

PROTOKOLL

zur Laborübung

Breitbandverstärker

HTL
St. Pölten

EL

Gruppe / Klasse 5 / 4BHELS	Protokollführer HOFSTÄTTER A.	Unterschrift
Übungs- / Abgabedatum 18. Nov. 2014 25. Nov. 2014	Mitarbeiter HIRSCH L.	Unterschrift
Lehrer Tillich	Mitarbeiter DÜRAUER J.	Unterschrift
Note	Mitarbeiter	Unterschrift

Breitbandverstärker

BC546

Verwendete Geräte

Nr.	Device	Manufacturer	Type	Place Nr.
1.	Oszilloskope	Tektronix	TDS 1001B	-
2.	Funktionsgenerator	Hameg	HM 8035	-
3.	Power Supply	PS	2403D	-

Verwendete Programme

Nr.	Name	Version
1.	Altium Designer	13
2.	Micro-Cap	11

1 Inhaltsverzeichnis

1	INHALTSVERZEICHNIS	2
2	AUFGABENSTELLUNG	3
2.1	VORGABEWERTE.....	3
2.2	GRUNDPRINZIP.....	3
3	DIMENSIONIERUNG.....	3
3.1	BERECHNUNG R3.....	4
3.2	BERECHNUNG R2.....	4
3.3	BERECHNUNG R1.....	4
3.4	BERECHNUNG C1 UND C2.....	4
3.5	BERECHNUNG C3.....	4
3.6	BERECHNUNG C4.....	4
4	MESSSCHALTUNG.....	4
5	ARBEITSPUNKT.....	5
6	MESSUNGEN AM AUSGANG.....	7
6.1	AUSSTEUERBARKEIT.....	7
6.1.1	MESSERGEBNISSE (100MVPP).....	8
6.1.2	MESSERGEBNISSE (200MVPP).....	8
6.1.3	MESSERGEBNISSE (300MVPP).....	9
7	BODEDIAGRAMM.....	10
7.1	AMPLITUDENGANG	10
7.2	PHASENGANG	10
8	SIMULATION	11
8.1	SIMULATIONSERGEBNISSE	11
8.1.1	TRANSIENTENANALYSE	11
8.1.2	BODEDIAGRAMM (AMPLITUDEN- UND PHASENGANG)	11
9	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	12

2 Aufgabenstellung

Ziel dieser Laborübung war es einen Breitbandverstärker zu bauen. Alle Werte wurden berechnet und der Breitbandverstärker in all seinen Gegebenheiten dimensioniert, berechnet und letztendlich auch aufgebaut.

Konkret wurden folgende Aufgaben durchgeführt.

1. Dimensionierung
2. Messaufbau
3. Messung der Bias Spannungen
4. Messungen am Ausgang
5. Bode Diagramm (Amplituden- und Phasengang)

2.1 Vorgabewerte

Folgende Werte waren Teil der individuellen Aufgabenstellung und wurden für die Dimensionierung als erstes hergenommen.

$$U_b = 15V \quad I_c = 1mA \quad V_u = 30 dB \quad R_A = 10k \quad \beta = 300$$

2.2 Grundprinzip

Ein Breitbandverstärker ist eine Anwendung von vielen für Verstärkern mit Rückkopplung. Bei aufgebauten Breitbandverstärker handelt es sich um eine sogenannte Kaskodenschaltung. (Keine Kaskadenschaltung !)

Bei einer Kaskodenschaltung handelt es sich um eine elektrische Verstärkerschaltung mit mindestens zwei Elektronenröhren beziehungsweise in diesem Fall Transistoren, welche in Serie geschaltet sind.

Hauptvorteil ist die verschwindend geringe Millerkapazität, welche eine höhere Bandbreite erlaubt, aber auch einen höheren Eingangs- und Ausgangswiderstand hervorruft.

Somit verdoppelt sich die Millerkapazität nur und wird nicht ver Hundertfacht.

Als Millerkapazität wird die Vergrößerung der Eingangskapazität eines invertierenden Verstärkers bezeichnet, die aufgrund der effektiven Verstärkung der Kapazität zwischen Ein- und Ausgang dieses Verstärkers auftritt. Dieser Effekt ist meist, wie auch in dieser Laborübung, störend, kann aber auch zum Erzeugen größerer effektiver Kapazitätswerte vorteilhaft genutzt werden.

3 Dimensionierung

Es wurden bei folgenden Berechnungen alle unter **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** `REF_Ref404017125 \h * MERGEFORMAT` **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** gegeben Werte berücksichtigt.

