

HÖHERE TECHNISCHE BUNDESLEHRANSTALT HOLLABRUNN

Höhere Abteilung für Elektronik – Technische Informatik

Klasse/ Jahrgang: 5BHEL	Gruppe: 1b	Übungsleiter: Prof. Prior
Übungsnummer: 2 / 3	Übungstitel: Amplitudenmodulation	
Datum der Übung: 15. 12. 2015	Teilnehmer: Dorner, Mötz, Oberhamberger, Prinz	
Datum der Abgabe: 12. 01. 2016	Schriftführer: Mötz Florian	Unterschrift:

	Beurteilung
Aufgabenstellung	
Dokumentation	
Messschaltungen	
Messtabellen	
Berechnungen	
Programmlistings	
Auswertung	
Diagramme	
Berechnungen	
Simulationen	
Schlussfolgerungen	
Kommentare	
Inventarliste	
Messprotokoll	
Form	
Summe	

Allgemeiner Teil

Titel der Übung: Amplitudenmodulation

Übungsnummer: 2 / 3

Übungsplatz: T2

Datum der Übung: 15. 12. 2015

Klasse: 5BHEL

Schriftführer: Mötz Florian

Übungsteilnehmer: Dorner Fabian
Oberhamberger Christoph
Prinz Bernhard

Inhaltsverzeichnis

1.	Amplitudenmodulator.....	4
1.1	Theoretische Grundlagen	4
1.2	Aufgabenstellung.....	4
1.3	Schaltung	4
1.4	Schaltung	5
1.5	Dimensionierung	5
1.6	TL081	5
1.7	Mischer	6
1.8	Aufbau	7
1.9	Einstellen des Offsets	9
1.10	Anschließen des Mixers	9
1.11	Messung verschiedener Modulationsindexe	10
1.12	Empfangstest mit Radio	12
2.	Integrierter Amplitudenmodulator	12
2.1	Aufgabenstellung.....	12
2.2	AD633JN	12
2.3	Schaltung	13
2.4	Aufbau	13
3.	Amplitudendemodulator (Hüllkurvendemodulator).....	14
3.1	Aufgabenstellung.....	14
3.2	Schaltung	14
3.3	Schaltungsbeschreibung.....	14
3.4	Dimensionierung	15
3.5	Aufbau	16
3.6	Messung Phasenverschiebung	16
3.7	Messung TP-Verhalten	17
4.	Erkenntnisse	17
5.	Inventarliste.....	18
6.	Messprotokoll.....	19

1. Amplitudenmodulator

1.1 Theoretische Grundlagen

Die Amplitudenmodulation ist ein Modulationsverfahren, bei dem die Amplitude eines Trägersignals (= hochfrequentem Signals) als Funktion des Nutzsignals moduliert wird.

Das Spektrum des AM-Signals besteht aus dem Trägersignal und 2 Seitenbändern, welche beide denselben Informationsgehalt führen. Dadurch ist für die Nachrichtenübermittlung theoretisch nur 1 Seitenband erforderlich. Weiters führt das Trägersignal, welches die Hälfte der gesamten Sendeleistung beinhaltet, ohne jeglichen Informationsgehalt des Nutzsignals und demnach nicht erwünscht.

Eine wichtige Kenngröße der Amplitudenmodulation ist der so genannte Modulationsindex m , welcher angibt, wie stark das modulierende Nutzsignal die Amplitude des Trägersignals beeinflusst.

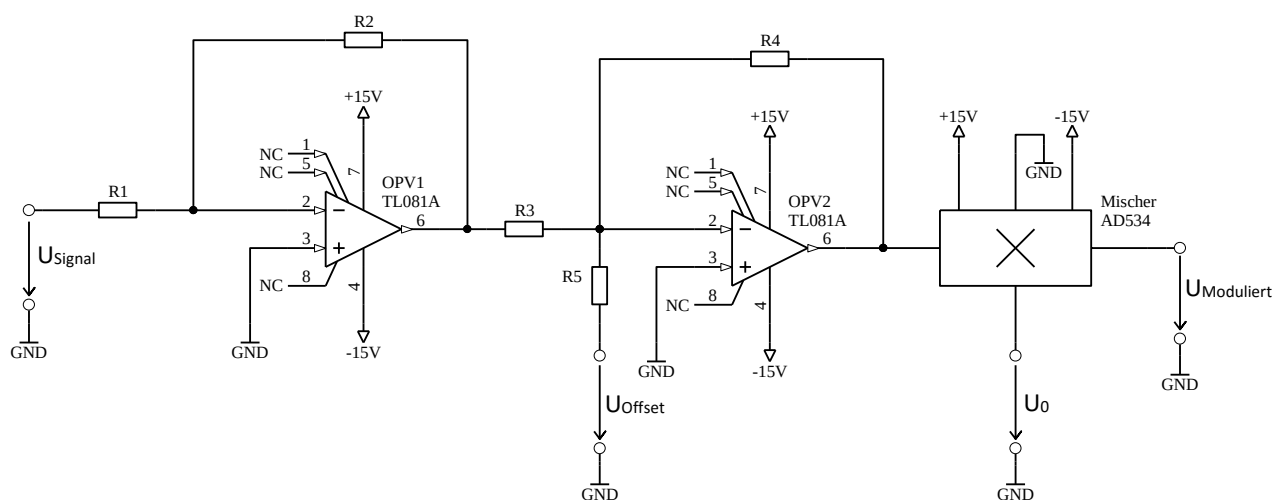
$$m = \frac{\hat{s}_s}{\hat{s}_0}$$

1.2 Aufgabenstellung

Die erste Aufgabe bestand darin, einen Amplitudenmodulator zu dimensionieren und aufzubauen. Die Schaltung des Modulators wurde aus der Übungsvorbereitung entnommen.

Der Modulator sollte eine Sinusschwingung mit einer Frequenz von 2kHz und einer Spannung von 20mV_{pp} mit einer sinusförmigen Trägerschwingung mit einer Frequenz von 620kHz und einer Spannung von 2V_{pp} modulieren.

1.3 Schaltung



1.4 Schaltung

Der OPV1 dient als Verstärker des Eingangssignals U_{Signal} für die weitere Verarbeitung / Mischung. Dabei soll der OPV das Eingangssignal von $20 \text{ mV}_{\text{pp}}$ auf eine Spannung von 2 V_{pp} verstärken.

Der OPV2 dient als Addierer des Eingangssignals mit der Offset-Spannung U_{Offset} .

Der Mischer multipliziert das von OPV2 stammende Signal (Eingangsspannung + Offset) mit dem Trägersignal U_0 und generiert dadurch ein Amplitudenmoduliertes Signal.

