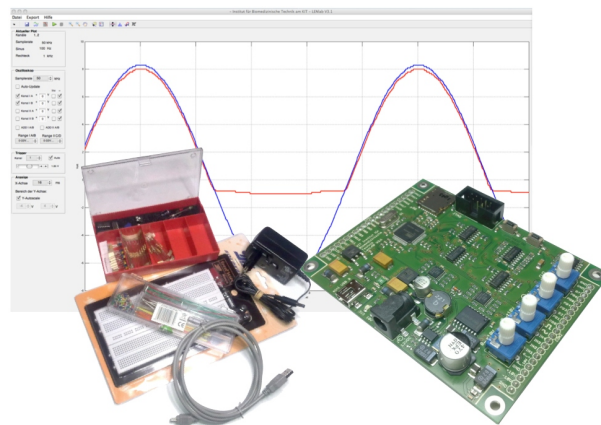


Kurs 2

Analoge Filter und Schaltungsanalyse



Gruppe 14

Vorname	Nachname	Matrikel-Nr.	u-Account	E-Mail
Lucas Antonie	Romier	2214444	ukhie	lucas.romier@gmail.com
Aleksandra Marta	Wrzeszcz	2239492	ubsyj	a.wrzeszcz98@o2.pl
Timo Johannes	Weber	2253834	uhoiz	timo_weber@online.de

23. Januar 2019

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbereitung	4
2	Einleitung	5
2.1	Motivation	5
2.2	Literaturrecherche	5
3	Aufgaben	6
3.1	Filterschaltungen	6
3.1.1	Materialien & Methoden	6
3.1.2	Ergebnisse	10
3.1.3	Diskussion	10
3.2	Addierschaltung	12
3.2.1	Materialien & Methoden	12
3.2.2	Ergebnisse	14
3.2.3	Diskussion	14
4	Literaturverzeichnis	15

Abbildungsverzeichnis

1	Aufbau des Hochpasses	6
2	Bodediagramm des Hochpasses	8
3	Aufbau des Tiefpasses	8
4	Bodediagramm des Tiefpasses	9
5	Gesamtschaltung des Filters	11
6	Addierschaltung des Hoch- und Tiefpasses	12
7	Ausgangsspannung des Addierers	12
8	Ausgangsspannung des Addierers mit invertiertem Tiefpass mit $R_1 = R_2 = 0$	13
9	Ausgangsspannung des Addierers mit invertiertem Tiefpass mit $R_1 = 10k\Omega$ und $R_2 = 90k\Omega$	13
10	Ausgangsspannung des Addierers mit invertiertem Tiefpass mit $R_1 = 90k\Omega$ und $R_2 = 10k\Omega$	14

Tabellenverzeichnis

1	Arbeitsaufteilung in der Gruppe	4
2	Genutzte Materialien	4

1 Vorbereitung

Arbeitsaufteilung:

Tabelle 1: Arbeitsaufteilung in der Gruppe

Aufgabe	Lucas	Aleksandra	Timo
Motivation		x	
Literaturrecherche			x
1.2 Filterschaltungen	x	x	x
1.3 Addierschaltung	x	x	x
Dokumentation	x	x	x
Diskussionen	x	x	x
Bericht & Spice	x		

Genutzte Materialien:

Tabelle 2: Genutzte Materialien

Bauteiltyp	Beschreibung	Wert
Digital-Analog-Wandler	MCP4922, 1x	
Operationsverstärker	MCP6002, 4x	
Kondensatoren	Keramik- und Elektrolytkondensatoren, bis 100 nF: 10% Toleranz, ab 470 nF: 20% Toleranz, 4x oder 2x	diverse: 10 nF, 22 nF, 33 nF 47 nF, 68 nF, 100 nF 470 nF, 10 μ F, 100 μ F
Widerstände	Kohleschichtwiderstände, 1/4 W, 5% Toleranz, jeweils 10x	E6-Reihe: 100 Ω , 220 Ω , 470 Ω 1 k Ω , 1,5 k Ω , 2,2 k Ω 3,3 k Ω , 4,7 k Ω , 6,8 k Ω 10 k Ω , 15 k Ω , 22 k Ω 33 k Ω , 47 k Ω , 68 k Ω 100 k Ω , 220 k Ω , 1 M Ω
Potentiometer	Potentiometer, 2x	0...100 k Ω