Als erstes wurde die Spannung U_{RE} angenommen. Diese sollte im Bereich 1-2V liegen. Annahme: $U_{RE}=2V$
Damit kann der Emitterwiderstand R_E ausgerechnet werden.

$$R_E = \frac{U_{RE}}{I_C} = \frac{2V}{1mA} = 2k\Omega \rightarrow R_{E2} = 1k8\Omega$$

Danach muss die Spannung U_{CE1} angenommen werden. Auch diese muss im Bereich von 1-2V liegen.
Annahme: $U_{CE1}=2V$

$$U_{RC} = U_{CE2} = \frac{U_b - U_{RE} - U_{CE1}}{2} = \frac{15V - 2V - 2V}{2} = 5,5V$$

$$R_C = \frac{U_{RC}}{I_C} = \frac{5,5 V}{1 mA} = 5,5 k\Omega \rightarrow R_C = 5k6 \Omega$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{1 mA}{300} = 3,3 \mu A$$

Zuletzt wird noch der Strom I_Q für den Spannungsteiler angenommen. Dieser wird 20mal so groß wie I_B angenommen. Daraus folgt: $I_Q = I_B * 20 = 3,3 \mu A * 20 = 66 \mu A$. Dies wird für die Berechnung der drei Widerstände benötigt welche den Arbeitspunkt einstellen. $U_{BE}=0,7 V$.

3.1 Berechnung R3

$$U_{B1} = U_{RE} + U_{BE} = 2,7 V$$

$$R_3 = \frac{U_{B1}}{I_Q} = \frac{2,7 V}{66 \mu A} = 40,91 k\Omega \rightarrow R_3 = 39 k\Omega$$

3.2 Berechnung R2

$$U_{B2} = U_{B1} + U_{CE1} = 4,7 V$$

$$R_2 = \frac{U_{B2} - U_{B1}}{I_Q} = \frac{2 V}{66 \mu A} = 30,303 k\Omega \rightarrow R_2 = 33 k\Omega$$

3.3 Berechnung R1

$$R_1 = \frac{U_B - U_{B2}}{I_Q} = \frac{15 V - 4,7 V}{66 \mu A} = 156,06 k \rightarrow R_1 = 150 k\Omega$$

$$r_F = \frac{U_I}{I_C} = \frac{26 mV}{1 mA} = 26 \Omega$$

$$|V_u| = \left| \frac{\frac{1}{\frac{1}{R_C} + \frac{1}{R_2}}}{r_F + R_{E1}} \right| = \frac{3k5}{r_F + R_{E1}} = 30 \Rightarrow R_{E1} = \frac{3k5}{30} - 26 = 100 \Omega$$

3.4 Berechnung C1 und C2

$$C_1 = C_2 = \frac{1}{2\pi * [R_2 // R_3 // \beta * (r_F + R_{E1})]} = \frac{1}{2\pi * [33k // 39k // \beta * (26 + 39k)]} = 131,14 nF$$

$$\rightarrow C_1 = C_2 = 100 nF$$

3.5 Berechnung C3

$$C_3 = \frac{1}{2\pi * f_g * (R_{E2} // R_{E1})} = \frac{1}{2\pi * f_g * (1k8 // 100k\Omega)} = 16,8 \mu F \rightarrow C_3 = 15 \mu F$$

3.6 Berechnung C4

$$C_4 = \frac{1}{2\pi * f_g * (R_A + R_C)} = \frac{1}{2\pi * 100 Hz * (10k + 5k6)} = 102 nF \rightarrow C_4 = 100 nF$$

4 Messschaltung

Folgende Schaltung zeigt verwendete Messschaltung inklusive aller dimensionierten Werten.