1.5 Dimensionierung

Die Widerstände der Schaltung musste entsprechend den vorgegebenen Werten dimensioniert werden:

OPV1:

„Verstärkung von $20 \text{ mV}_{\text{pp}}$ auf 2 V_{pp} “:

$$G_{OPV1} = \frac{2V}{20 \text{ mV}} = 100 \quad \rightarrow \quad \frac{R2}{R1} = G_{OPV1} = 100$$

Der Widerstand $R1$ wurde mit $1 \text{ k}\Omega$ angenommen:

$$R1 = \underline{1 \text{ k}\Omega}$$

$$R2 = G_{OPV1} * R1 = 100 * 1 \text{ k}\Omega = \underline{100 \text{ k}\Omega}$$

OPV2:

„keine Verstärkung“:

$$G_{OPV2} = 1 \quad \rightarrow \quad \frac{R4}{R3} = G_{OPV2} = 1$$

Der Widerstand $R3$ wurde mit $1 \text{ k}\Omega$ angenommen:

$$R3 = \underline{1 \text{ k}\Omega}$$

$$R4 = G_{OPV2} * R3 = 1 * 1 \text{ k}\Omega = \underline{1 \text{ k}\Omega}$$

1.6 TL081

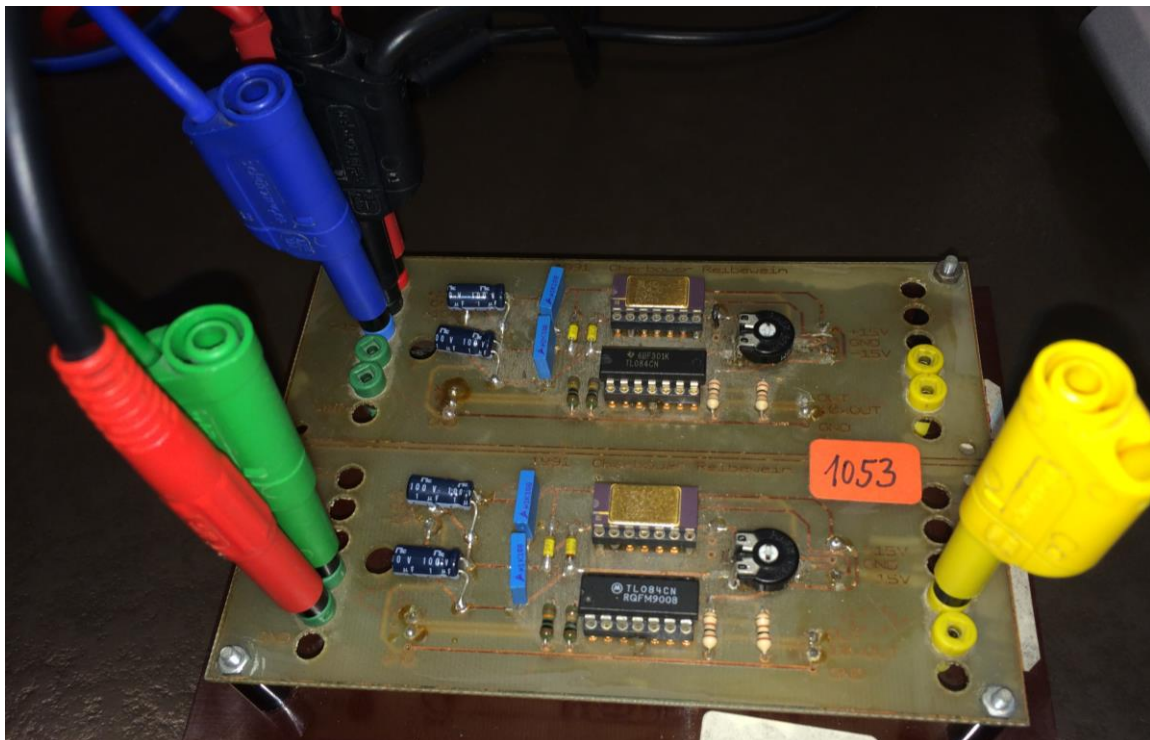
Als Operationsverstärker OPV1 und OPV2 wurde jeweils ein TL081 verwendet. Der 8-pinnige IC im DIL-Gehäuse bietet neben den 2 OPV-typischen Eingängen zusätzlich 2 Offset-Eingänge, die jedoch für diese Schaltung nicht benötigt wurden.



Anmerkung: Während der Übung wurde der Fehler begangen, die Offset-Eingänge (Pin 1 & Pin 5) gegen Masse zu schließen. Nach ausführlicher Fehlersuche wurden wir vom Übungsleiter auf diesen Fehler hingewiesen.

1.7 Mischer

Als Mischer wurde uns vom Übungsleiter eine eigene Platine zur Verfügung gestellt, welche den analogen Mischer AD534 und dessen Beschaltung darstellt.



Die Platine besteht aus 2 identischen Schaltungen, welche eine Stromversorgung ($\pm 15V$, GND) teilen.

Das Anschließen der Ein/Ausgänge der Platine passierte mittels Bananenstecker. Um die Mechanik der Platine zu schonen, und nicht zu viele Bananenstecker nebeneinander zu platzieren, wurde die Stromversorgung am oberen Mischer angeschlossen, jedoch der untere Mischer verwendet. Die Stromversorgung ist Platinen-intern verbunden.

Die Eingänge X und Y (am Bild Grün und Rot) definieren die beiden Eingänge des Mixers. Der Schaltung bietet 2 Ausgänge: Einen „normalen“ Ausgang (am Bild Gelb), und einen Ausgang mit 10-facher Leistung. Für den Funktionstest wurde der normale Ausgang verwendet, zum Empfangen des Signals am Radio wurde der Leistungsausgang verwendet.

1.8 Aufbau

Die Schaltung wurde gemäß dem Schaltplan und der Dimensionierung aufgebaut.

Zur Spannungsversorgung und zum Aufbau wurde ein Steckbrett mit integrierter Spannungsversorgung verwendet. Dabei stehen die Spannungen +5V, +15V und -15V zur Verfügung, wobei +5V-Spannungen in dieser Schaltung nicht benötigt wurden.

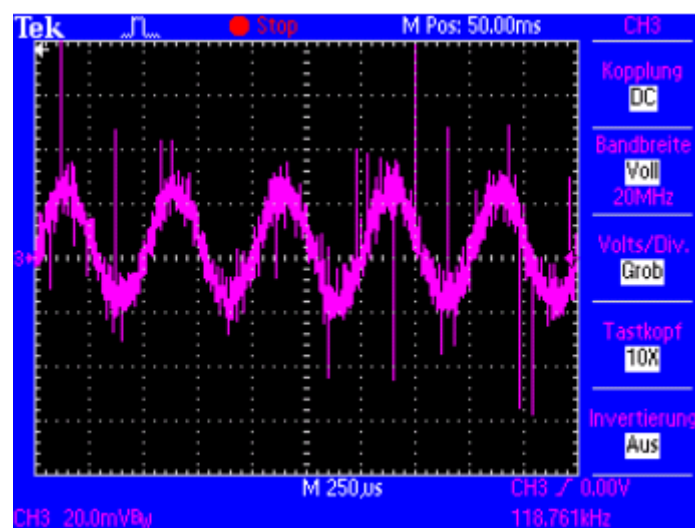
Zur Generierung des Eingangssignals U_s wurde ein Signalgenerator verwendet und auf 20 mV_{pp} und 2 kHz eingestellt. Das Trägersignal U_0 wurde ebenfalls über einen Signalgenerator eingespeist und auf 2 V_{pp} und 620 kHz konfiguriert.

Der Übungsleiter wies uns darauf hin, zuerst die Verstärkerschaltung zu testen und erst nach erfolgreichem Funktionstest die Mischer-Platine in die Schaltung einzubinden, da diese sehr alt und teuer ist und durch unnötige Fehler Schäden nehmen könnte.

