da Transistor-Schaltungen stets um einen bestimmten Arbeitspunkt betrieben werden (sollten). Dieser Arbeitspunkt wird über den Kollektorstrom I_C , Basisstrom I_B , der Kollektor-Emitterspannung U_{CE} beziehungsweise Basis-Emitterspannung U_{BE} festgelegt. Ein Anstieg der Temperatur würde diesen wiederum, aufgrund der Temperaturabhängigkeit von Halbleitern (pn-Übergang), verschieben. Dadurch wird eine Zunahme des Basisstroms I_B und infolge des Kollektorstroms I_C sowie eine Abnahme des Kollektorpotentials V_C bedingt. Um dies zu kompensieren, wird im Rahmen der Stromgegenkopplung ein Emitterwiderstand R_E implementiert. Dieser führt aufgrund des nun höheren Emitterstroms I_E , der sich gemäß der Kirchhoff'schen Knotenregel aus der Summe der Teilströme I_C und I_B (der allerdings vernachlässigt werden kann) ergibt, zu einer größeren Spannung U_{RE} , die am Emitterwiderstand abfällt. Dadurch nimmt die Basis-Emitterspannung U_{BE} ab und der Basisstrom wird geringer, genauso wie folglich der Kollektor- und Emitterstrom, was der ursprünglichen Erhöhung entgegenwirkt. [1]

Zur Berechnung der Ströme am Steckbrett (Kapitel Auswertung), des Basis- I_B und Kollektorstroms I_C , nachdem die an den Vorwiderständen R_1 und R_2 abfallenden Spannungen U_{R1} respektive U_{R2} gemessen wurden, wird das Ohmsche Gesetz Gleichung 1 verwendet. Dabei bezeichnet wie gewohnt U die Spannung, I den Strom und R den Widerstand als die Proportionalitätskonstante beziehungsweise für einen nicht-linearen Verlauf r den differentiellen Widerstand an einem Arbeitspunkt. [1]

$$R = \frac{U}{I} \quad (1)$$

$$r = \left. \frac{dU}{dI} \right|_{\text{Arbeitspunkt}} \quad (2)$$

Die (Spannungs-)Verstärkung V der Schaltung ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen Ausgangsspannung und Eingangsspannung gemäß Gleichung 3.

$$V = \frac{U_a}{U_e} \quad (3)$$

3 Versuchsdurchführung

3.1 Simulation

Zur Simulation der Emitterschaltung mit Gegenstromkopplung wird das Programm *LTSPICE* verwendet. Der Aufbau erfolgt analog zum skizzierten Schaltplan im Kapitel Vorbereitung.

3.1.1 Schaltung ohne Überbrückungskondensator

Zunächst wird die Schaltung allerdings ohne Überbrückungskondensator, wie sie in Abbildung 2 zu sehen ist, verwendet. Nachdem alle Parameter gemäß den Angaben in der Simulation und insbesondere der Arbeitspunkt entsprechend dem theoretisch errechneten Wert eingestellt wurden (ca. 7,5 V), wurden die Eingangs- und Ausgangsspannung über der Zeit in einem Plot, durch Messung dieser Größen für einen geeigneten Zeitabschnitt (siehe Abbildung 2 im unteren Bildbereich), dargestellt.

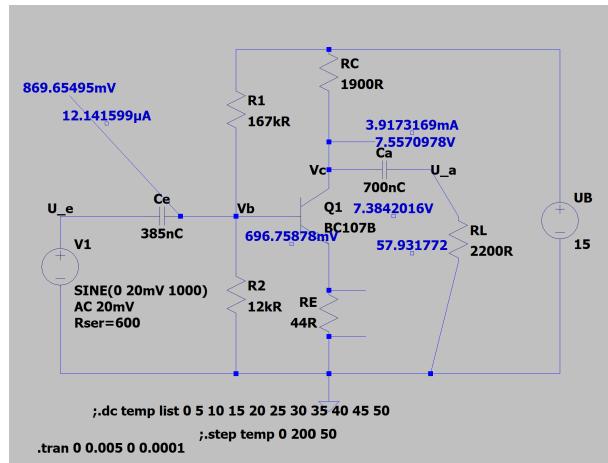


Abbildung 2: Schaltung ohne Überbrückungskondensator bei einem Sinus-Eingangssignal mit einer Amplitude von 20 mV, einer Frequenz von 1 kHz und einem Innenwiderstand von 600Ω ; mit der Eingangs- U_e und Ausgangsspannung U_a , den Eingangs- C_e und Ausgangskondensatoren C_a , den Vorwiderständen R_1 und R_2 , dem Kollektorwiderstand R_C , dem Emittierwiderstand R_E , dem Lastwiderstand R_L , dem Basispotential V_b , dem Kollektorpotential V_c , dem Transistor $BC107B$ und der Betriebsspannung U_B . Genauere Spezifikationen können dem Schaltbild entnommen werden.

Normalbetrieb In Abbildung 3 ist der zeitliche Verlauf von Eingangs- und Ausgangsspannung der Emitterschaltung ohne Überbrückungskondensator dargestellt.

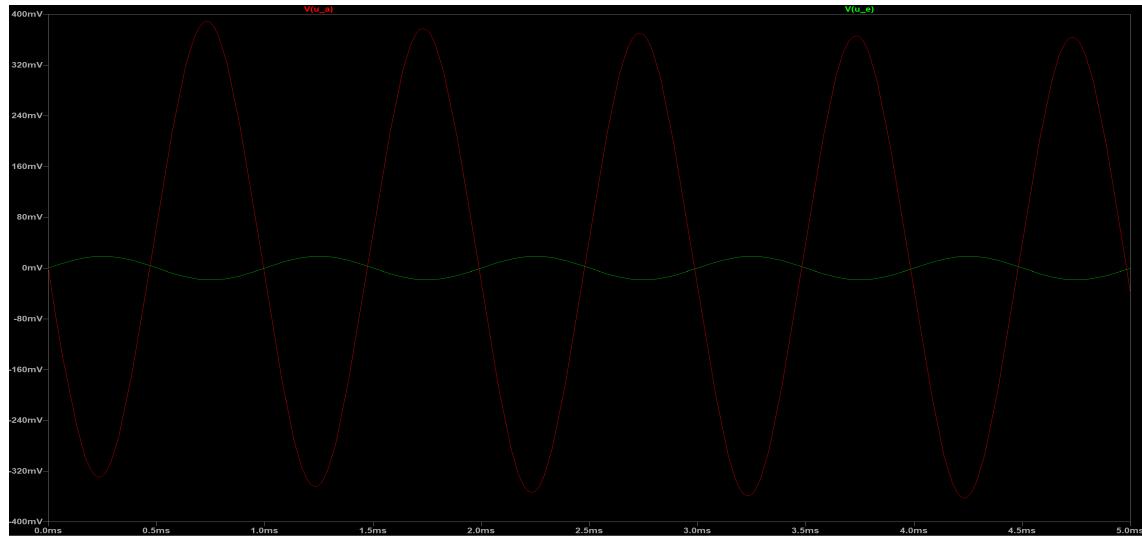


Abbildung 3: Zeitlicher Verlauf der Ein- $V(u_e)$ und Ausgangsspannung $V(u_a)$ der Emitterschaltung ohne Überbrückungskondensator bei einer Amplitude von 20 mV des Eingangssignals

Übersteuerungsbetrieb Um die Übersteuerungsgrenze zu finden, wurde ein Parameter-Sweep durchgeführt, wobei die Amplitude der Eingangsspannung variiert wurde. Dadurch konnte die Übersteuerungsgrenze visuell bestimmt werden.

DC Temperatur Sweep Zur Darstellung der Temperaturabhängigkeit wurde ein DC-Sweep durchgeführt. In Abbildung 4 ist das Kollektorpotential in Abhängigkeit der Temperatur zu sehen.