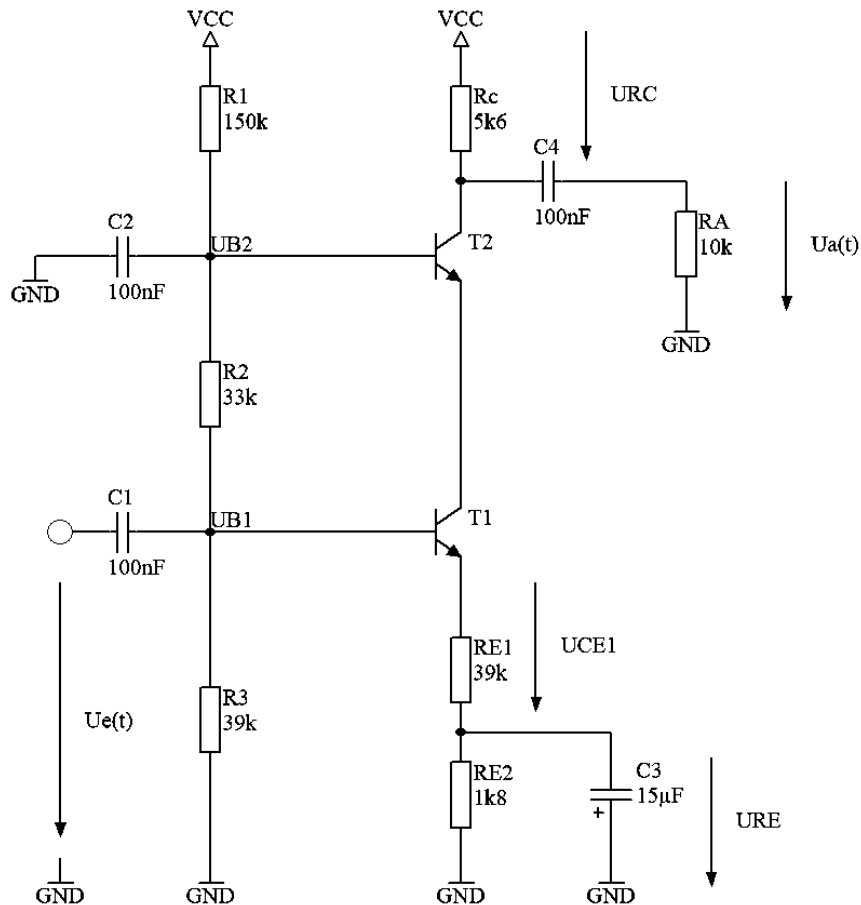


Abbildung 1. - Aufgebaute Messschaltung

5 Arbeitspunkt

Der Arbeitspunkt wurde gemessen und mit den berechneten Werten verglichen. Die Messungen der BIAS Voltage brachten folgende Ergebnisse.

	Gemessen [V]	Berechnet [V]
U_{B1}	2,56	2,7
U_{B2}	4,60	4,7
U_{RC}	5,80	5,5
U_{CE1}	2,10	2,0
U_{CE2}	5,05	5,5
U_{RE}	1,80	2,0

Eine weitere Messung der Potentiale $UB2$ und $UB1$ am Oszilloskop soll zeigen, in welchem Bereich sich die Spannungen zur Versorgungsspannung befinden. Dazu wurden die Masselinie und eine Linie für die Versorgungsspannung eingezeichnet.

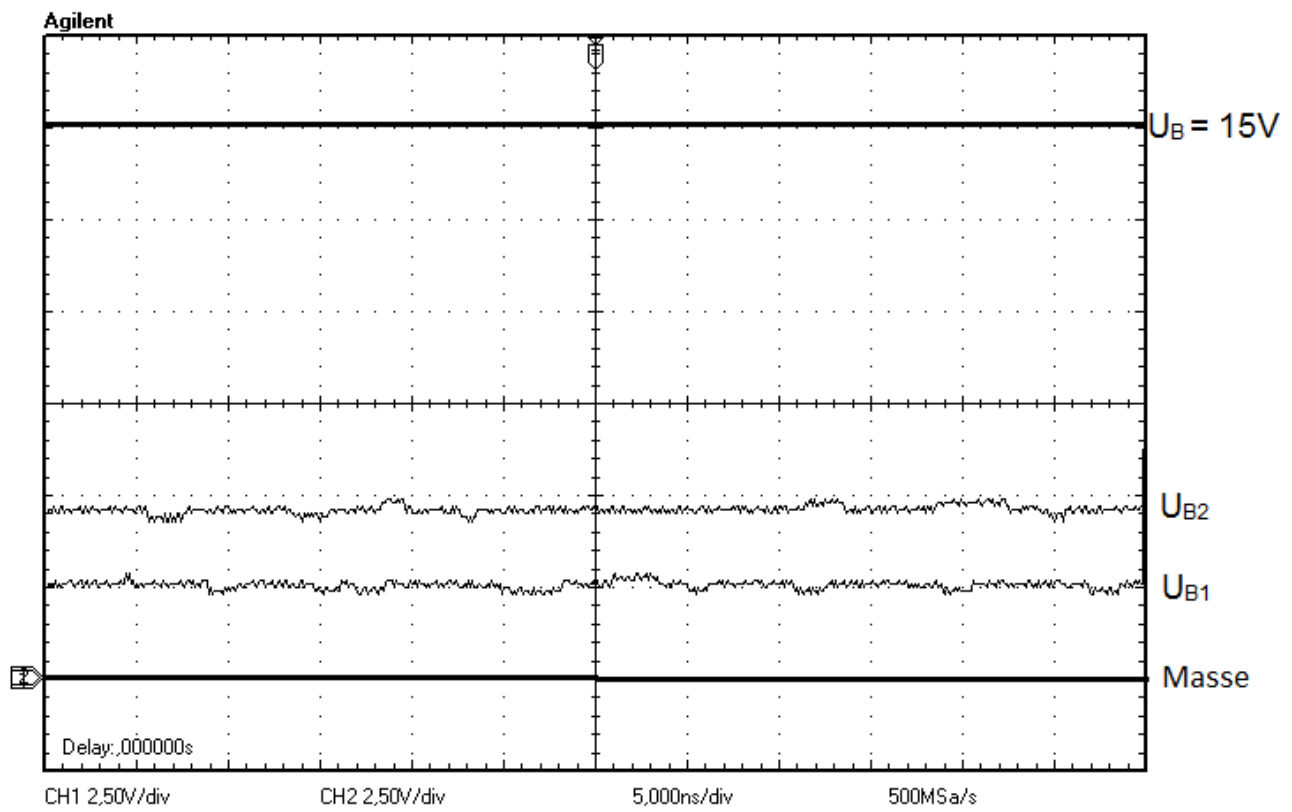


Abbildung 2. - Vergleichsspannungen

6 Messungen am Ausgang

Es wurde ein Sinus mit 1kHz und einer Amplitude von 100mVpp am Eingang des Breitbandverstärkers angelegt. Die folgende Abbildung zeigt das Eingangssignal (UE CH2) und das Ausgangssignal (UA CH1). Anhand dieser Abbildung (Abb.3) kann man erkennen, dass der Verstärker das Signal invertiert. Anders ausgedrückt ist das Ausgangssignal einfach um 180° phasenverschoben.