2 Einleitung

2.1 Motivation

2.2 Literaturrecherche

3 Aufgaben

3.1 Filterschaltungen

3.1.1 Materialien & Methoden

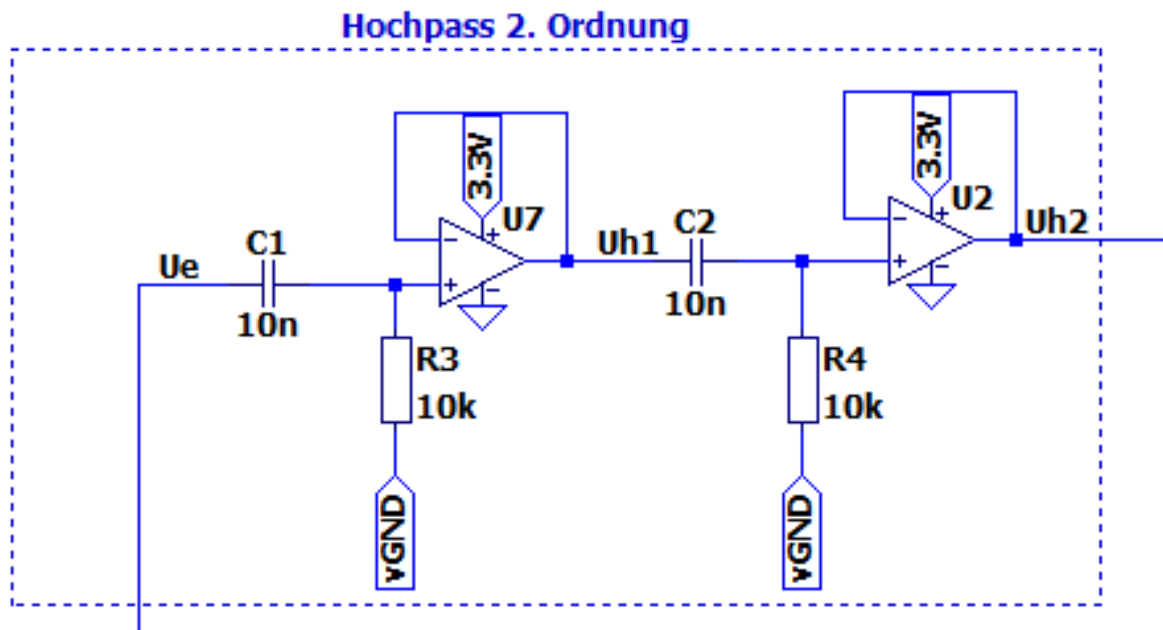


Abbildung 1: Aufbau des Hochpasses

In der Aufgabenstellung wird ein Hochpass der Ordnung zwei gefordert. Diese Anforderung realisieren wir mittels zwei typischer RC-Höchpässe. Diese sind über einen Spannungsfolger gekoppelt. Der gesamte Hochpass ist mit einem weiteren Spannungsfolger vom weiteren Verlauf der Schaltung sicher in Hinsicht auf Rückkopplungen und unzulässiger Ströme abgetrennt.

Um die Kondensatoren und die Widerstände zu dimensionieren, betrachten wir die Frequenzen des Sprachbereiches. Nach diesem Bereich richtet sich dann unsere Grenzfrequenz. Aus der Abbildung der Aufgabenstellung ergibt sich für den Hauptsprachbereich bei normalem Gespräch ein Frequenzbereich von ca. 175Hz - 4000Hz. Unsere angestrebte Frequenz liegt daher in der Mitte bei ca. 1600Hz. Bei der Dimensionierung ergeben sich zwei Unbekannte (Widerstand und Kondensator). Dabei wählen wir für den Kondensator 10nF, da unsere Anzahl an Kondensatoren begrenzt ist und wir weitaus mehr Widerstände besitzen und diese durch geschickte Kombination variieren können. Für die Grenzfrequenz gilt folgende Formel mit $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$:

$$\omega = \frac{1}{R \cdot C} \quad (1)$$

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot C \cdot R} \quad (2)$$

Wir wählen für den Wert unserer Widerstände daher $10k\Omega$. Mit den $10nF$ der Kondensatoren ergibt sich eine Grenzfrequenz von $1591.6Hz$, welche unserem angestrebten Wert fast entspricht. Die Abweichung von $8.4Hz$ liegt im Toleranzbereich.