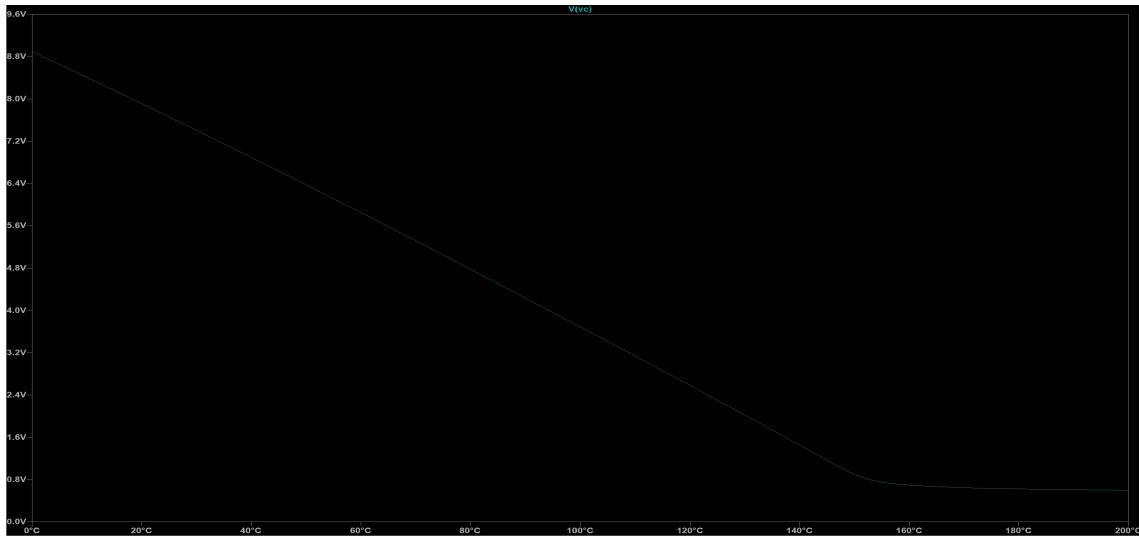


Abbildung 4: Simulierter DC Temperatur Sweep welcher die Temperaturabhängigkeit des Kollektorpotentials darstellt. Auf der Abszisse befindet sich die Temperatur des Transistors und auf Ordinate befindet sich das Kollektorpotential V_C . Diese Simulation wurde bei dem Schaltplan aus Abbildung 2 mit folgender SPICE directive `.dc temp 0 200 1` durchgeführt.

Temperaturvarierte Transiente Analyse Für die Ausgangsspannung wurde eine temperaturvarierte, transiente Analyse durchgeführt. Für fünf verschiedene Betriebstemperaturen ist der Verlauf der Ausgangsspannung in Abbildung 5 zu sehen.

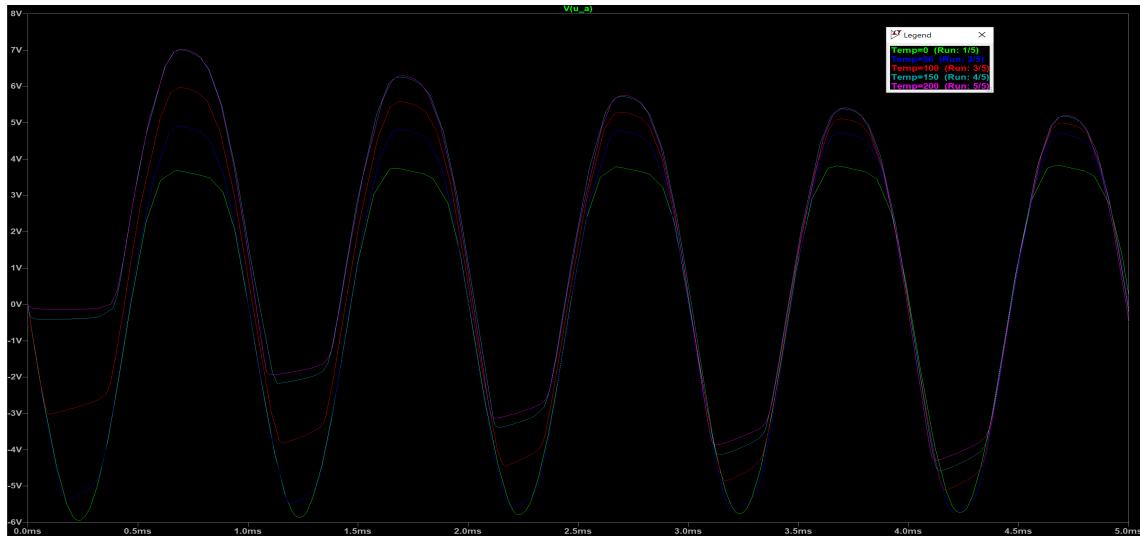


Abbildung 5: Simulierte Transient Analyse von der Ausgangsspannung unter Einfluß verschiedener Betriebstemperaturen. Auf der Abszisse befindet sich die Zeit und auf Ordinate befindet sich die Ausgangsspannung U_a . Diese Simulation wurde bei dem Schaltplan aus Abbildung 2 mit folgenden SPICE directives `.tran 0 0.005 0 0.0001` und `.step temp 0 200 50` durchgeführt. Die Legende beinhaltet die Zuordnung von Farbe zu Temperatur (in Celsius).

3.1.2 Schaltung mit Überbrückungskondensator

Nun wird die Schaltung der Abbildung 2 um den Überbrückungskondensator C_E gemäß Abbildung 6 erweitert. Nun werden die gleichen Schritte wie beim vorigen Aufbau durchlaufen.

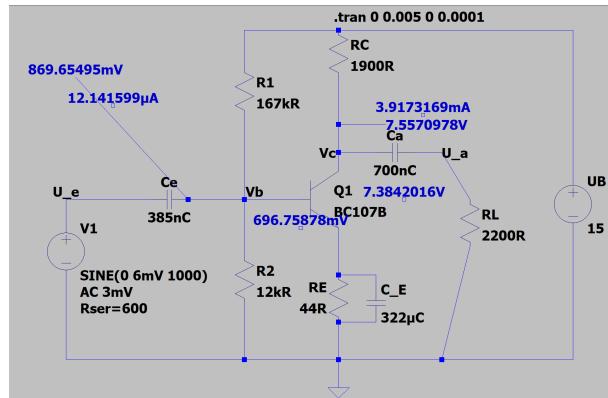


Abbildung 6: Schaltung mit Überbrückungskondensator bei einem Sinus-Eingangssignal mit einer Amplitude von 6 mV, einer Frequenz von 1 kHz und einem Innenwiderstand von 600Ω ; mit der Eingangs- U_e und Ausgangsspannung U_a , den Eingangs- C_e und Ausgangskondensatoren C_a , den Vorwiderständen R_1 und R_2 , dem Kollektorwiderstand RC , dem Emittierwiderstand RE , dem Lastwiderstand RL , dem Basispotential V_b , dem Kollektorpotential V_c , dem Transistor $BC107B$ und der Betriebsspannung UB . Genauere Spezifikationen können dem Schaltbild entnommen werden.

Normalbetrieb Die Ein- und Ausgangsspannungen der Emitterschaltung mit Überbrückungskondensator über der Zeit sind in Abbildung 7 und Abbildung 8 ersichtlich.