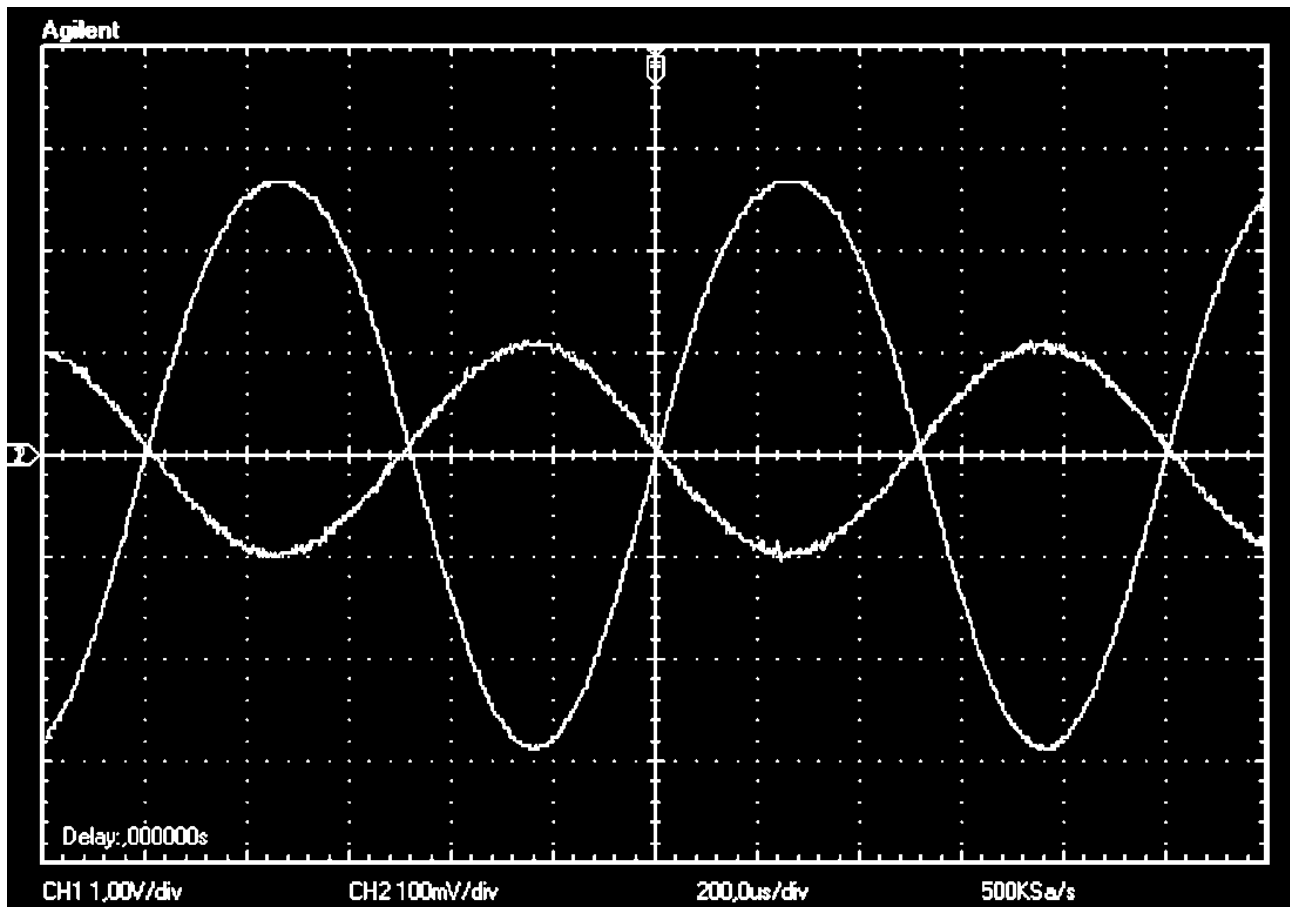


Abbildung 3. - Eingangssignal mit 100 mVpp und 1 kHz

6.1 Aussteuerbarkeit

Die nächsten Messungen zeigen die Aussteuerbarkeit der Schaltung. Dazu wurde am Eingang ein Sinus mit 1kHz und eine variable Amplitude von 100mVpp, 200mVpp und 300mVpp angelegt.

Aus den Ergebnissen folgender Messungen ist zu erkennen, dass der Verstärker ohne in Sättigung zu kommen korrekterweise nur im Bereich von 1-100mVpp arbeiten kann.

6.1.1 Messergebnisse (100mVpp)

Die erste Messung wurde mit einer Amplitude von 100mVpp durchgeführt. Es ist zu erkennen, dass das Signal nicht großartig gedämpft wird und in seiner Ursprungsform noch vorhanden ist.