Die Übertragungsfunktion ergibt sich aus der Spannungsteilerregel und dem Verhältnis U_{h2} zu U_e :

$$\begin{aligned} \frac{U_a}{U_e} &= \frac{R}{((C + R) \parallel R) + C} \\ C + R &= \frac{1}{j\omega C} + R = R - j\frac{1}{\omega C} \\ (C + R) \parallel R &= \frac{R(R - j\frac{1}{\omega C})}{(R - j\frac{1}{\omega C}) + (R + j\frac{1}{\omega C})} = \frac{R^2 - j\frac{R}{\omega C}}{2R - j\frac{1}{\omega C}} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} ((C + R) \parallel R) + C &= \frac{R^2 - j\frac{R}{\omega C}}{2R - j\frac{1}{\omega C}} + \frac{1}{j\omega C} \\ &= \frac{R^2 - j\frac{R}{\omega C}}{2R - j\frac{1}{\omega C}} - j\frac{1}{\omega C} \\ &= \frac{(R^2 - j\frac{R}{\omega C})(2R - j\frac{1}{\omega C})}{4R^2 + \frac{1}{(\omega C)^2}} - j\frac{1}{\omega C} \\ &= \frac{2R^3 + j\frac{R^2}{\omega C} - j\frac{2R^2}{\omega C} + \frac{R}{(\omega C)^2}}{4R^2 + \frac{1}{(\omega C)^2}} - j\frac{1}{\omega C} \\ &= \frac{2R^3 - j\frac{R^2}{\omega C} + \frac{R}{(\omega C)^2}}{4R^2 + \frac{1}{(\omega C)^2}} - j\frac{1}{\omega C} \end{aligned} \quad (4)$$

$$U_a(f) = \left(\frac{2R^3 - j\frac{R^2}{\omega C} + \frac{R}{(\omega C)^2}}{4R^2 + \frac{1}{(\omega C)^2}} - j\frac{1}{\omega C} \right) \cdot U_e(f) \quad (5)$$