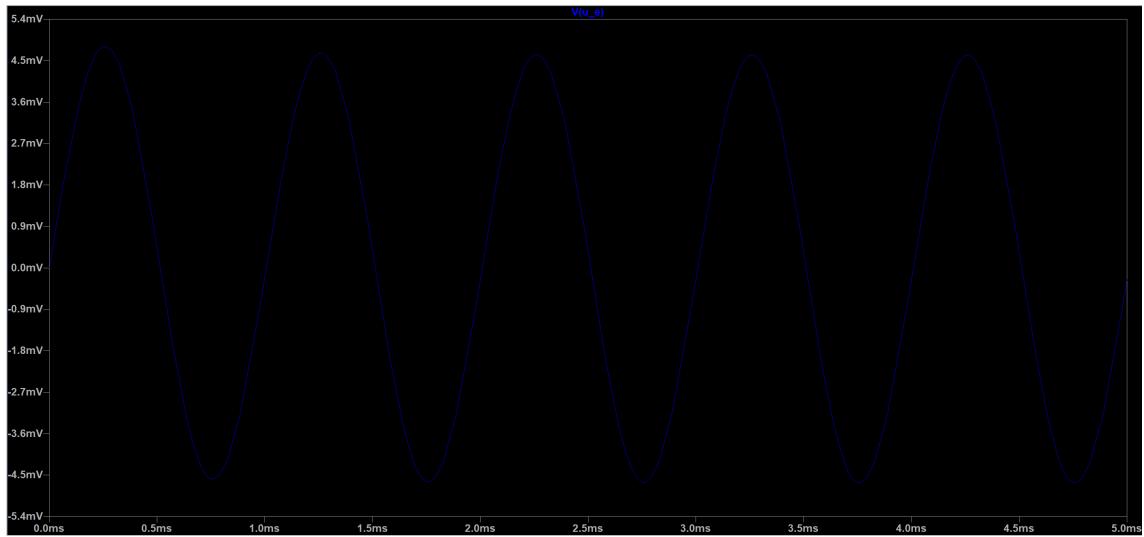


Abbildung 7: Zeitlicher Verlauf der Einspannung $V(u_e)$ der Emitterschaltung mit Überbrückungskondensator bei einer Amplitude von 5 mV des Eingangssignals

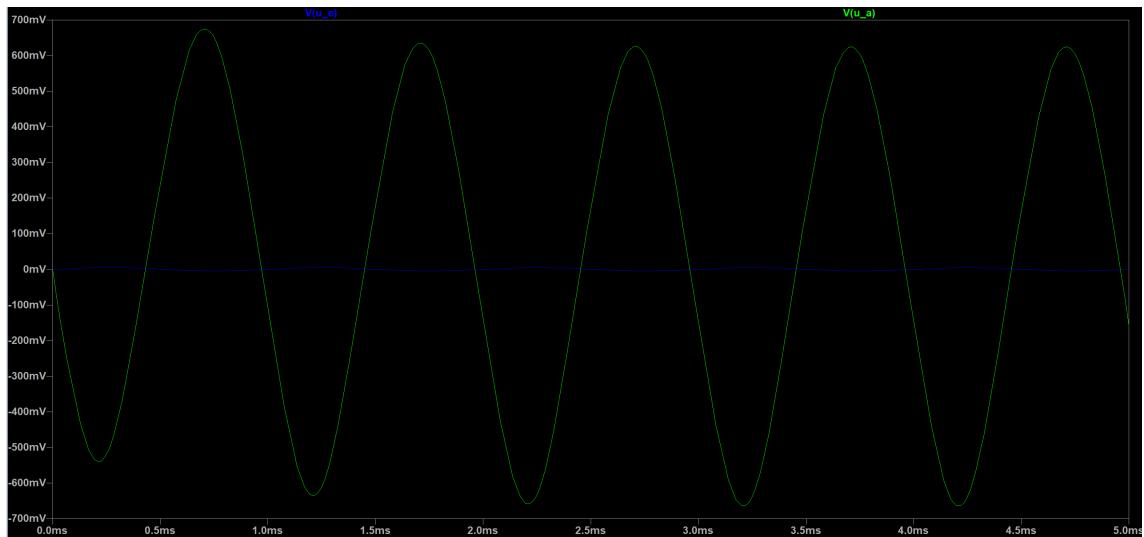


Abbildung 8: Zeitlicher Verlauf der Ausgangsspannung $V(u_a)$ der Emitterschaltung mit Überbrückungskondensator bei einer Amplitude von 5 mV des Eingangssignals

Übersteuerungsbetrieb Um die Übersteuerungsgrenze zu finden, wurde ein Parametersweep durchgeführt, wobei die Amplitude der Eingangsspannung variiert wurde. Dadurch konnte die Übersteuerungsgrenze visuell bestimmt werden.

DC Temperatur Sweep Zur Darstellung der Temperaturabhängigkeit wurde ein DC-Sweep durchgeführt. In Abbildung 9 ist das Kollektorpotential in Abhängigkeit der Temperatur zu sehen.

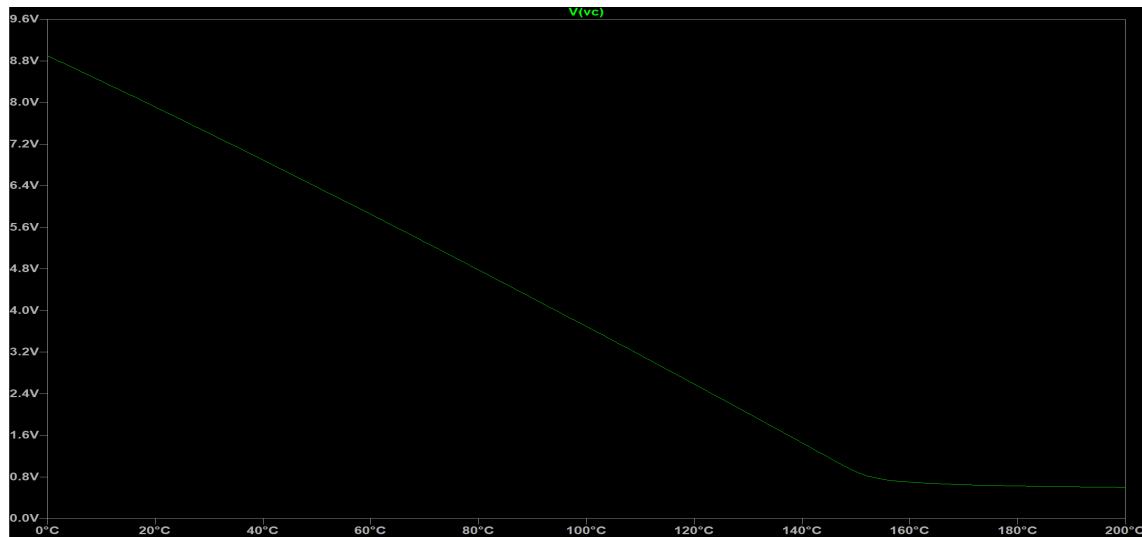


Abbildung 9: Simulierter DC Temperatur Sweep welcher die Temperaturabhängigkeit des Kollektorpotentials darstellt. Auf der Abszisse befindet sich die Temperatur des Transistors und auf Ordinate befindet sich das Kollektorpotential V_C . Diese Simulation wurde bei dem Schaltplan aus Abbildung 6 mit folgender SPICE directive `.dc temp 0 200 1` durchgeführt.

Temperaturvarierte Transiente Analyse Für die Ausgangsspannung wurde eine temperaturvarierte, transiente Analyse durchgeführt. Für fünf verschiedene Betriebstemperaturen ist der Verlauf der Ausgangsspannung in Abbildung 10 zu sehen.