Nach dem Aufbau zeigte die Verstärkerschaltung nicht die gewünschte Operation. Bei der Fehlersuche wurden 3 Fehler entdeckt:

Masseverbindungen:

Nachdem die Schaltung nicht funktionierte, wurde vom Eingang der Schaltung Schrittweise mittels Oszi die Richtigkeit der Zwischensignale geprüft. Schon beim Eingangssignal fiel auf, dass dieses komplett verrauscht ist:



Nach Fehleranalyse und Rücksprache mit dem Übungsleiter fiel uns auf, dass der Tastkopf ohne Masseverbindung verwendet wurde. Dies bedeutet, dass die einzige Masse-Verbindung über das Stromnetz des Oszilloskops herrschte und demnach entsprechend schlecht ist.

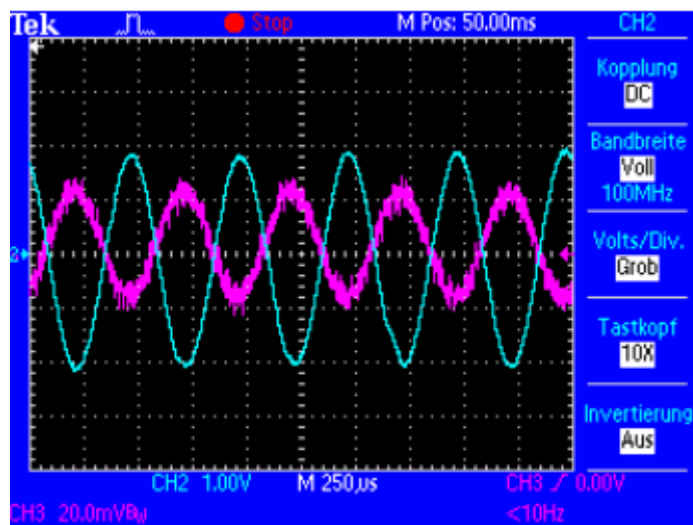
Nachdem der Tastkopf mit einer Masseverbindung nachgerüstet wurde, war das Signal jedoch noch immer ähnlich schlecht. Der Grund war diesmal, dass die Masse-Verbindung des Tastkopfes auf dem Steckbrett sehr weit weg von der Schaltung gelegen war (ca. 8 cm, am Rand des Steckbrettes mit entsprechendem Draht). Da jedoch bei höheren Frequenzen kurze Masse-Strecken immer wichtiger werden, ist diese Verbindung zu lang gewesen. Nachdem die Masse direkt von der Schaltung abgegriffen wurde, erschien ein entsprechend „schönes“ Signal am Oszilloskop.

Offset-Eingang des OPV:

Ein weiterer Fehler, wie schon unter 1.5 beschrieben, war die fehlerhafte Verbindung der Offset-Eingänge der OPVs mit Masse. Der Übungsleiter klärte uns auf, dass bei OPVs die Offset-Spannung im Regelfall nicht angeschlossen wird, und sich der OPV diese selbst einstellt.

Falsche Amplitude des Signalgenerators:

Nachdem die vorherig beschriebenen Fehler behoben wurden, funktionierte die Schaltung wie zu erwarten, jedoch war die Amplitude des zu modulierenden Eingangssignals war doppelt so groß wie erwartet:



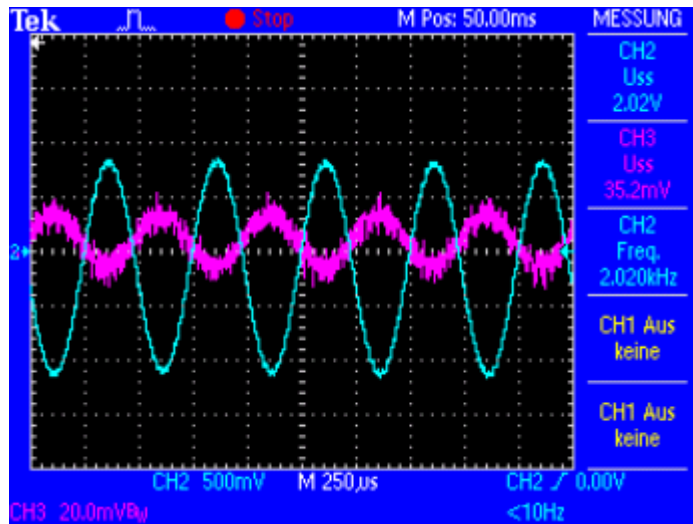
CH3: Eingangssignal,
gemessen am Steckbrett

CH2: Signal nach OPV1

Nachdem jedoch am Signalgenerator 20mV_{pp} eingestellt waren, und sonst keine fehlerhafte Konfiguration festzustellen war, wies uns der Übungsleiter auf den Fehler des falschen Ausgangswiderstandes hin:

Beim Signalgenerator muss der gewünschte Ausgangswiderstandes jedes Channels eingestellt werden. In unserem Fall waren 50 Ω definiert. Der Signalgenerator intern rechnet in diesem Fall damit, dass der Ausgang anschließend noch mit 50 Ω abgeschlossen wird und stellt selbst einen Innenwiderstand von 50 Ω ein (-> ergibt eine Serienschaltung von 2x 50 Ω -> doppelte Spannung am Signalgenerator-Ausgang ergibt nach 50Ω-Abschluss richtige Spannung). Da wir jedoch am Ausgang ein BNC -> Banane Kabel angesteckt haben und dementsprechend nicht mit 50Ω abschließen, wurde in unsere Schaltung die doppelte eingestellte Spannung abgegeben.

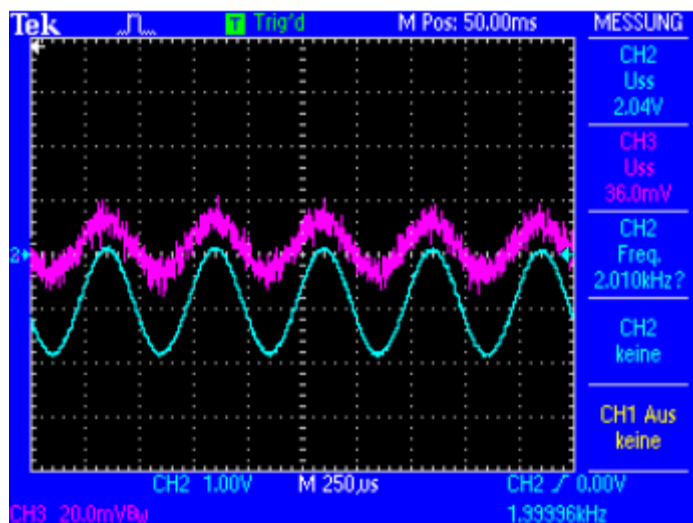
Nach dem Umschalten des Ausgangsmodus in **HIGH_Z** rechnet der Signalgenerator mit keinem Abschlusswiderstand und gibt gleich die „richtige“ Spannung aus. Dies löste das Problem und die Schaltung funktionierte einwandfrei:



CH3: Eingangssignal,
gemessen am Steckbrett
CH2: Signal nach OPV1

1.9 Einstellen des Offsets

Zum Testen wurde eine Offset-Spannung von 1 V eingestellt, da rechnerisch an diesem Wert der Modulationsindex 1 ist, und somit die höchste Amplitudenbeeinflussung des Trägersignals entsteht und somit gut zu erkennen ist:

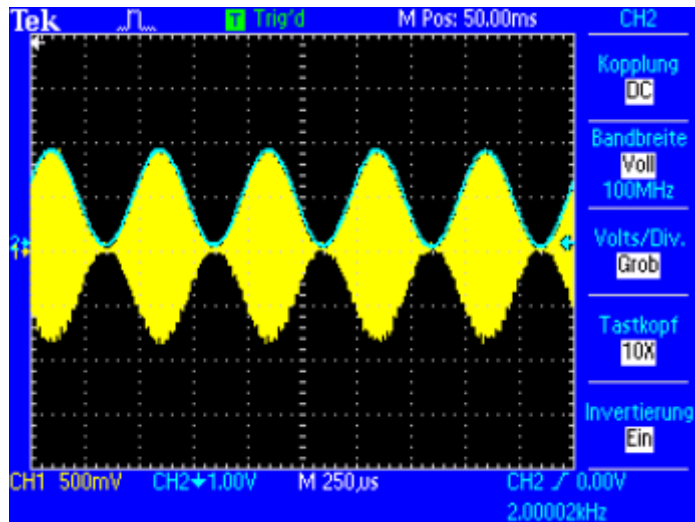


CH3: Eingangssignal,
gemessen am Steckbrett
CH2: Signal nach OPV2

1.10 Anschließen des Mischers

Nachdem alle Fehler der Verstärkerschaltung behoben wurden und die Funktion bestätigt werden konnte, wurde die Mischer-Platine angeschlossen.

Der folgende Screenshot zeigt die Funktion der gesamten Schaltung am Ausgang des Mischers:



CH3: Eingangssignal,
gemessen am Steckbrett

CH1: Signal nach Mischer

1.11 Messung verschiedener Modulationsindexe

Mit dieser Schaltung sollte das Modulationstrapez bei 3 verschiedenen Modulationsindexe gemessen werden (75%, 100%, 120%).

Um das Modulationstrapez am Oszilloskop sichtbar zu machen, muss dieses in den X-Y-Betrieb geschaltet werden. Das modulierte Signal wird als Y-Eingang, das zu modulierenden Originalsignal am X-Eingang angeschlossen.

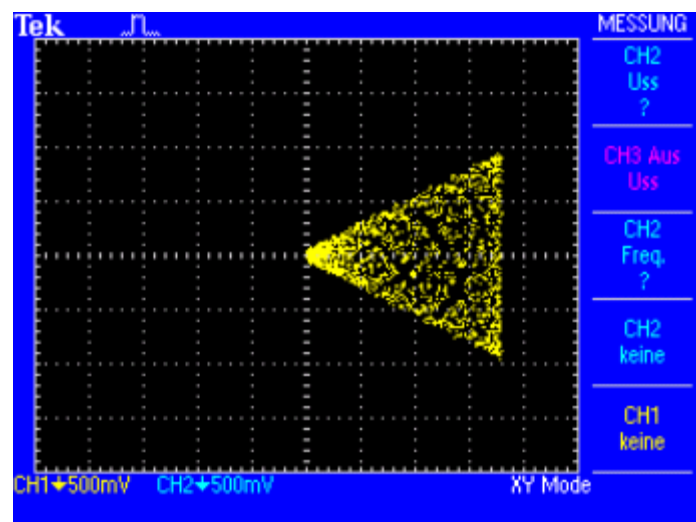
Durch die Formel zur Berechnung des Modulationsindex wurde die Berechnung der benötigten Offsetspannung ausgedrückt:

$$m = \frac{u_s}{u_T} \quad \rightarrow \quad u_T = \frac{u_s}{m}$$

Durch das Betrachten des Modulationstrapezes wurde durch das Verstellen der Offsetspannung ein Modulationsindex von 100% eingestellt.

Die entsprechende Offsetspannung bei einem Modulationsindex von 100% beträgt 1,108V.

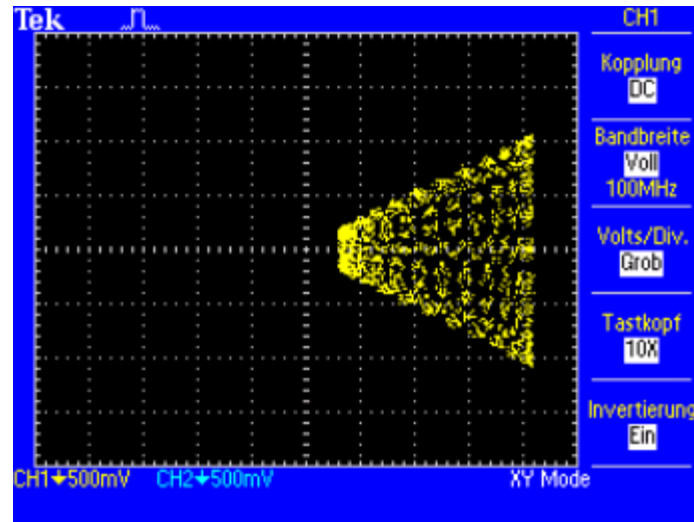
Modulationsindex m = 100%:



Modulationsindex m = 75%:

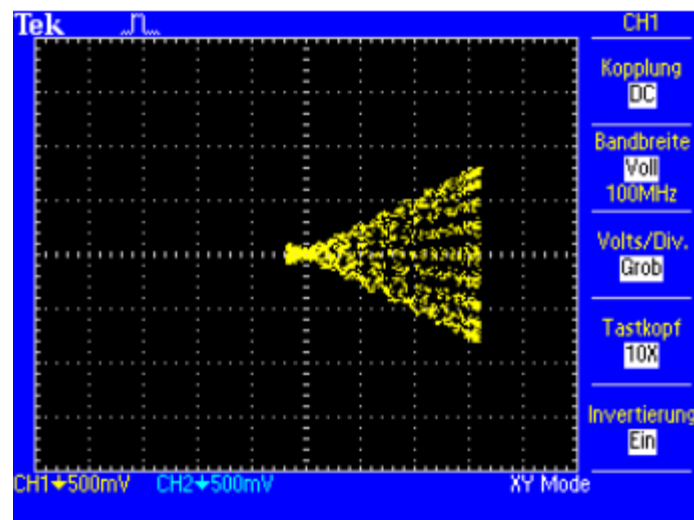
Zur Erzielung von einem Modulationsindex von 0,75 wurde eine Offsetspannung von 1,477V berechnet:

$$u_T = \frac{u_S}{m} \quad \rightarrow \quad u_T = \frac{1,108V}{0,75} = 1,477V$$

Modulationsindex m = 120%:

Zur Erzielung von einem Modulationsindex von 1,2 wurde eine Offsetspannung von 1,477V berechnet:

$$u_T = \frac{u_S}{m} \quad \rightarrow \quad u_T = \frac{1,108V}{1,2} = 0,923V$$



1.12 Empfangstest mit Radio

Zum Testen des Modulators wurde vom Übungsleiter ein AM-fähiger Radio zur Verfügung gestellt. Dieser wurde aktiviert und auf eine Empfangsfrequenz von 620 kHz eingestellt.

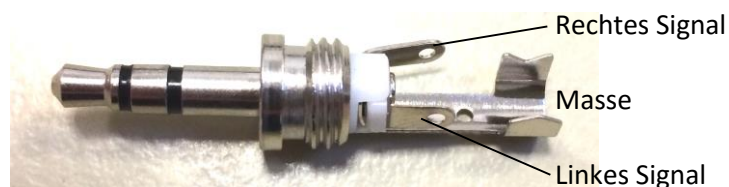
Weiters wurde an den 10-fach Verstärkten Ausgang des Mischers eine etwa 1m lange Strippe als Antenne angehängt.