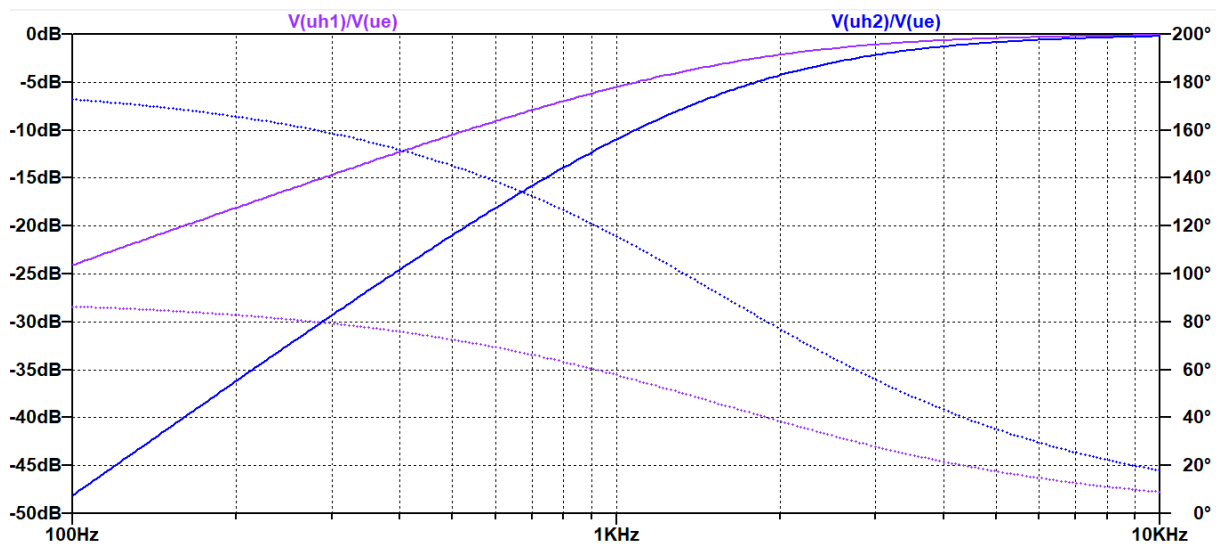


Abbildung 2: Bodediagramm des Hochpasses

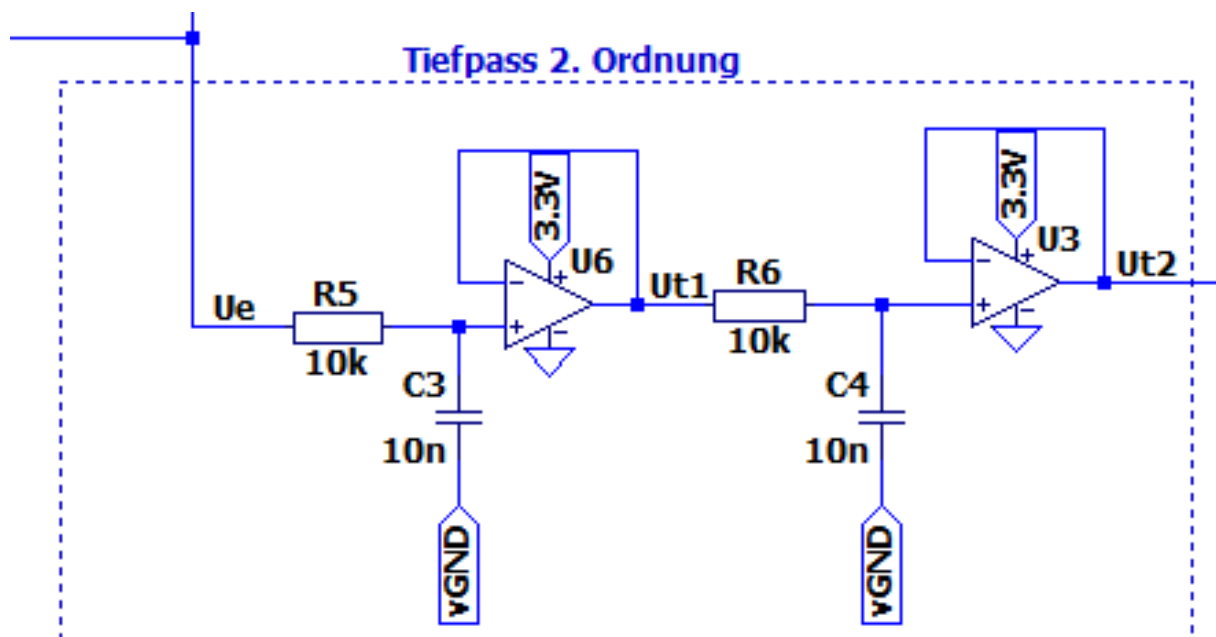


Abbildung 3: Aufbau des Tiefpasses

In der Aufgabenstellung wird zudem ein Tiefpass der Ordnung zwei gefordert. Diese Anforderung realisieren wir mittels zwei typischer RC-Tiefpässe. Diese sind über einen Spannungsfollower gekoppelt. Der gesamte Tiefpass ist mit einem weiteren Spannungsfollower vom weiteren Verlauf der Schaltung sicher in Hinsicht auf Rückkopplungen und unzulässiger Ströme abgetrennt.

Wir wählen für unsere Kondensatoren und Widerstände die analogen Werte zum Hochpass, da wir die selbe Grenzfrequenz anstreben und die Frequenzformel des Hochpasses analog für den Tiefpass gilt. Somit erhalten wir auch hier eine Grenzfrequenz von 1591.6Hz .

Die Übertragungsfunktion ergibt sich gleichermaßen aus der Spannungsteilerregel und dem Verhältnis U_{t2} zu U_e :