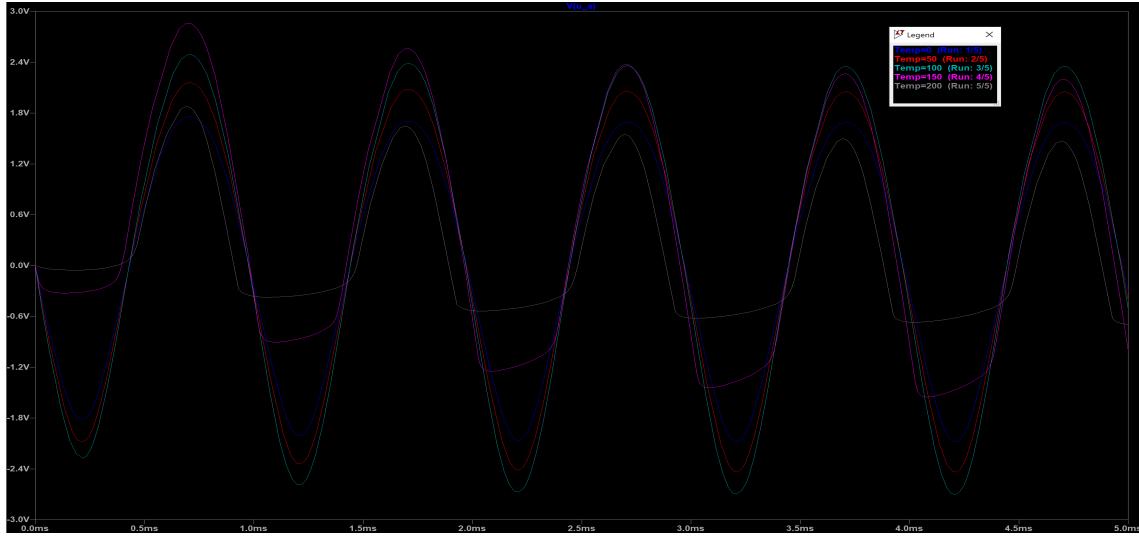


Abbildung 10: Simulierte Transient Analyse von der Ausgangsspannung unter Einfluß verschiedener Betriebstemperaturen. Auf der Abszisse befindet sich die Zeit und auf Ordinate befindet sich die Ausgangsspannung U_a . Diese Simulation wurde bei dem Schaltplan aus Abbildung 6 mit folgenden SPICE directives `.tran 0 0.005 0 0.0001` und `.step temp 0 200 50` durchgeführt. Die Legende beinhaltet die Zuordnung von Farbe zu Temperatur (in Celsius).

3.1.3 Schaltung ohne Emitterwiderstand & Überbrückungskondensator

Am Ende wird die Emitterschaltung exklusive dem Emitterwiderstand und wiederum ohne den Überbrückungskondensator verwendet, um die starke Temperaturabhängigkeit einer Transistorschaltung darzustellen. Die Schaltung ist Abbildung 11 zu entnehmen.

Abbildung 11: Schaltung mit Überbrückungskondensator bei einem Sinus-Eingangssignal mit einer Amplitude von 6 mV, einer Frequenz von 1 kHz und einem Innenwiderstand von 600Ω ; mit der Eingangs- U_e und Ausgangsspannung U_a , den Eingangs- C_e und Ausgangskondensatoren C_a , den Vorwiderständen R_1 und R_2 , dem Kollektorwiderstand R_C , dem Emitterwiderstand R_E , dem Lastwiderstand R_L , dem Basispotential V_b , dem Kollektorpotential V_c , dem Transistor $BC107B$ und der Betriebsspannung U_B . Genauere Spezifikationen können dem Schaltbild entnommen werden.

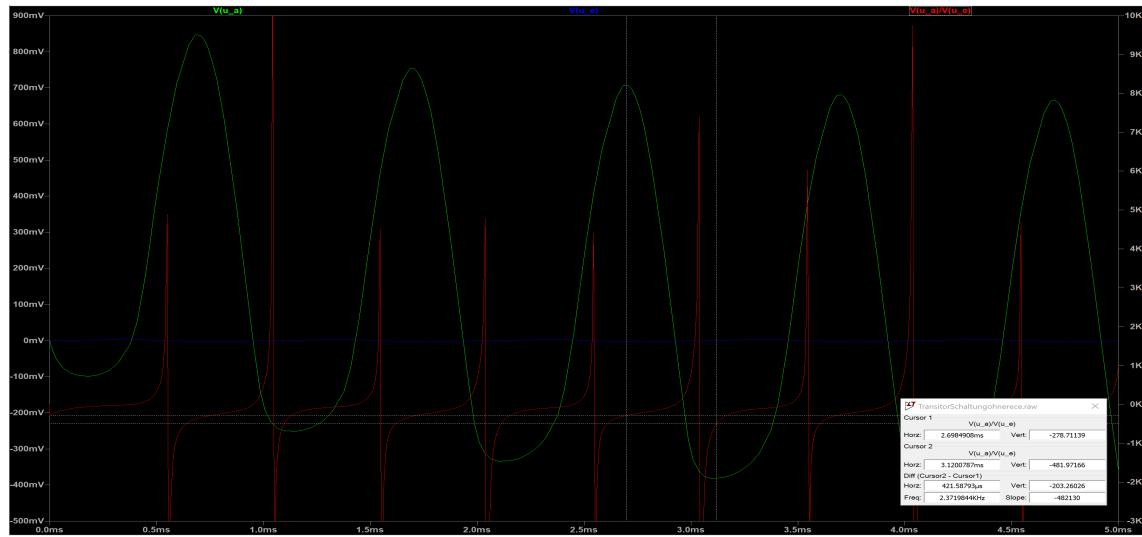


Abbildung 12: Spannungsverläufe für die Schaltung ohne RE und CE

Die Spannungsverläufe für die Schaltung ohne Emitterwiderstand und Überbrückungskondensator sind in Abbildung 12 zu sehen.

DC Temperatur Sweep Zur Darstellung der Temperaturabhängigkeit wurde ein DC-Sweep durchgeführt. In Abbildung 13 ist das Kollektorpotential in Abhängigkeit der Temperatur zu sehen.

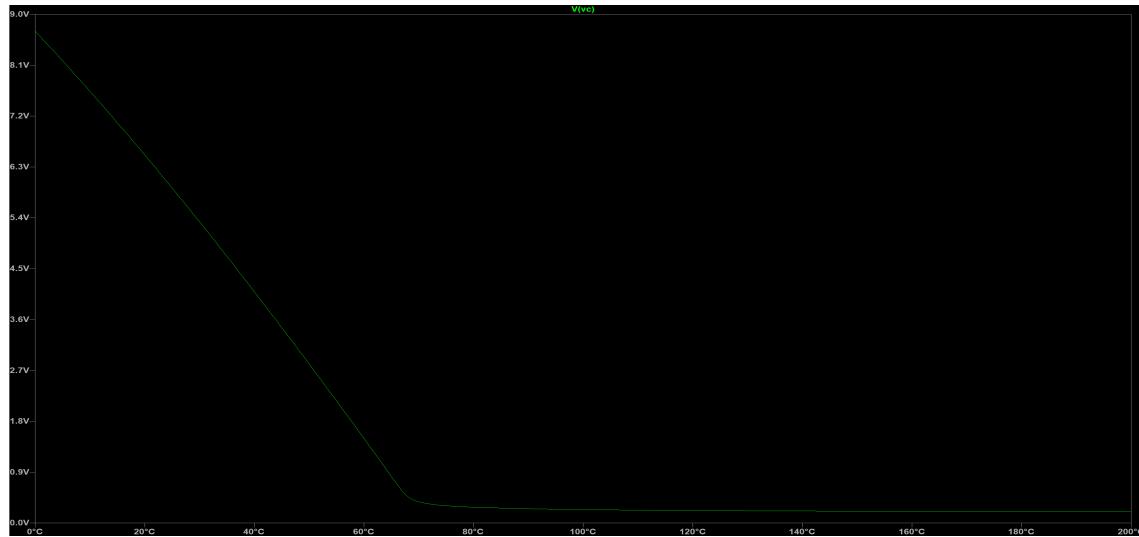


Abbildung 13: Simulierter DC Temperatur Sweep welcher die Temperaturabhängigkeit des Kollektorpotentials darstellt. Auf der Abszisse befindet sich die Temperatur des Transistors und auf Ordinate befindet sich das Kollektorpotential V_C . Diese Simulation wurde bei dem Schaltplan aus Abbildung 11 mit folgender SPICE directive `.dc temp 0 200 1` durchgeführt.