Sinussignal:

Das am Signalgenerator eingestellte Signal von 2 kHz wurde am Radio ausgegeben.

Externen Audioeingang (Klinke):

Zum erweiterten, praktischen Funktionstest wurde als Signalquelle der Kopfhörerausgang eines Smartphones der Übungsteilnehmer verwendet. Dazu wurde ein Klinkenstecker verwendet, dessen Anschlüsse mit Krok-Klemmen abgenommen und an den Eingang des Amplitudenmodulators angeschlossen wurden:



Zum Test wurde der Rechte Kanal verwendet (verbunden mit U_S) und die Masse mit der Masse der Schaltung verbunden.

Das vom Smartphone ausgegebene Audiosignal (Song aus der Musikbibliothek) wurde mit überraschend guter Qualität (in etwa Standard-Radio-Qualität) am Radio ausgegeben.

2. Integrierter Amplitudenmodulator

2.1 Aufgabenstellung

Eine weitere Aufgabenstellung war es, einen Amplitudenmodulator als Integrierten Schaltkreis (=IC) zu verwenden. Dazu stellte der Übungsleiter den IC AD633JN zur Verfügung, welcher ein multifunktionales Bauteil ist und unter anderem Amplitudenmodulation beherrscht.

2.2 AD633JN

Der AD633JN ist ein Low-Cost 4-Quadranten Multiplikator in einem DIL8-Gehäuse. Im Datenblatt kann man die Beschaltung für die Verwendung als Linearen Amplitudenmodulator finden:

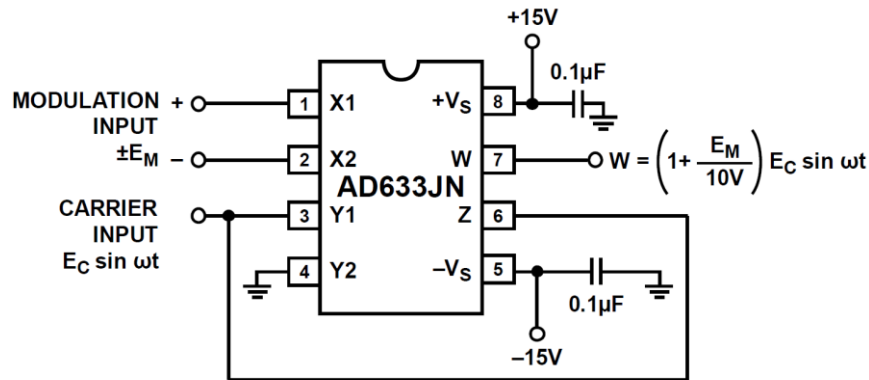
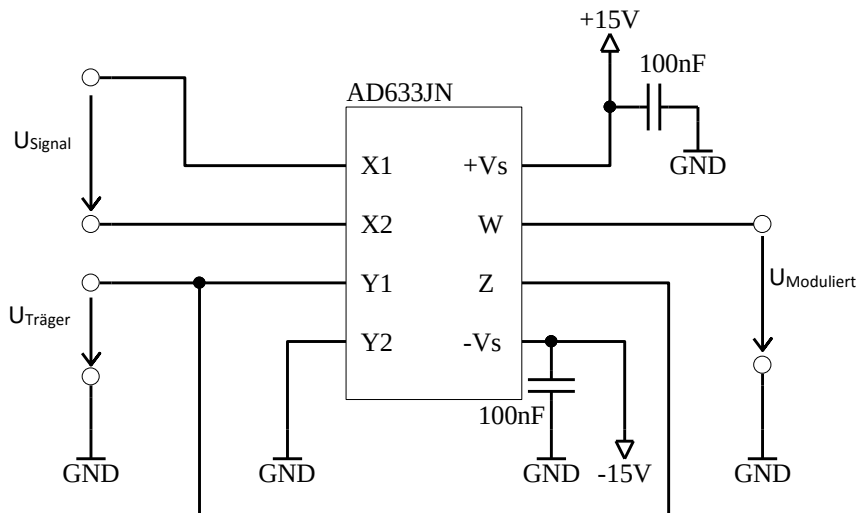


Figure 19. Linear Amplitude Modulator

2.3 Schaltung

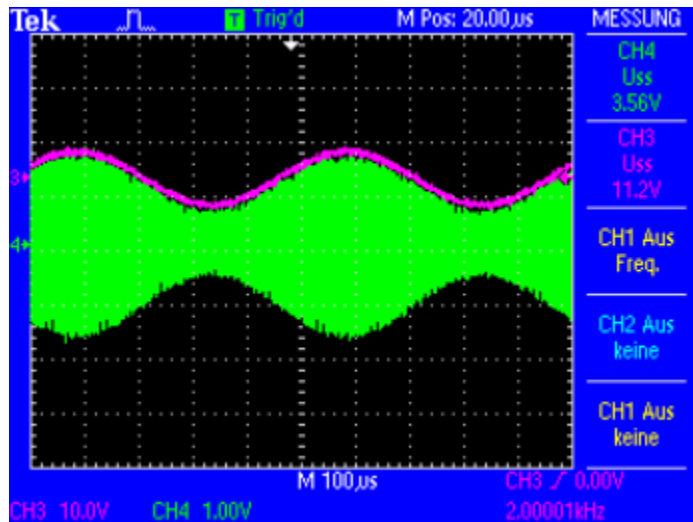
Das Bauteil wurde entsprechend der im Datenblatt angegebenen Beschaltung beschalten:



2.4 Aufbau

Die Schaltung wurde nach Plan auf dem Steckbrett mit Spannungsversorgung aufgebaut.

Da dieser Modulator im Gegensatz zu der in Punkt 1 verwendeten Schaltung keinen Vorverstärker für das Eingangssignal bietet, musste am Signalgenerator eine deutlich höhere Ausgangsspannung gewählt werden. Die Ausgangsspannung kann maximal zwischen V_{B-} und V_{B+} liegen (entspricht 30V Spannungsdifferenz), es wurden 10 V_{pp} als Eingangsspannung gewählt, da dabei die Aussteuer Grenzen des Signals bei ca. einem Drittel der maximalen Ausgangsspannung liegen:



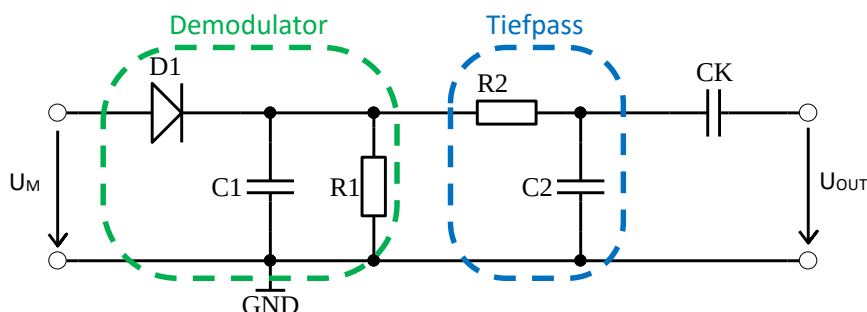
CH3: Eingangssignal AD633JN
CH4: Ausgangssignal AD633JN

3. Amplitudendemodulator (Hüllkurvendemodulator)

3.1 Aufgabenstellung

Weitere Aufgabenstellung war es, einen Amplitudendemodulator in Form eines Hüllkurvendemodulators zu dimensionieren und aufbauen.