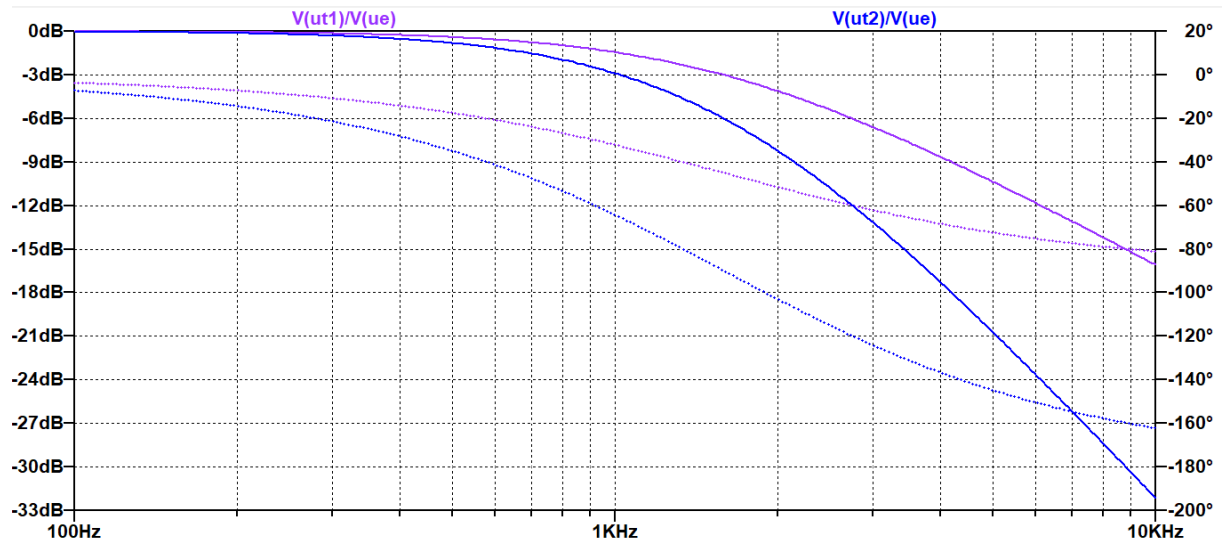


Abbildung 4: Bodediagramm des Tiefpasses

3.1.2 Ergebnisse

3.1.3 Diskussion

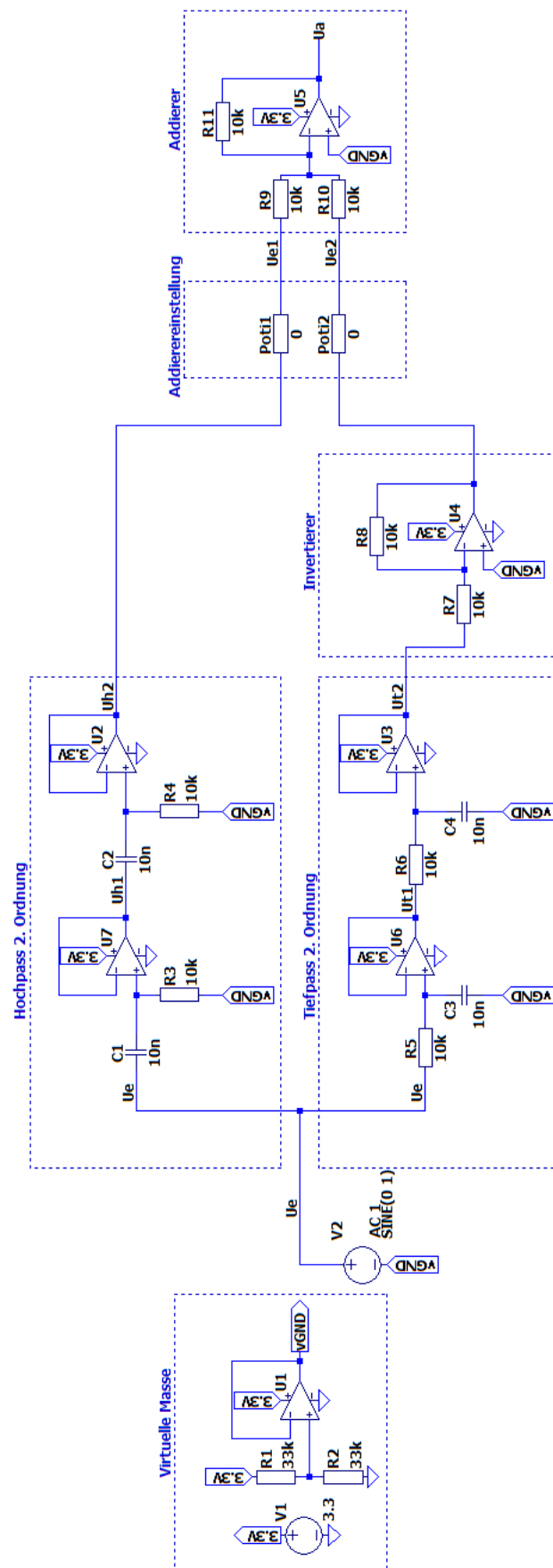


Abbildung 5: Gesamtschaltung des Filters

3.2 Addierschaltung

3.2.1 Materialien & Methoden

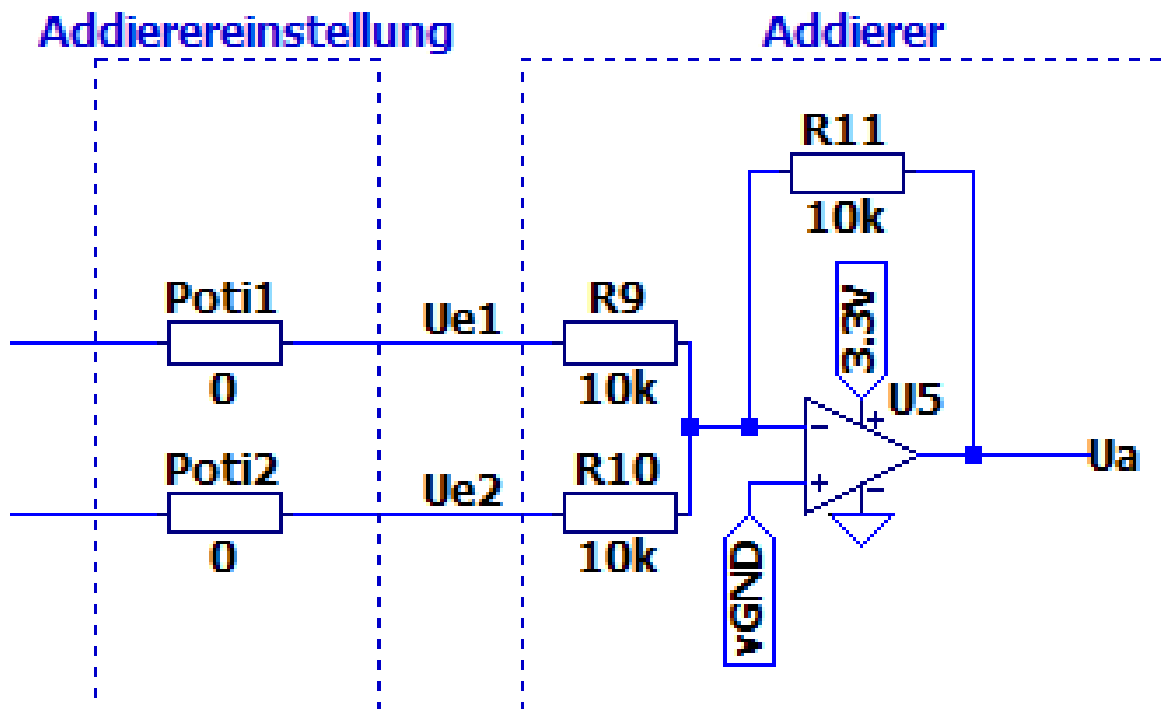


Abbildung 6: Addiererschaltung des Hoch- und Tiefpasses

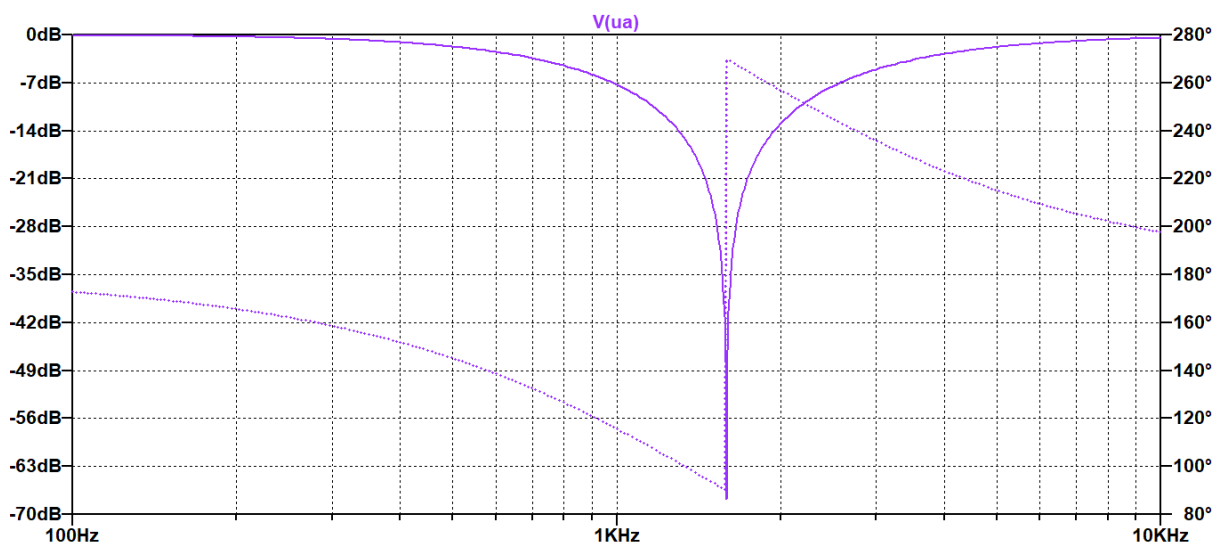


Abbildung 7: Ausgangsspannung des Addierers