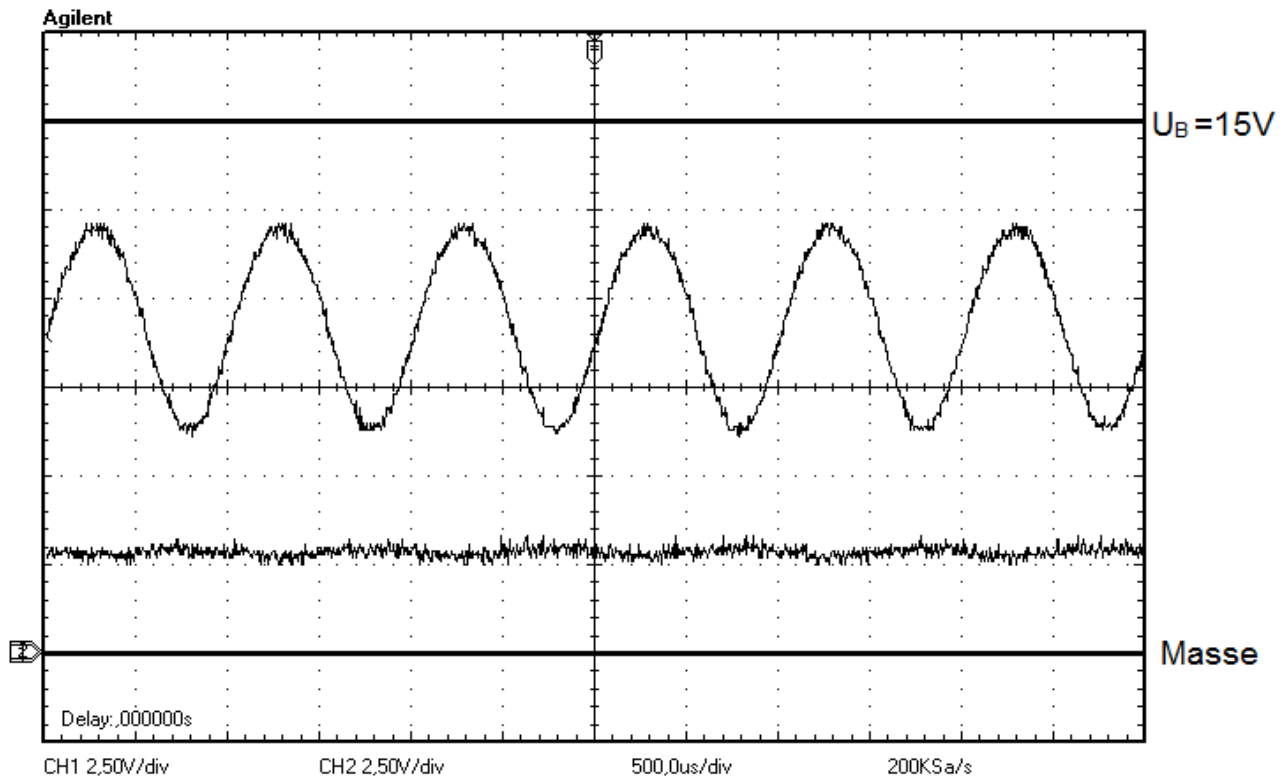


Abbildung 4. - Aussteuerbarkeit (100mVpp)

6.1.2 Messergebnisse (200mVpp)

Die zweite Messung (Abb.4) wurde mit einer Amplitude von 200mVpp durchgeführt. Hier ist zu erkennen, dass das Ausgangssignal nicht mehr symmetrisch ist und bereits etwas abgeschliffen ist.