3.2 Schaltung



Als Diode D1 wurde eine 1N4148 verwendet.

3.3 Schaltungsbeschreibung

Demodulator:

Die Diode D1 lässt nur eine Polarität des Hochfrequenten Eingangssignals passieren, wodurch alle negativen Signale entfernt werden. Anschließend wird durch C1 / R1 ein Tiefpassverhalten erzeugt und dadurch das Amplitudenmodulierte Signal „umhüllt“, wodurch der eigentliche Informationsgehalt der Modulation (= eigentliches Signal) zum Vorschein kommt.

Tiefpass:

Um weitere hochfrequente Störungen zu beseitigen und das Signal zu „verschönern“ wird anschließend an den Demodulator ein weiterer Tiefpass (C2 / R2) geschaltet.

Anschließend wird durch den Koppelkondensator CK der Gleichanteil des resultierenden Signals entfernt, wodurch das gewünschte Originalsignal entsteht.

3.4 Dimensionierung

Für die Dimensionierung wurde eine 1. Grenzfrequenz (des Demodulators) von 20 kHz angenommen:

$$f_{g1} = 20 \text{ kHz}$$

Durch die Formel für die Zeitkonstante eines Tiefpasses wurde anschließend das Verhältnis R_1 zu C_1 berechnet:

$$\tau = \frac{1}{2\pi f_{g1}} = R_1 * C_1$$

$$\tau = \frac{1}{2\pi f_{g1}} = \frac{1}{2\pi \cdot 20 \text{ kHz}} = 7,95 \mu\text{s} \quad R_1 * C_1 = 7,95 \mu\text{s}$$

Der Widerstand R_1 wurde mit 100 Ω angenommen: $R_1 = 100 \Omega$

$$C_1 = \frac{\tau}{R_1} = \frac{7,95 \mu\text{s}}{100 \Omega} = 79,57 \text{ nF} \quad \rightarrow \quad \text{nächster Standard-Wert: } C_1 = 100 \text{ nF}$$

Durch die Abweichende Kapazität des Standard-Werts des Kondensators ergibt sich folglich eine geänderte Grenzfrequenz:

$$f_{g1_real} = \frac{1}{2\pi (R_1 * C_1)} = \frac{1}{2\pi (100 \Omega * 100 \text{ nF})} = 15,915 \text{ kHz}$$

Der 2. Tiefpass sollte nach Rücksprache mit dem Übungsleiter eine Grenzfrequenz von 5 kHz aufweisen, da nur zu Testzwecken ein Signal von 2 kHz übertragen wird und dadurch das Signal „schöner“ wird, da weniger hochfrequente Störungen vorhanden sind.

$$f_{g2} = 5 \text{ kHz}$$

Durch die Formel für die Zeitkonstante eines Tiefpasses wurde anschließend das Verhältnis R_2 zu C_2 berechnet:

$$\tau = \frac{1}{2\pi f_{g2}} = R_2 * C_2$$

$$\tau = \frac{1}{2\pi f_{g2}} = \frac{1}{2\pi \cdot 5 \text{ kHz}} = 31,83 \mu\text{s} \quad R_2 * C_2 = 31,83 \mu\text{s}$$

Der Widerstand R_2 wurde mit 1 k Ω angenommen: $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$

$$C_2 = \frac{\tau}{R_2} = \frac{31,83 \mu\text{s}}{1 \text{ k}\Omega} = 31,83 \text{ nF} \quad \rightarrow \quad \text{nächster Standard-Wert: } C_2 = 33 \text{ nF}$$

Durch die Abweichende Kapazität des Standard-Werts des Kondensators ergibt sich folglich eine geänderte Grenzfrequenz:

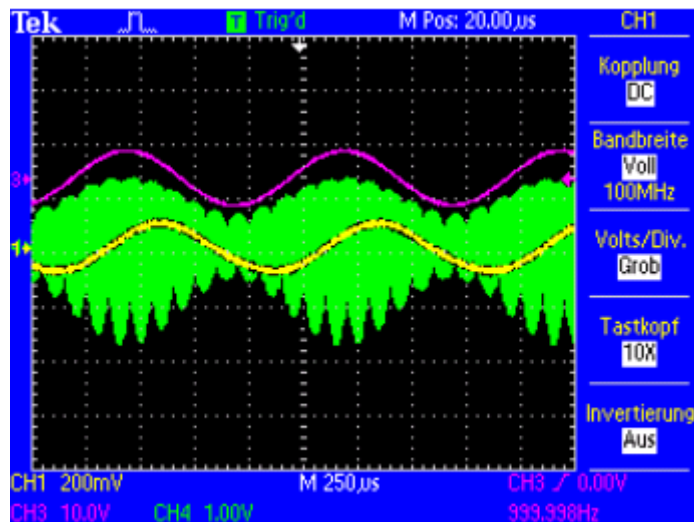
$$f_{g2_real} = \frac{1}{2\pi (R_2 * C_2)} = \frac{1}{2\pi (1 \text{ k}\Omega * 33 \text{ nF})} = 4,822 \text{ kHz}$$

Der Koppelkondensator wurde aufgrund der Tatsache, dass dieser um einiges größer als die angehängte kapazitive Last sein muss, mit $4,7 \mu\text{F}$ dimensioniert, da am Ausgang lediglich ein Tastkopf mit ca. 10 pF angeschlossen wird:

$$C_K = 4,7 \mu\text{F} \quad (10 \text{ pF} \ll 4,7 \mu\text{F})$$

3.5 Aufbau

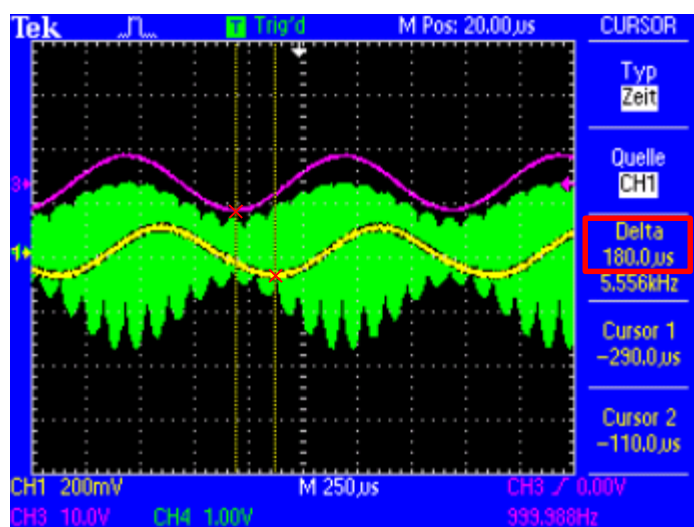
Die Schaltung wurde entsprechend dem Schaltplan und der Dimensionierung aufgebaut. Die Funktion der Schaltung funktionierte auf Anhieb einwandfrei:



CH1: Ausgangssignal Demodulator
CH3: Eingangssignal Modulator
CH4: Ausgangssignal Modulator

3.6 Messung Phasenverschiebung

Durch die zuvor berechneten Tiefpässe in der Demodulationsschaltung tritt eine entsprechende Phasenverschiebung auf. Diese wurde am Oszilloskop anhand der minimalen Signalstelle gemessen:



CH1: Ausgangssignal Demodulator
CH3: Eingangssignal Modulator
CH4: Ausgangssignal Modulator