Temperaturvarierte Transiente Analyse Für die Ausgangsspannung wurde eine temperaturvarierte, transiente Analyse durchgeführt. Für elf verschiedene Betriebstemperaturen ist der Verlauf der Ausgangsspannung in Abbildung 5 zu sehen.

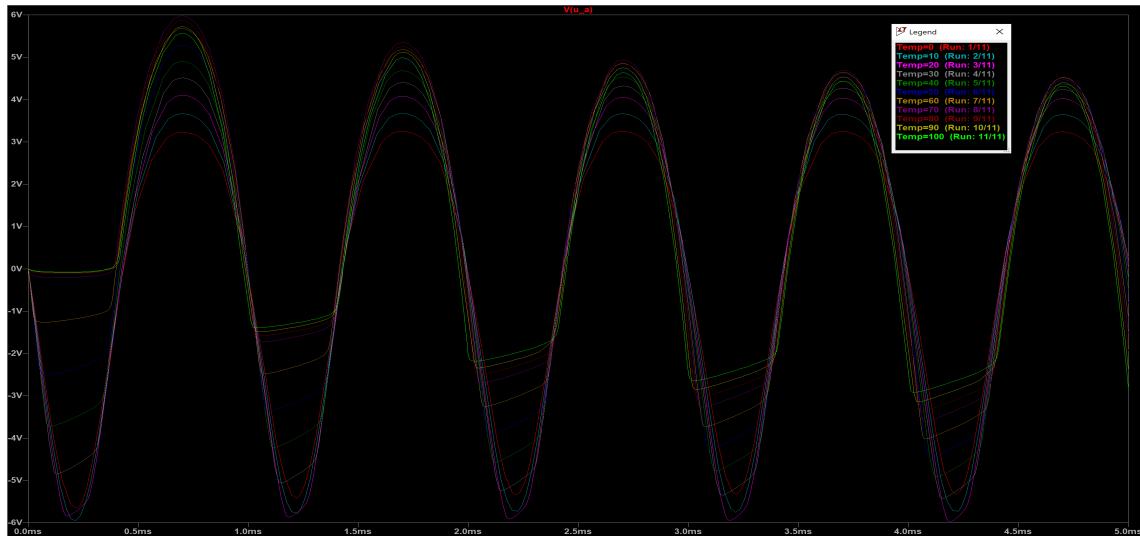


Abbildung 14: Simulierte Transient Analyse von der Ausgangsspannung unter Einfluß verschiedener Betriebstemperaturen. Auf der Abszisse befindet sich die Zeit und auf Ordinate befindet sich die Ausgangsspannung U_a . Diese Simulation wurde bei dem Schaltplan aus Abbildung 11 mit folgenden SPICE directives `.tran 0 0.005 0 0.0001` und `.step temp 0 100 10` durchgeführt. Die Legende beinhaltet die Zuordnung von Farbe zu Temperatur (in Celsius).

3.2 Steckbrett

Für den praktischen Teil an der Steckplatine werden Widerstände der E12-Reihe verwendet. Zusätzlich wird für die Vorwiderstände im Spannungsteiler ein seriell geschaltetes Potentiometer verwendet, mit welchem man sich an den berechneten Arbeitspunkt für die Emitterschaltung annähert.

Die verwendeten Geräte sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1: Tabelle der verwendeten Geräte

Geräte liste	
Gerät	Typ
Oszilloskop	<i>Tektronix TDS 2002</i>
Funktionsgenerator	<i>FG250D</i>
Netzgerät	nicht bestimmbar
Multimeter	<i>Fluke 175 TrueRMS</i>
Widerstände	siehe Tabelle 2
Kondensator C_e	$(330 \pm 40) \text{ nF}$
Kondensator C_a	$(680 \pm 70) \text{ nF}$
Kondensator C_E	$(270 \pm 30) \text{ \mu F}$

Tabelle 2: Gemessene Werte der Widerstände im Steckbrett. Diese Messungen sind mit dem *Fluke 175 TrueRMS* gemessen worden.

R_C ... Kollektorwiderstand

R_E ... Emitterwiderstand

R_L ... Lastwiderstand

R_1 ... Erster Spannungsteilerwiderstand

R_2 ... Zweiter Spannungsteilerwiderstand

R_C	$(1,796 \pm 0,018) \text{ k}\Omega$
R_E	$(47,4 \pm 0,7) \Omega$
R_L	$(2,20 \pm 0,03) \text{ k}\Omega$
R_1	$(176,0 \pm 1,7) \text{ k}\Omega$
R_2	$(11,28 \pm 0,12) \text{ k}\Omega$

Nachdem die Schaltung, wie in Abbildung 15 zu sehen, aufgebaut wurde, wurden die Spannungsverläufe am Ein- und Ausgang mittels einem Oszilloskop dargestellt und die Oszillogramme für die nachfolgende Auswertung exportiert.

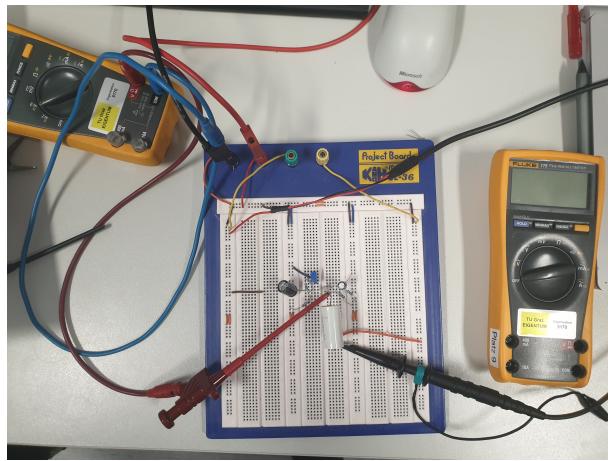


Abbildung 15: Am Steckbrett aufgebaute Emitterschaltung mit Überbrückungskondensator

Tabelle 3: Tabelle mit Messwerten des Arbeitspunkt. Diese Messungen sind mit dem *Fluke 175 TrueRMS* gemessen worden.

U_{CE} ... Kollektoremitterspannung
 U_{BE} ... Basisemitterspannung
 V_C ... Kollektorpotential
 V_B ... Basispotential
 U_{RC} ... Spannungsabfall über Kollektorwiderstand
 U_{R1} ... Spannungsabfall über R_1
 U_{R2} ... Spannungsabfall über R_2

U_{CE}	$(7,22 \pm 0,18) \text{ V}$
U_{BE}	$(645 \pm 16) \text{ mV}$
V_C	$(7,48 \pm 0,18) \text{ V}$
V_B	$(900 \pm 30) \text{ mV}$
U_{RC}	$(7,70 \pm 0,19) \text{ V}$
U_{R1}	$(14,1 \pm 0,4) \text{ V}$
U_{R2}	$(840 \pm 20) \text{ mV}$

3.2.1 Normalbetrieb

Die Oszillogramme der Spannungsverläufe sind in Abbildung 16 und Abbildung 17 dargestellt.

