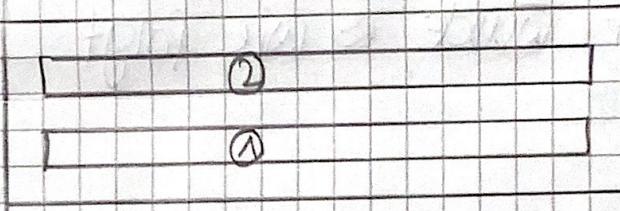


# Versuch Operationsverstärker

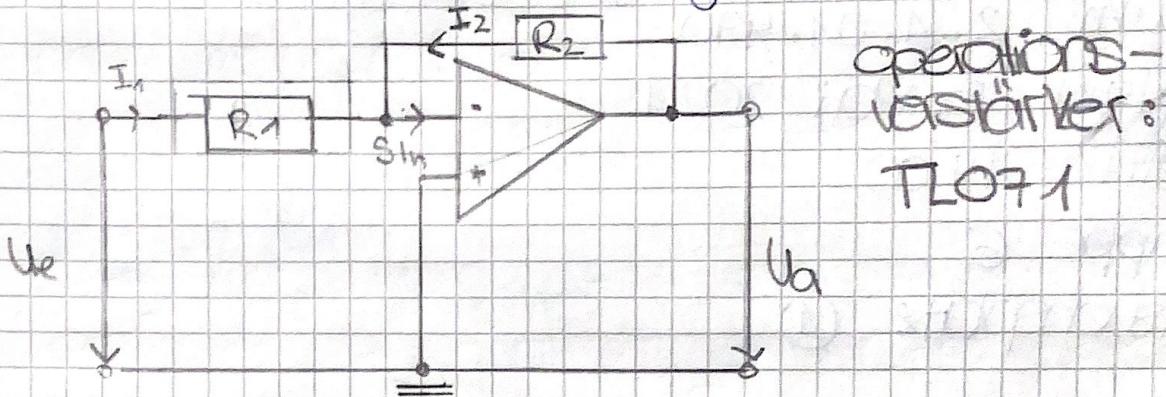
## 1. Allgemeines

- Ort: Universität Bayreuth, NW II
- Raum: 2.1.01.470
- Datum: 5. Mai 2021
- Start: 14:00
- Gruppe: 6
- Versuchsort: ①

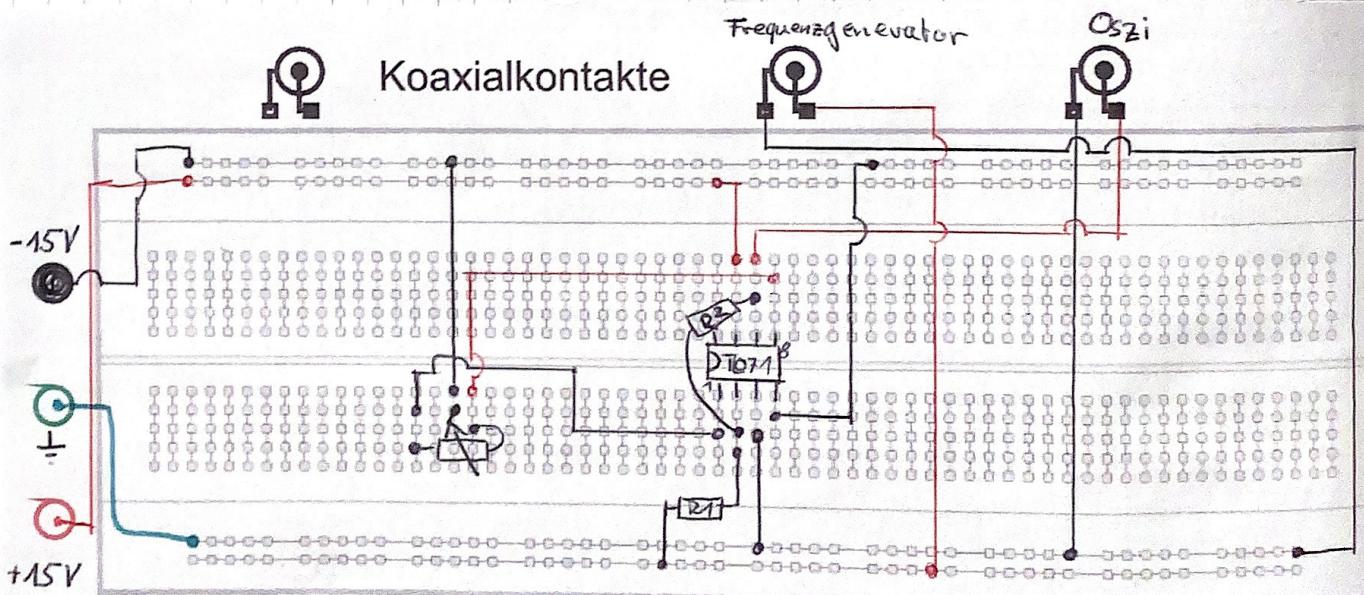


## 2. Umkehrverstärker

Es wird zuerst die Schaltung nach dem Skript EL2.2(a) aufgebaut



Auf dem Streckbrett wurde es wie folgt verwirklicht.