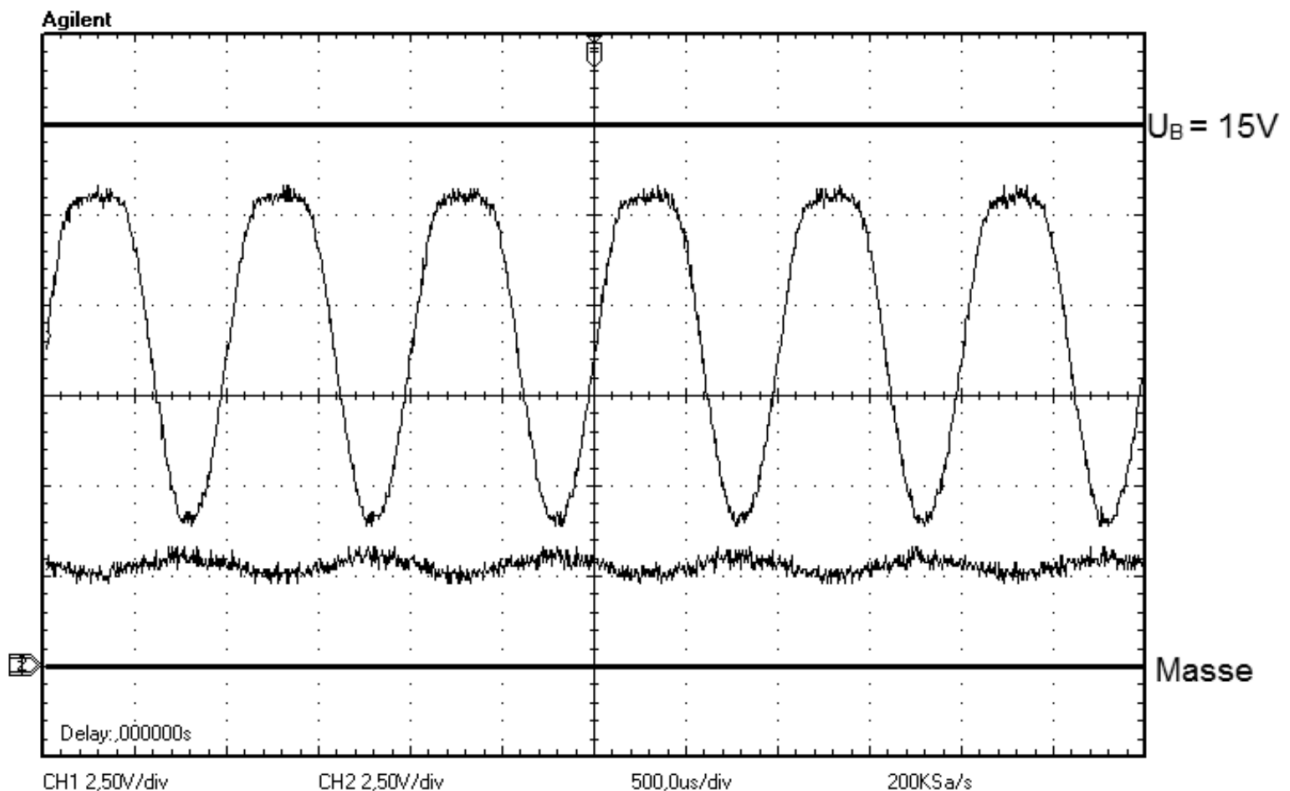


Abbildung 5. - Aussteuerbarkeit (200mVpp)

6.1.3 Messergebnisse (300mVpp)

Die dritte Messung wurde mit einer Amplitude von 300mVpp durchgeführt. Auch hier ist zu erkennen, dass das Ausgangssignal nicht mehr symmetrisch ist. Jedoch ist das Signal viel stärker abgeschnitten als bei der Messung zuvor. Der Verstärker ist dadurch stark übersteuert.

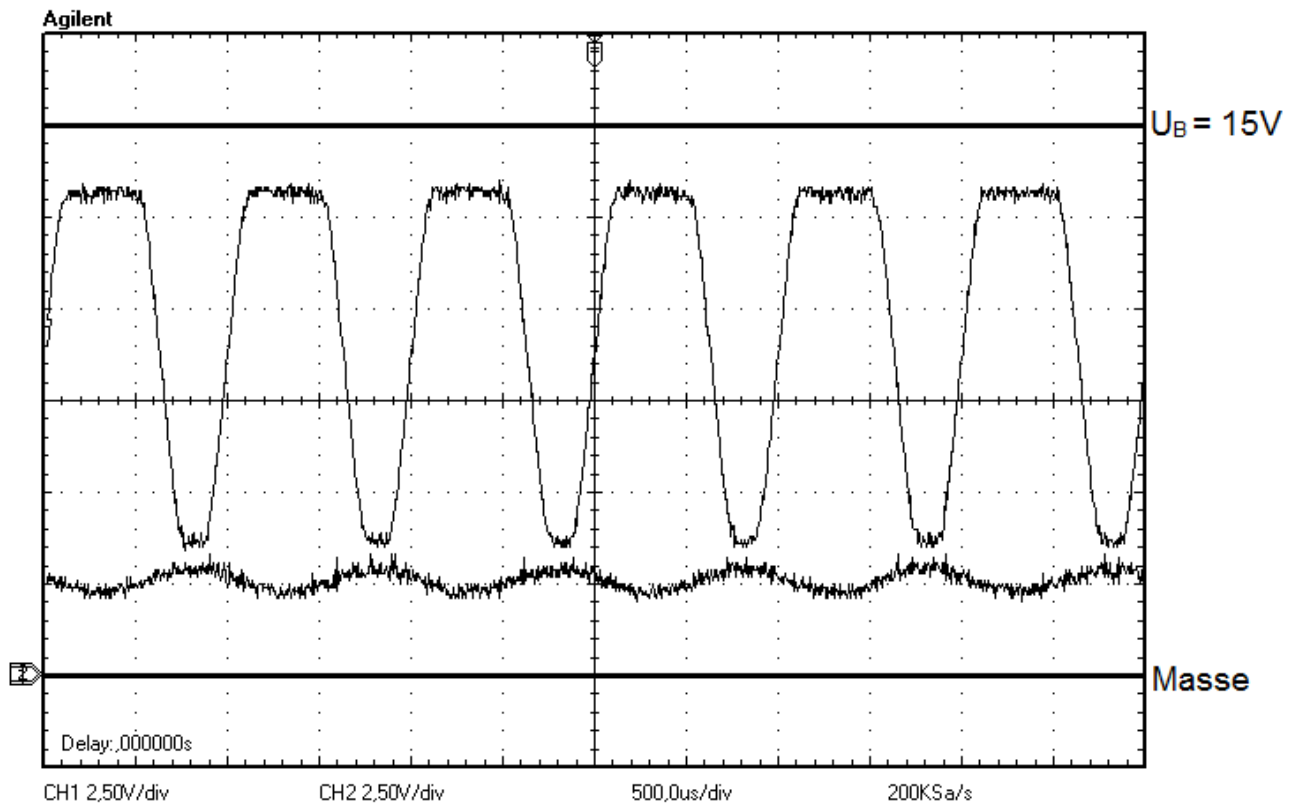


Abbildung 6. - Aussteuerbarkeit (300mVpp)