Cursormessung: $\Delta 180 \mu\text{s}$

Die Messung ergab eine Phasenverschiebung von $180 \mu\text{s}$ bei einem Signal von 1 kHz , der Phasenwinkel wurde wie folgt berechnet:

$$\varphi = 360^\circ \cdot \frac{\Delta t}{T} = 360^\circ \cdot \Delta t \cdot f_s = 360^\circ \cdot 180 \mu s \cdot 1 \text{ kHz} = 64,8^\circ$$

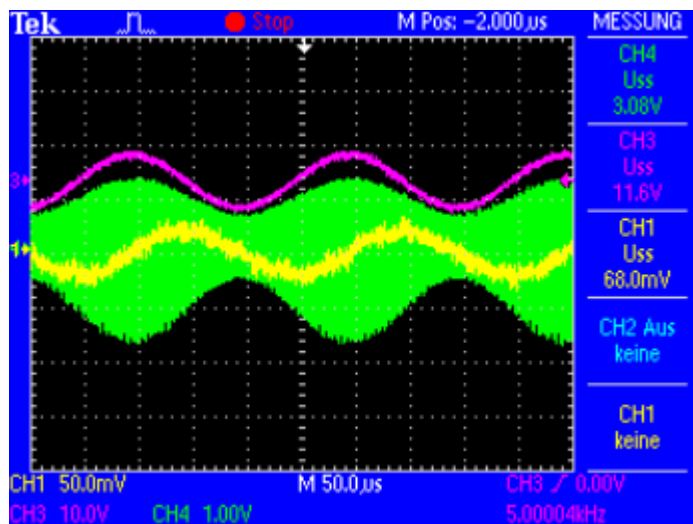
Weiters war am Oszillogramm auffällig, dass das modulierte Signal eine höhere positive Amplitude als negative Amplitude aufbringt. Dieses Fehlverhalten ist mit dem trennen des Demodulators verschwunden.

Dieses Verhalten geht vom Hüllkurvendemodulator aus, welcher zur Demodulation eine Diode zur Filterung der positiven Halbwellen benützt. Diese Diode hat eine Sperrspannung von ca. 0.6 V, welche von der positiven Amplitude abgezogen wird.

3.7 Messung TP-Verhalten

Zum Schluss der Übung wurde noch das Tiefpassverhalten des Demodulators gemessen.

Gemessen wurde die Spitze-Spitze-Spannung des Demodulierten Signals bei einer Signalfrequenz von 1 kHz (siehe Oszillogramm unter 3.5) und bei einer Signalfrequenz von 5 kHz:



CH1: Ausgangssignal Demodulator
CH3: Eingangssignal Modulator
CH4: Ausgangssignal Modulator

Anmerkung: Zu beachten ist die Skalierung des Channel 1, da die beiden Oszillogramme ähnlich aussehen. In diesem liegt sie bei 50 mV pro Division.

Dies zeigt, dass bei den vorher dimensionierten Tiefpässen bei einer Signalfrequenz von 5 kHz schon eine erhebliche Abschwächung des demodulierten Signals vorliegt.

4. Erkenntnisse

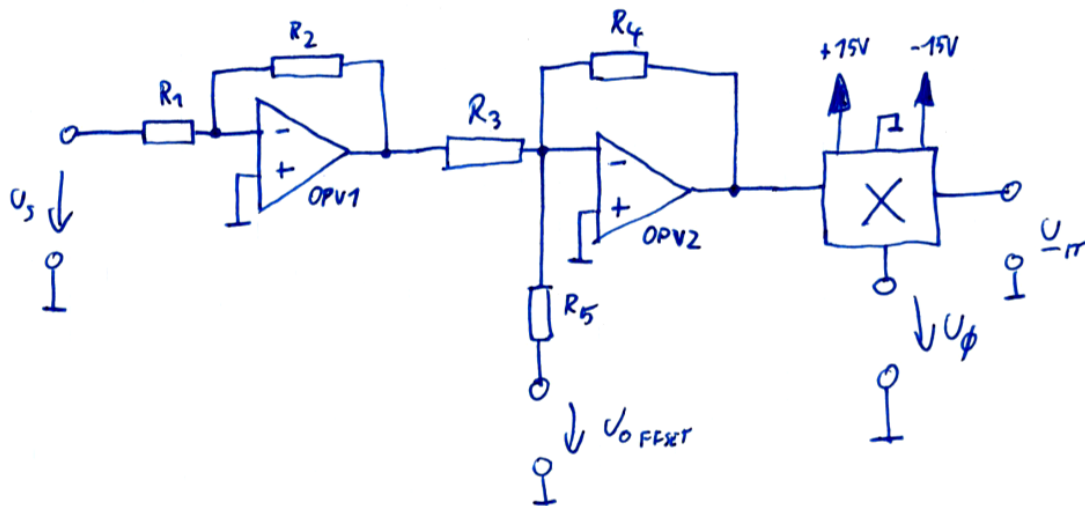
In dieser Übung wurde das theoretische Verständnis über Modulation und insbesondere Amplitudenmodulation gefestigt und angewendet.

Weiters wurde die Notwendigkeit einer guten und kurzen Masseverbindung bei Hochfrequenten Schaltungen erfahren und besprochen.

5. Inventarliste

6. Messprotokoll

Funktionsgenerator	1545	Gleichspannung (U_{OFFSET})	1358
Osz:	0302	Werkzeugbox	1032
Steckbrett (m. Vers.)	0053	Multimeter (Offset messen)	0320
Multiplikator (Steckbrett)	1053		



$$U_s = 20 \text{ mV}_{\text{pp}}, 2 \text{ kHz}$$

$$U_\phi = 2 \text{ V}_{\text{pp}}, 620 \text{ kHz}$$

$$\text{OPV1: } 20 \text{ mV} \rightarrow 2 \text{ V} \Rightarrow G_{\text{V1}} = 100$$

TL081

$$\frac{R_1}{R_2} = 100 \rightarrow R_1 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 100 \text{ k}\Omega$$

$$\text{OPV2: } \text{keine V} \Rightarrow G = 1$$

TL081

$$\frac{R_3}{R_4} = 1 \rightarrow R_3 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_4 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$\Rightarrow R_5 = R_3 = 1 \text{ k}\Omega \quad (\text{muss gleich sein})$$

TL081 - Pinning:

GND	Offset N1	NC	
	IN-	V _{cc} +	+75V
	IN+	OUT	REST
-75V	V _{cc} -	Offset N2	GND

Eingangssignal (20mV_{pp}) zu klein, $\rightarrow$ zu hohes Rauschen (Bild 1)

$\hookrightarrow$ ~~Eingangssignal größer, Verstärkung kleiner~~

Fehler: Tastkopf ohne Masse („Masse über Osz. verbunden“) $\rightarrow$
 schlechte Masse (über Erdung) $\rightarrow$ Bild 2

OPV gibt nur negative Spannung aus (-9V)

$\hookrightarrow$ OFFSET darf NICHT mit Masse verbunden werden!