Das Netzteil wird auf 15V eingestellt.

Am Netzteil werden auf +15V eingestellt.

Für den ersten Widerstand wird  $R_1 = 10k\Omega$  und für den zweiten Widerstand wird zuerst  $R_2 = 1M\Omega$  und dann  $R_2 = 4,7M\Omega$  verwendet. Die Widerstände werden zuerst geprüft, Der Hersteller gibt eine Toleranz von 1% an.

$$R'_1 = 10k\Omega \pm 1\%$$

$$R_1 = 9,99k\Omega \text{ gemessen (DMM)}$$

$$R'_2 = 1M\Omega \pm 1\%$$

$$R_2 = 1M\Omega \text{ gemessen (DMM)}$$

$$R'_3 = 4,7M\Omega \pm 1\%$$

$$R_3 = 4,71M\Omega \text{ gemessen (DMM)}$$

Nun wird der Frequenzgang der Verstärkung V von 10 Hz bis zu dem Punkt, an dem die Verstärkung<sup>\*</sup> 1 ist, gemessen.

Zudem soll die Grenzfrequenz<sup>\*</sup>, also die Frequenz an dem kein Signal mehr ankommt, gemessen werden.

Zum Schluss wird noch die Flankenabfallzeit  $\tau$  bei der Übertragung einer Rechteckspannung untersucht.

\* Die Grenzfrequenz oder Bandbreite ist der Frequenzbereich, in dem der die Spannungsverstärkung des Verstärkers über 70,7% seines maximalen Ausgangswertes liegt.

\*\* Wenn die der Betrag des Verstärker 1 ist heißt es auch Transitfrequenz.

Bevor gemessen wird, wird zuerst überprüft, ob der Offsetehler kleiner 0,1 V ist. Der Offset beträgt -0,953 V. Nach dem Nullspannungsabgleich, der nach Versuchsanleitung durchgeführt wurde, beträgt der Offset ~~0,003 V~~ 0,003 V. Mit DMM gemessen.

Bei der Überprüfung ist der erste Operationsverstärker der Schaltung zum Op-Amp gefallen, nach einer Prüfung wurde die grobe Verstärkung getestet.

⊗ und Ersatzung des Operationsverstärkers,

Teil 1) Der Frequenzgang wird gemessen,  
mithilfe des Oszilloskop

Der Frequenzgang der Verstärkung.

~~Verwendete Geräte:~~ O211 Mithilfe des

Oszilloskop wird die Eingangsspannung  
 $U_e$  und Ausgangsspannung  $U_a$  ~~xx~~  
gemessen.  $R_2 = 1 \text{ M}\Omega$

\* Channel 1  
\*\* channel 2

Nr.	f in Hz	$U_e$ div	$U_a$ div	$U_a$ div	Osz. Einstellung
1	10,0	1,9	5 mv div	1,8	0,5 div V
2	10000	2,0	10 mv div	3,8	0,5 div V
3	$20 \cdot 10^3$	2,0	10 mv div	3,4	0,5 div V
4	$30 \cdot 10^3$	2,0	10 mv div	4,0	0,5 div V
5	$40 \cdot 10^3$	2,0	10 mv div	2,6	0,5 div V
6	$50 \cdot 10^3$	2,0	10 mv div	2,2	0,5 div V
7	$60 \cdot 10^3$	2,0	10 mv div	1,9	0,5 div V
8	$70 \cdot 10^3$	2,0	10 mv div	1,7	0,5 div V
9	$80 \cdot 10^3$	2,0	10 mv div	3,9	0,2 div V
10	$90 \cdot 10^3$	2,0	10 mv div	3,5	0,2 div V
11	$100 \cdot 10^3$	2,0	10 mv div	3,2	0,2 div V
12	$110 \cdot 10^3$	2,0	10 mv div	3,0	0,2 div V
13	$120 \cdot 10^3$	2,0	10 mv div	2,7	0,2 div V
14	$130 \cdot 10^3$	2,0	10 mv div	2,4	0,2 div V
15	$140 \cdot 10^3$	2,0	10 mv div	2,3	0,2 div V
16	$150 \cdot 10^3$	2,0	10 mv div	2,1	0,2 div V
17	$160 \cdot 10^3$	2,0	10 mv div	1,9	0,2 div V