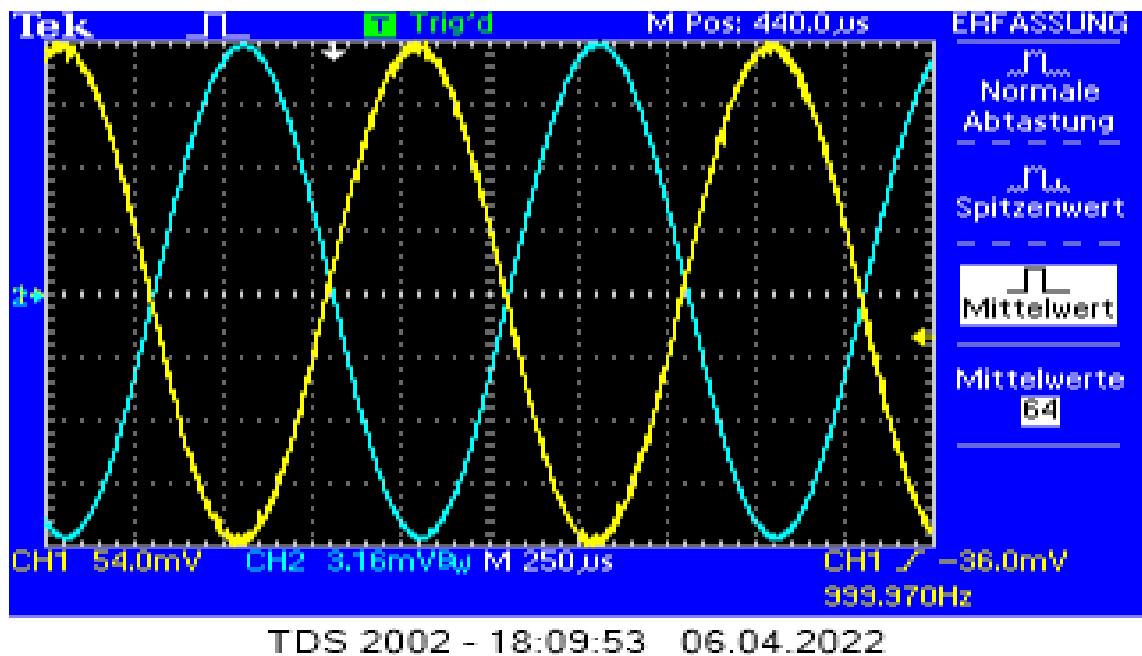


Abbildung 16: Ohne Überbrückungskondensator

Schaltung ohne Überbrückungskondensator

SS22
06.04.2022

HINTERLEITNER Michael - 12002411
PHILIPP Maximilian - 11839611

LU ECM-
Transistor

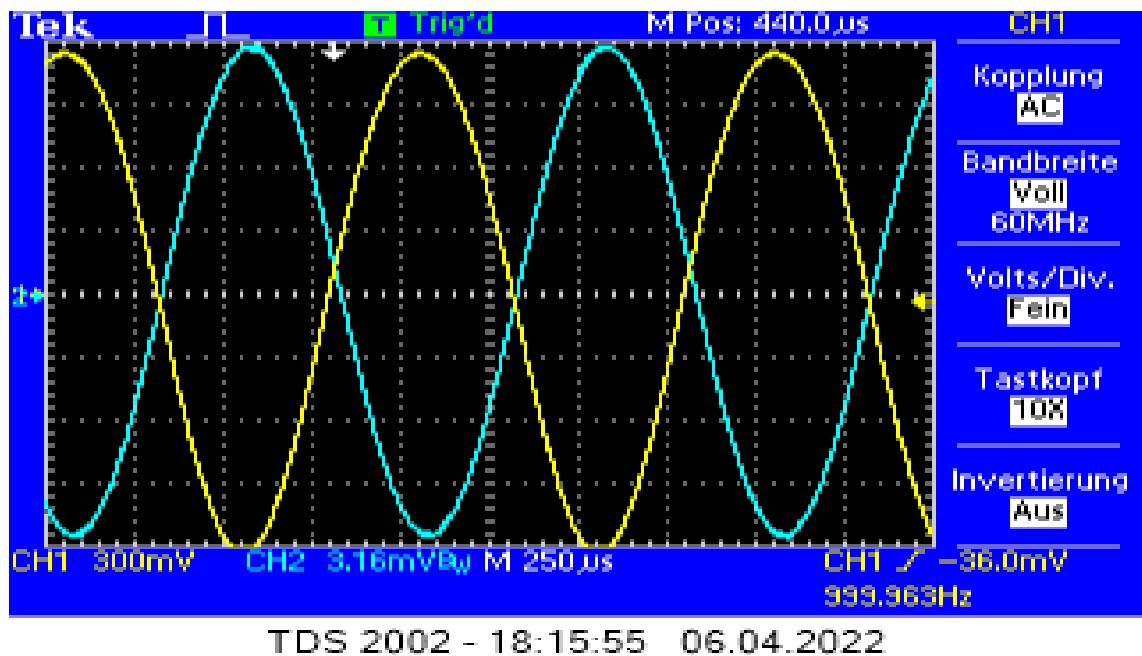


Abbildung 17: Mit Überbrückungskondensator

Schaltung mit Überbrückungskondensator

3.2.2 Übersteuerungsbetrieb

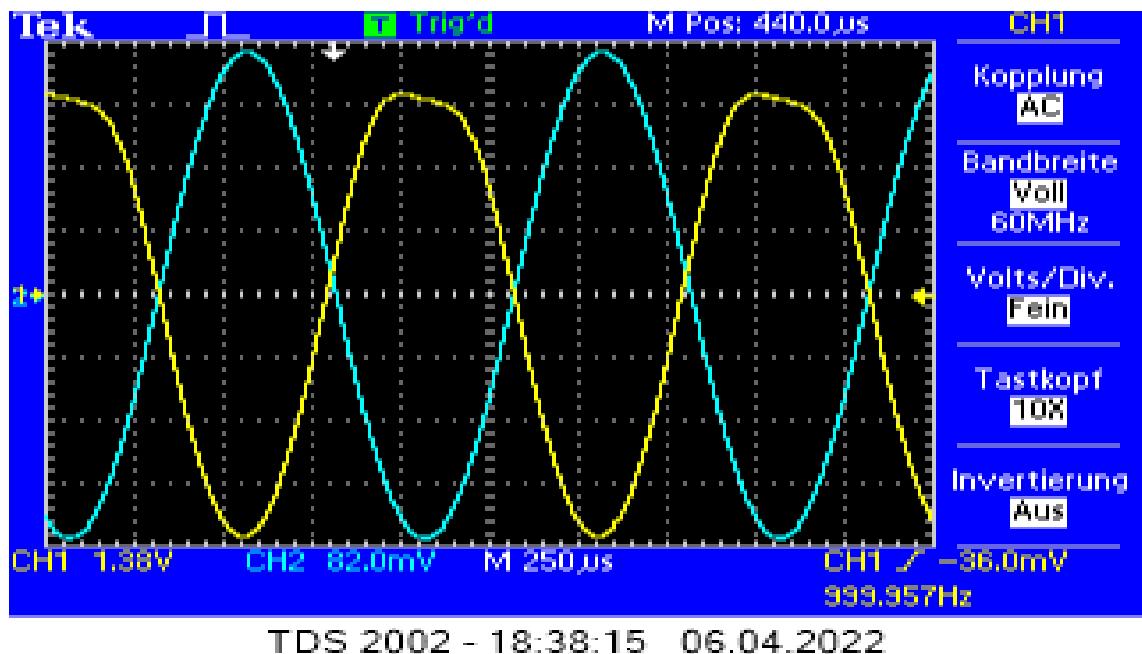


Abbildung 18: Ohne Überbrückungskondensator

Schaltung ohne Überbrückungskondensator

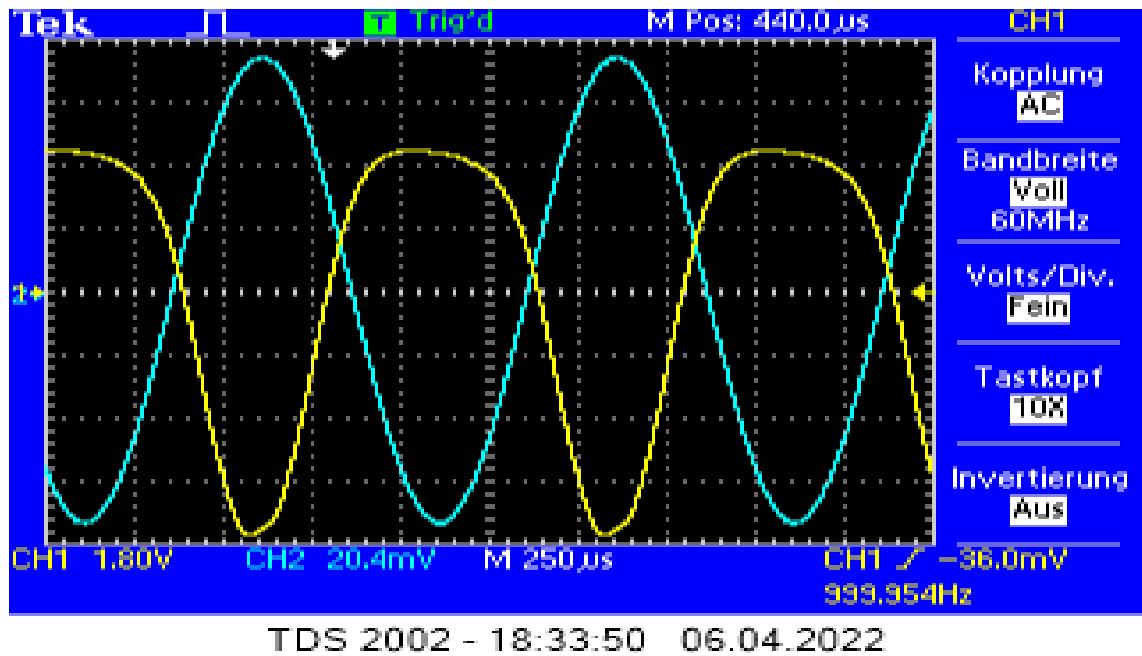


Abbildung 19: Mit Überbrückungskondensator

Schaltung mit Überbrückungskondensator

3.2.3 Frequenzvariation

Nun wurde die Frequenz des Eingangssignals variiert um die Untere- bzw. Obere-grenzfrequenz zu finden und das Verhalten der Schaltung bei Frequenzvariation zu untersuchen. Die Unteregrenzfrequenz somit bestimmt worden und in Abbildung 20 ersichtlich.

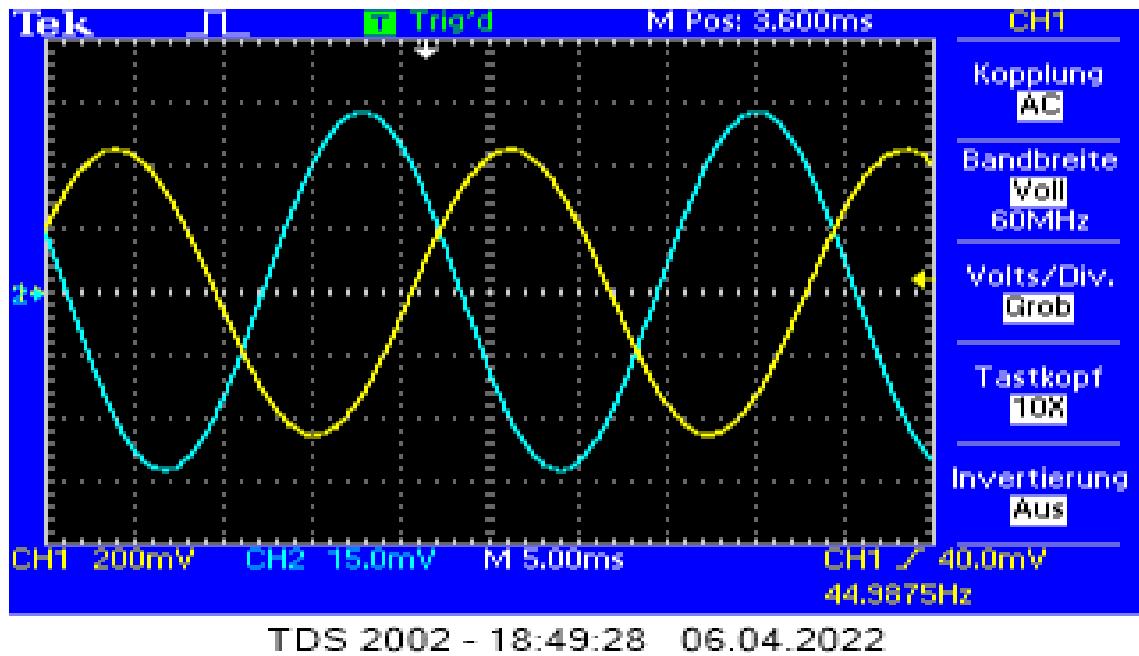


Abbildung 20: Diese Abbildungen zeigen den zeitlichen Verlauf der Eingangs- (Blau) und Ausgangsspannung (Gelb) beim Betrieb an der unteren Grenzfrequenz (siehe Abbildung 44,9875 Hz)

4 Auswertung

4.1 Simulation

4.1.1 Schaltung ohne Überbrückungskondensator

Verstärkung Es wurde aus den Simulationdaten von *LTSPICE*, siehe Abbildung 3, die Spitzenspannungen für U_e und U_a bestimmt wodurch mit Gleichung 3 die Verstärkung V'_u berechnet wurde:

$$V'_u = 19 \quad (4)$$

4.1.2 Schaltung mit Überbrückungskondensator

Verstärkung Es wurde aus den Simulationdaten von *LTSPICE*, siehe Abbildung 7 und Abbildung 8, die Spitzenspannungen für U_e und U_a bestimmt wodurch mit Gleichung 3 die Verstärkung mit Überbrückungskondensator V'_{u,C_E} berechnet wurde.