Die ermittelte Kurve zeigt, dass einer der Filter eine negative Spannung erzeugt. Nach weiteren Simulationen mit Spice wurde festgestellt, dass der Tiefpass negative Spannungen erzeugt. Aufgrund dessen muss das Ausgangssignal des Tiefpasses invertiert werden, da sonst die Ausgangssignale nicht addiert, sondern subtrahiert werden.

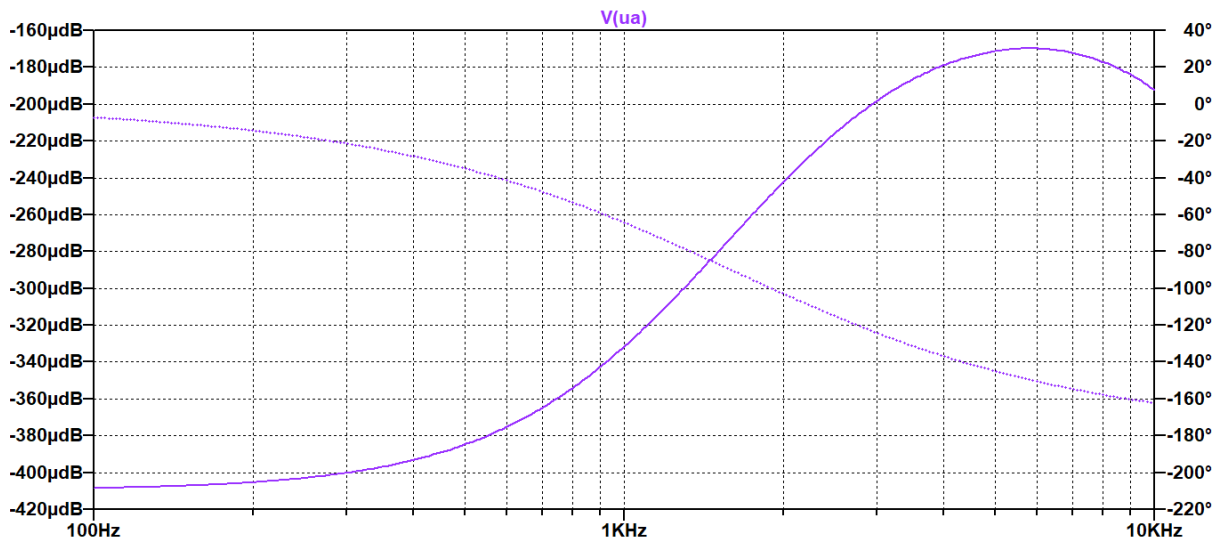


Abbildung 8: Ausgangsspannung des Addierers mit invertiertem Tiefpass mit $R_1 = R_2 = 0$

Wir beobachten nun eine maximale Dämpfung des Signals bei 100Hz und Maximum bei ca 6000Hz. Die Funktion verläuft nun stetig ohne abrupte Änderung.

Einen solchen Filter bezeichnet man als 2-Band-Equalizer, da dieser aus einem kombinierten Hoch- und Tiefpass besteht und die jeweiligen Ausgangssignale des Hoch- und Tiefpasses einstellbar kombiniert werden können.