7 Bodediagramm

7.1 Amplitudengang

Am Amplitudengang (Abb.7) lässt sich erkennen, dass der Verstärker erst ab ca. 100Hz seine volle Ausgangsleistung erreicht. Und diese bei 10MHz wieder stark abfällt. Dies ist auf Grund der Tief- und Hochpässe, die sich in der Schaltung befinden. Auch die Millerkapazität mischt hier stark mit.

Amplitudengang

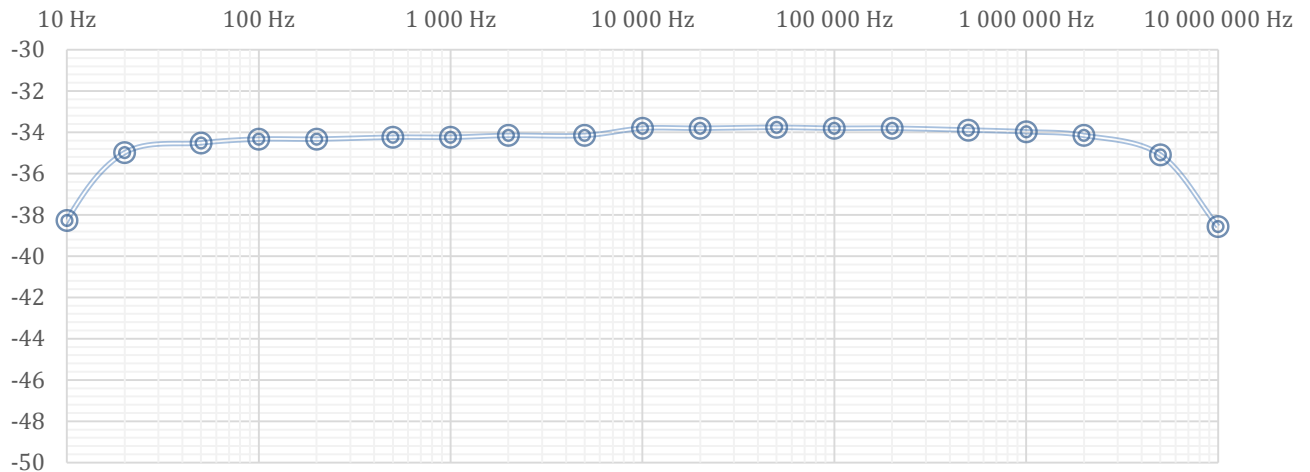


Abbildung 7. - Bodediagramm des Breitbandverstärkers

7.2 Phasengang

Phasengang

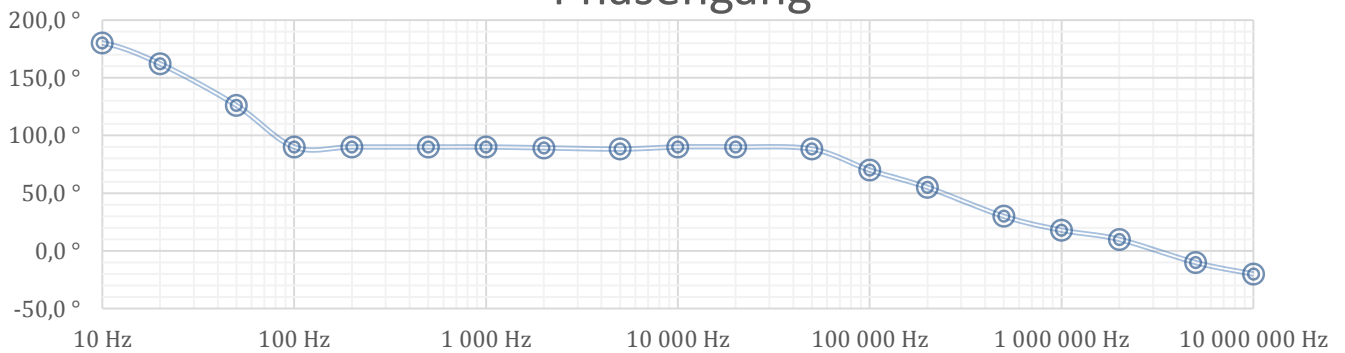


Abbildung 8. - Phasengang des Breitbandverstärkers

8 Simulation

Um die gemessenen Ergebnisse zu bestätigen wurde zusätzlich zum Messaufbau die gesamte Schaltung in Micro-Cap simuliert.