$$V'_{u,C_E} = 125 \quad (5)$$

4.1.3 Schaltung ohne Emitterwiderstand & Überbrückungskondensator

Es wurde aus den Simulationdaten von *LTSPICE*, siehe Abbildung 12 die Spitzenspannungen für U_e und U_a bestimmt wodurch mit Gleichung 3 die Verstärkung ohne Emitterwiderstand und ohne Überbrückungskondensator $V'_{u,-R_E}$ berechnet wurde.

$$V'_{u,-R_E} = 931 \quad (6)$$

4.1.4 Verstärkung

Um die Verstärkung zu bestimmen, wurde über die Amplituden des zeitlichen Verlaufs der Ausgangs- und Eingangsspannungen gemittelt und deren Verhältnis gemäß Gleichung 3 berechnet. Somit ergeben sich die Werte der Tabelle Tabelle 4 für die Verstärkungen der drei Schaltungen aus dem Abschnitt Simulation.

Tabelle 4: Tabelle mit allen ermittelten Verstärkungen

- $V_u \dots'$ Verstärkung ohne Überbrückungskondensator
- $V_{u,C_E} \dots'$ Verstärkung mit Überbrückungskondensator
- $V_{u,-R_E} \dots'$ Verstärkung ohne Emitterwiderstand und ohne Überbrückungskondensator

V'_u	19
V'_{u,C_E}	125
$V'_{u,-R_E}$	931

4.2 Steckbrett

Da ein Großteil, der Arbeitspunkt definierenden Größen, direkt gemessen werden konnte, wird hier nur noch die fehlenden Größen mit den Messwerten aus Tabelle 3 errechnet. Es sind nur noch der Basisstrom I_B und der Kollektorstrom I_C zu bestimmen. Durch Verwendung Gleichung 1 kann I_C durch den Spannungsabfall über den Kollektorwiderstand bestimmt werden. Da I_B nichts anderes ist als die Differenz von dem Strom durch R_1 und dem Strom durch R_2 (siehe Abbildung 2) kann I_B äquivalent zu I_C berechnet werden. Für die Fehlerfortpflanzung ist das Gaußsches Fehlerfortpflanzungsgesetz verwendet worden.