Nach OPV 1 (Verstärker): (Bild 3, falsche Amplitude, ist $> 20\text{mV}_{pp}$
 ist 25mV_{pp})
 ($20\text{mV}_{pp} \rightarrow 2\text{V}_{pp}$, aber 180° Phasenverschiebung (negiert))

$\hookrightarrow$ Funktionsgenerator: 20mV_{pp} , aber gibt 80mV_{pp} aus

$\rightarrow$ auf 50Ω Ausgangswid. gestellt, $\rightarrow$ Generator verliert
 50Ω Abschluss, da gibt 80mV_{pp} aus damit bei 50Ω
 20mV_{pp} ankommen

$\hookrightarrow$ Frequenzgenerator auf HIGH-Z

Bild 4: richtiges Signal

Offset einstellen (Multimeter) $\rightarrow$ 1V Offset

gemessen: 1.0054V

Bild 5: mit Offset

Mischer anstecken $\rightarrow$ Bild 6

$m=1$: Offset = $1,108\text{ V}$ $\rightarrow$ Bild 7 ($m=100\%$)

$m=75\%$

$$m = \frac{\hat{U}_s}{\hat{U}_T} = 0,75$$

$$m = \frac{20\text{ mV}}{x} = 0,75$$

$$x = \frac{20\text{ mV}}{0,75} = 26,7$$

$$x = \frac{10\text{ mV}}{0,75} = 13,3$$

$$x = \frac{\hat{U}_s}{\hat{U}_T}$$

$$U_T = 0,75 \cdot \frac{1,108\text{ V}}{0,75} = 1,108\text{ V} \rightarrow \text{Bild 8}$$

$m=120\%$ $U_T = \frac{1,108}{1,2} = 0,923\text{ V}$

$\rightarrow$ Bild 9

Radio (AM) einstellen (auf 620 kHz)

10x Verstärkter Mischer ausgang: Kabel (ca. 1m) angesteckt $\rightarrow$ Antenne

$\hookrightarrow$ 2 kHz -Signal am Radio empfangen, Änderung der Generatorfrequenz ändert Tonhöhe im Radio

$\hookrightarrow$ Klinkenstecker mit Krokodilklemmen an Eingang gehängt ($m < 1$)

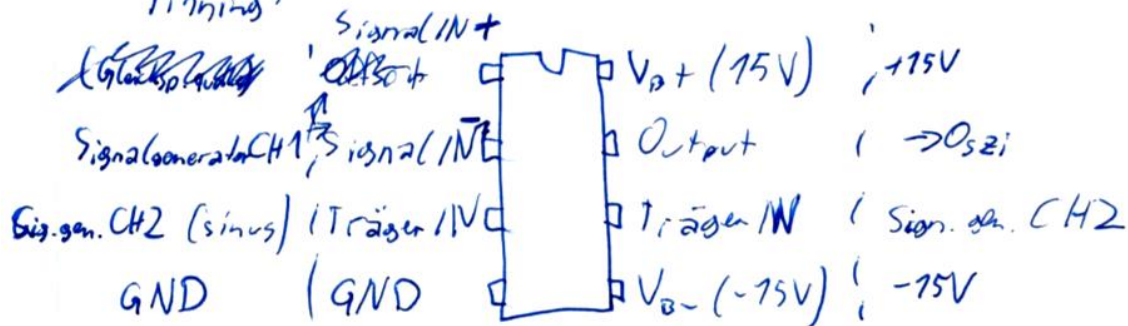
Klang auf Radio hörbar

(Standard Radio Qualität)

Linear Amplitude Modulator AD633JN

→ AN in 1 Bauteil

Pinning:



V_{+} / V_{-} je 1x 100nF Kondensator

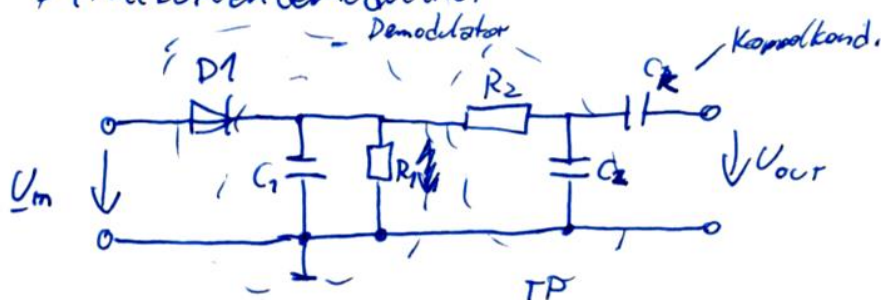
(→ Datasheet S. 10 Schaltung „Linear Amplitude Modulator“)

10,09 Vpp Signal in (Bauteil hat keinen Vorverstärker drin)

(V_B geht von -15V bis 15V = 30 Vpp → 10 Vpp Signal)

Bild 10

Hüllkurvendemodulator



D1... 1N4148

Demodulator

$$f_{\text{grenz}} (\text{ausgen.}) = 20 \text{ kHz} \quad T = \frac{1}{2\pi f_g} = R_1 C_1$$

$$\frac{1}{2\pi f_g} = 7,95 \text{ ns} = R_1 C_1$$

$$R_1 (\text{angenommen}) = 100 \Omega$$

$$C_1 = \frac{T}{R} = \frac{7,95 \text{ ns}}{R} = 79,57 \text{ nF} \rightarrow 100 \text{ nF}$$

Zusammen mit gewählten Werte:

$$\tau = R_1 \cdot C_1 = 100 \Omega \cdot 100 \text{ nF} = 10 \cdot 10^{-6} \text{ s}$$

$$f_g = \frac{1}{2\pi \cdot \tau} = \underline{\underline{15,915 \text{ kHz}}}$$

TP: 5 kHz

$$\tau_{TP} = \frac{1}{2\pi f_g} = R_2 \cdot C_2$$

$$\frac{1}{2\pi f_g} = 3,183 \cdot 10^{-5} \text{ s}$$

$$R_2(\text{ang.}) = 1 \text{ k}\Omega$$

$$C_2 = \frac{\tau}{R_2} = \frac{3,183 \cdot 10^{-5}}{1 \text{ k}\Omega} = 31,83 \text{ nF} \rightarrow 33 \text{ nF}$$

Zusammen mit gewählten Werten:

$$\tau = R_2 \cdot C_2 = 1 \text{ k}\Omega \cdot 33 \text{ nF} = 33 \mu\text{s}$$

$$f_g = \frac{1}{2\pi \cdot \tau} = \underline{\underline{4,82 \text{ kHz}}}$$

Koppel kond: ~~47 nF~~ ("Last" = Tastkopf = $10 \text{ pF} \Rightarrow 10 \text{ pF} \ll \underline{\underline{47 \text{ nF}}}$)

TP $\rightarrow$ Phasenverschiebung

moduliertes Signal: unten mehr Bauch als oben $\rightarrow$ wegen Diode von Demodulator: (ca. 0,6V, Diode-Sperrspannung wird von pos. Amplitude abgezogen) (mit Multimeter gemessen: 0,59V)

Bild 11

Phase messen: ~~17~~ $f_g = 1 \text{ kHz} \rightarrow T = \frac{1}{f_g}$

$$\Delta t = 180 \mu\text{s}$$

Bild 12

~~17~~

$$\varphi = 360 \cdot \frac{\Delta t}{T} = 360 \cdot \Delta t \cdot f = 64,8^\circ$$

HF-Verhalten:

1. 1

$$f_s = 1 \text{ kHz}$$

$$V_{ss} = 200 \text{ mV (von Demoduliert)}$$

$$f_s = 5 \text{ kHz}$$

$$V_{ss} = 66 \text{ mV (Demoduliert)}$$

Bild 13: Höhere Frequenz (Anm. HTL Skalierung)

Erkenntnisse der Übung:

- HF-Masse !!! (nicht über Oszi, so nah wie möglich, am besten gleich daneben)