8.1 Simulationsergebnisse

8.1.1 Transientenanalyse

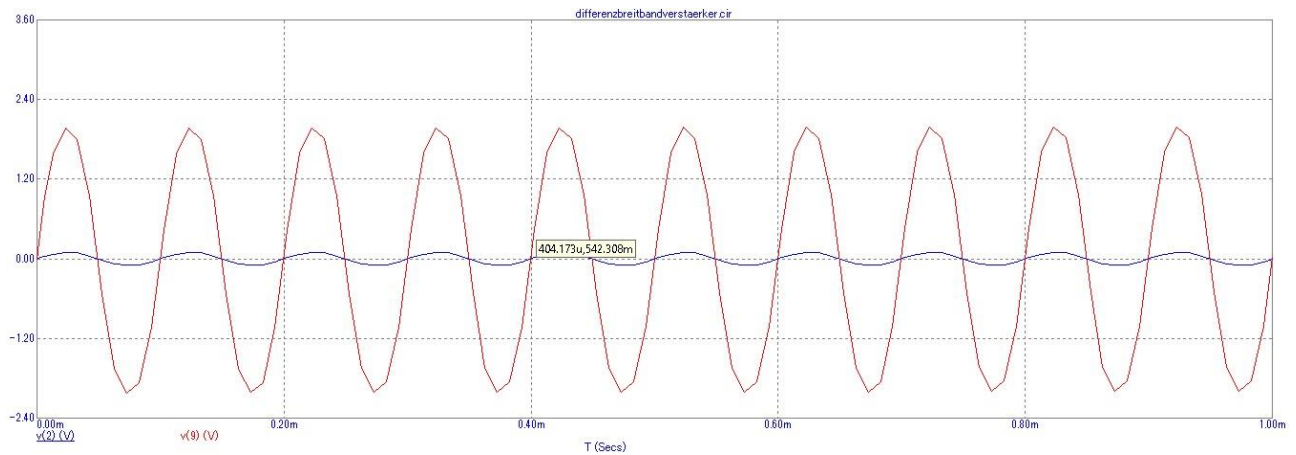


Abbildung 9. - Simulation der Transientenanalyse mit Micro-Cap

8.1.2 Bodediagramm (Amplituden- und Phasengang)

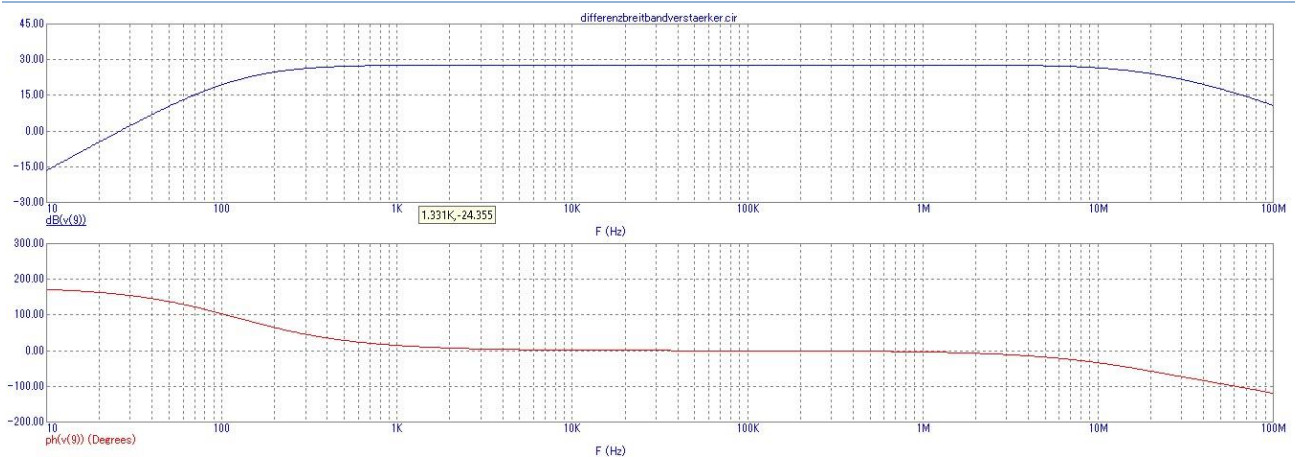


Abbildung 10. - Simulation des Bodediagramm mit Micro-Cap

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. - Aufgebaute Messschaltung	5
Abbildung 2. - Eingangssignal mit 100 mVpp und 1 kHz	7
Abbildung 3. - Aussteuerbarkeit (100mVpp)	8
Abbildung 4. -- Aussteuerbarkeit (200mVpp)	8
Abbildung 5. - Aussteuerbarkeit (300mVpp)	9
Abbildung 6. - Bodediagramm des Breitbandverstärkers	10
Abbildung 7. - Phasengang des Breitbandverstärkers.....	10
Abbildung 8. - Simulation der Transientenanalyse mit Micro-Cap	11
Abbildung 9. - Simulation des Bodediagramm mit Micro-Cap.....	11