Tabelle 5: Tabelle mit den fehlenden zu rechnenden Größen des Arbeitspunkts

I_C ... Kollektorstrom

I_B ... Basisstrom

I_C	$(4,29 \pm 0,12)$ mA
I_B	(6 ± 4) μ A

4.2.1 Normalbetrieb

Die Verstärkungsfaktoren wurden analog wie für die Simulation im vorigen Abschnitt Verstärkung ermittelt. Diese ergeben sich zu

Schaltung ohne Überbrückungskondensator Da bei der Aufnahme der Daten das Oszilloskop so eingestellt wurde, dass das Signal die "Full-Scale" komplett ausnutzt, kann die Verstärkung V'_u durch Division der Volts per Division vom Eingangs- und Ausgangssignalen, welche im Oszillogramm, siehe Abbildung 16, ersichtlich sind, errechnet werden.

$$V'_u = 17 \quad (7)$$

Schaltung mit Überbrückungskondensator Da bei der Aufnahme der Daten das Oszilloskop so eingestellt wurde, dass das Signal die "Full-Scale" komplett ausnutzt, kann die Verstärkung V'_{u,C_E} durch Division der Volts per Division vom Eingangs- und Ausgangssignalen, welche im Oszillogramm, siehe Abbildung 17, ersichtlich sind, errechnet werden.

$$V'_{u,C_E} = 95 \quad (8)$$

4.2.2 Übersteuerungsbetrieb

Schaltung ohne Überbrückungskondensator

Schaltung mit Überbrückungskondensator

4.2.3 Frequenzvariation

5 Diskussion und Zusammenfassung

Man achte hierbei auf die Volts per division bei Gleicher Eingangsspannung erzeugt die Schaltung mit Kondensator eine um fast 6-fache größere Verstärkung.

Die für die Simulation bestimmten Verstärkungen der Schaltungen sind der Tabelle Tabelle 4 zu entnehmen. Die reale Verstärkung der Schaltung am Steckbrett ergibt sich zu xxx.

Literaturverzeichnis

- [1] Ulrich Tietze, Christoph Schenk und Eberhard Gamm. *Halbleiter-Schaltungstechnik*. Springer-Verlag GmbH, 5. Juli 2019. ISBN: 3662485532. URL: https://www.ebo-ko.de/de/product/37063433/ulrich_tietze_christoph_schenk_eberhard_gamm_halbleiter_schaltungstechnik.html.

Abbildungsverzeichnis

1	Darstellung der 3 Schaltungsarten mit Bipolartransistor [1]	2
2	Schaltung ohne Überbrückungskondensator bei einem Sinus-Eingangssignal mit einer Amplitude von 20 mV, einer Frequenz von 1 kHz und einem Innenwiderstand von 600Ω ; mit der Eingangs- U_e und Ausgangsspannung U_a , den Eingangs- C_e und Ausgangskondensatoren C_a , den Vorwiderständen $R1$ und $R2$, dem Kollektorwiderstand RC , dem Emitterwiderstand RE , dem Lastwiderstand RL , dem Basispotential V_b , dem Kollektorpotential V_c , dem Transistor $BC107B$ und der Betriebsspannung UB . Genauere Spezifikationen können dem Schaltbild entnommen werden.	4
3	Zeitlicher Verlauf der Ein- $V(u_e)$ und Ausgangsspannung $V(u_a)$ der Emitterschaltung ohne Überbrückungskondensator bei einer Amplitude von 20 mV des Eingangssignals	5
4	Simulierter DC Temperatur Sweep ohne Überbrückungskondensator	6
5	Simulierte Transient Analyse ohne Überbrückungskondensator	7
6	Schaltung mit Überbrückungskondensator bei einem Sinus-Eingangssignal mit einer Amplitude von 6 mV, einer Frequenz von 1 kHz und einem Innenwiderstand von 600Ω ; mit der Eingangs- U_e und Ausgangsspannung U_a , den Eingangs- C_e und Ausgangskondensatoren C_a , den Vorwiderständen $R1$ und $R2$, dem Kollektorwiderstand RC , dem Emitterwiderstand RE , dem Lastwiderstand RL , dem Basispotential V_b , dem Kollektorpotential V_c , dem Transistor $BC107B$ und der Betriebsspannung UB . Genauere Spezifikationen können dem Schaltbild entnommen werden.	8
7	Zeitlicher Verlauf der Einspannung $V(u_e)$ der Emitterschaltung mit Überbrückungskondensator bei einer Amplitude von 5 mV des Eingangssignals	9
8	Zeitlicher Verlauf der Ausgangsspannung $V(u_a)$ der Emitterschaltung mit Überbrückungskondensator bei einer Amplitude von 5 mV des Eingangssignals	9
9	Simulierter DC Temperatur Sweep mit Überbrückungskondensator	10

10	Simulierte Transient Analyse mit Überbrückungskondensator	11
11	Schaltung mit Überbrückungskondensator bei einem Sinus-Eingangssignal mit einer Amplitude von 6 mV, einer Frequenz von 1 kHz und einem Innenwiderstand von 600Ω ; mit der Eingangs- U_e und Ausgangsspannung U_a , den Eingangs- C_e und Ausgangskondensatoren C_a , den Vorwiderständen R_1 und R_2 , dem Kollektorwiderstand RC , dem Emitterwiderstand RE , dem Lastwiderstand RL , dem Basispotential V_b , dem Kollektorpotential V_c , dem Transistor $BC107B$ und der Betriebsspannung UB . Genauere Spezifikationen können dem Schaltbild entnommen werden.	11
12	Spannungsverläufe für die Schaltung ohne RE und CE	12
13	Simulierter DC Temperatur Sweep ohne Überbrückungskondensator und ohne Emitterwiderstand	13
14	Simulierte Transient Analyse mit Überbrückungskondensator	14
15	Am Steckbrett aufgebaute Emitterschaltung mit Überbrückungskondensator	16
16	Ohne Überbrückungskondensator	17
17	Mit Überbrückungskondensator	18
18	Ohne Überbrückungskondensator	19
19	Mit Überbrückungskondensator	20
20	Diese Abbildungen zeigen den zeitlichen Verlauf der Eingangs- (Blau) und Ausgangsspannung (Gelb) beim Betrieb an der unteren Grenzfrequenz (siehe Abbildung 44,9875 Hz)	21

Tabellenverzeichnis

1	Tabelle der verwendeten Geräte	15
2	Gemessene Werte der Widerstände im Steckbrett. Diese Messungen sind mit dem <i>Fluke 175 TrueRMS</i> gemessen worden. R_C ... Kollektorwiderstand R_E ... Emitterwiderstand R_L ... Lastwiderstand R_1 ... Erster Spannungsteilerwiderstand R_2 ... Zweiter Spannungsteilerwiderstand	15
3	Tabelle mit Messwerten des Arbeitspunkt. Diese Messungen sind mit dem <i>Fluke 175 TrueRMS</i> gemessen worden. U_{CE} ... Kollektoremitterspannung U_{BE} ... Basisemitterspannung V_C ... Kollektorpotential V_B ... Basispotential U_{RC} ... Spannungsabfall über Kollektorwiderstand U_{R1} ... Spannungsabfall über R_1 U_{R2} ... Spannungsabfall über R_2	16

4	Tabelle mit allen ermittelten Verstärkungen $V_u \dots'$ Verstärkung ohne Überbrückungskondensator $V_{u,C_E} \dots'$ Verstärkung mit Überbrückungskondensator $V_{u,-R_E} \dots'$ Verstärkung ohne Emitterwiderstand und ohne Überbrückungskondensator	22
5	Tabelle mit den fehlenden zu berechnenden Größen des Arbeitspunkts $I_C \dots$ Kollektorstrom $I_B \dots$ Basisstrom	23