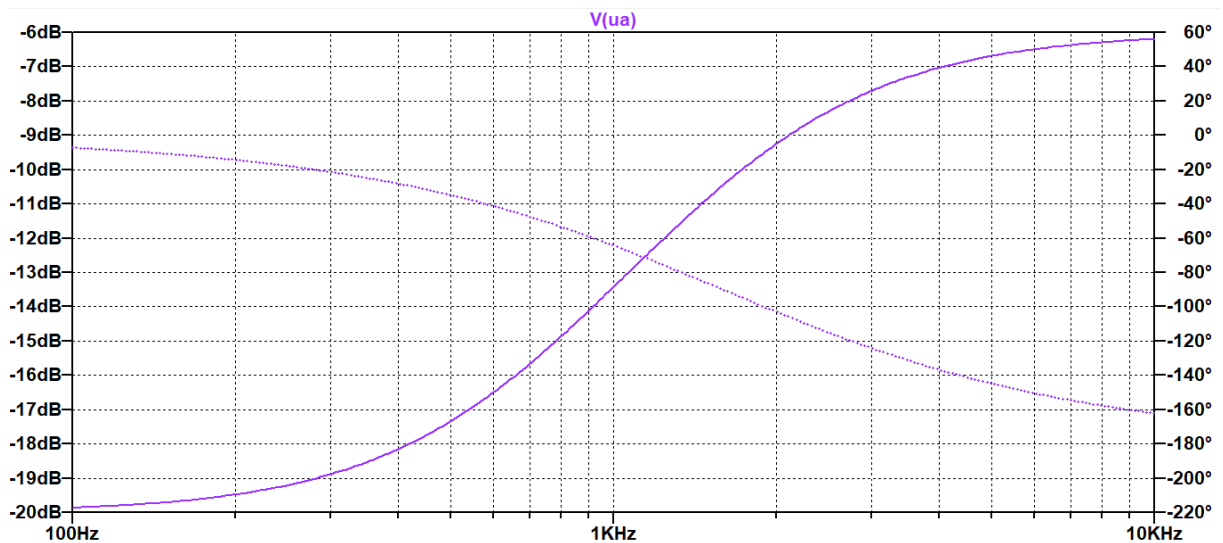


Abbildung 9: Ausgangsspannung des Addierers mit invertiertem Tiefpass mit $R_1 = 10k\Omega$ und $R_2 = 90k\Omega$

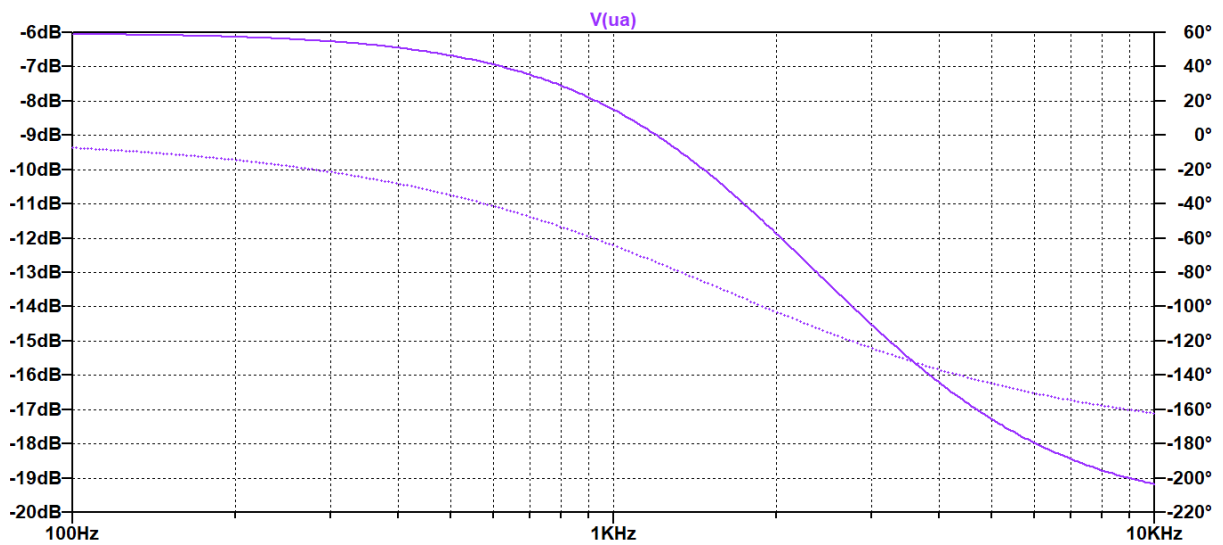


Abbildung 10: Ausgangsspannung des Addierers mit invertiertem Tiefpass mit $R_1 = 90k\Omega$ und $R_2 = 10k\Omega$

Durch die Einstellungen an den Potentiometern lässt sich einstellen, welche Frequenzbereiche gedämpft werden sollen.

3.2.2 Ergebnisse

3.2.3 Diskussion

4 Literaturverzeichnis

Literaturverzeichnis