Nr.	f in Hz	Ue in	div	OSZI	Ua in	div	OSZI
18	$1 \cdot 10^3$	2,0	10 $\frac{mV}{div}$	4,0	0,1 $\frac{V}{div}$		
19	$180 \cdot 10^3$	2,0	10 $\frac{mV}{div}$	3,4	0,1 $\frac{V}{div}$		
20	$0,5 \cdot 10^6$	2,0	10 $\frac{mV}{div}$	2,5	50 $\frac{mV}{div}$		
21	$1 \cdot 10^6$	2,0	10 $\frac{mV}{div}$	2,5	20 $\frac{mV}{div}$		
22	$1,5 \cdot 10^6$	2,0	10 $\frac{mV}{div}$	1,5	20 $\frac{mV}{div}$		
23	$2,0 \cdot 10^6$	2,0	10 $\frac{mV}{div}$	0,8	20 $\frac{mV}{div}$		
24							
25							
24	$35 \cdot 10^3$	2,0	10 $\frac{mV}{div}$	1,4	1 $\frac{V}{div}$		

Die gemessenen Werte wurden "peak to peak" abgelesen.

Die Frequenz wurde mit dem Frequenzgenerator eingestellt.

○ ab diesem Messwert war die Ablesegenauigkeit ungenau:  $Ua = 1 \text{ div}$

Bei den restlichen Werten war die Ablesegenauigkeit:  $Ua = 0,5 \text{ div}$  (und  $Ue$ )

\*\*\* Großer Fehler:

$$1' f = 10 + 2 \quad Ue = 2,0 \quad 10 \frac{mV}{div} \quad Ua = 4,0 \quad 0,5 \frac{V}{div}$$

Die Grenzfrequenz wurde grob abgeschätzt, der Messwert 24, anhand der vorherigen Werte.

Teil 2) Nun wird die Flankenfrequenz - Flanken-  
abfallzeit  $\tau$  bestimmt.

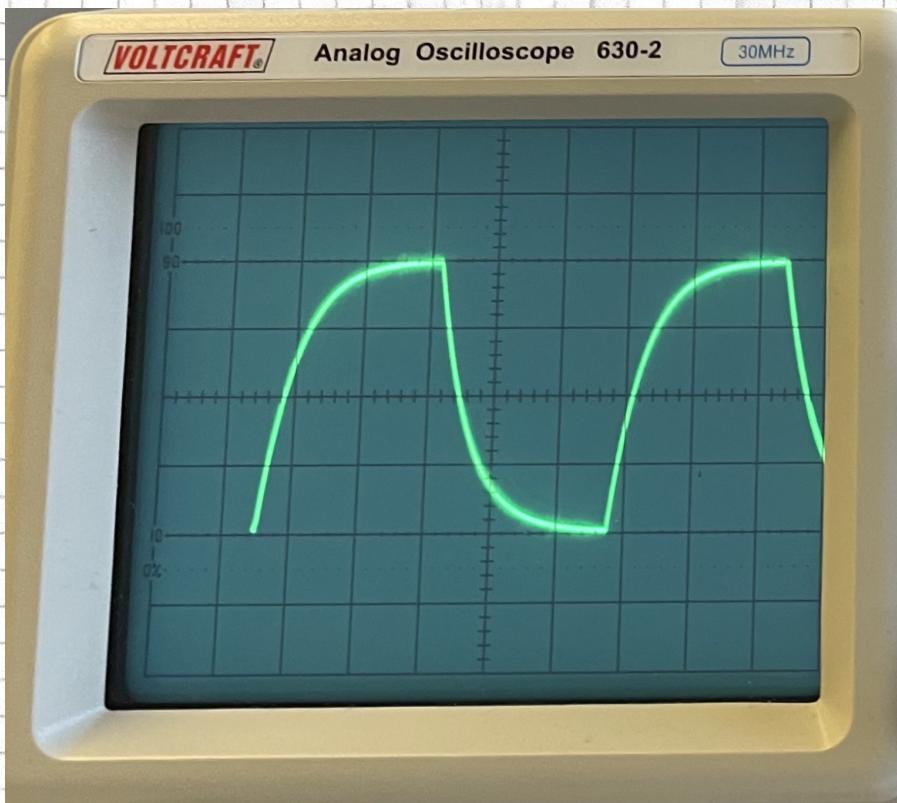
Die Frequenz  $f = 19\text{kHz}$ . Die Zeit ist  
0,8 div bei  $10 \frac{\mu\text{s}}{\text{div}}$ .

Ablesefehler ist 0,2 div.

Einstellung: 0,5 div

$$R_2 = 1\text{M}\Omega$$

Diese wurde vom Oszilloskop  
abgelesen:



Teil 3) Es wird nochmal der Frequenzgang der Verstärkung gemessen.

Mithilfe des Oszilloskop, wird auf Channel 1 die Eingangsspannung  $U_e$  und auf Channel 2 die Ausgangsspannung gemessen. (peak-to-peak)  
Die Frequenz wird mit dem Frequenzgenerator ganz eingestellt.  
Der Widerstand 2  $R_2 = 4,71 \text{ M}\Omega$   
Offset liegt bei 0,003 V. (DMM)

Nr.	f in Hz	UebInv	Oszil	UvalInv	
1	10	2,0	10 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$	2,845	2 $\frac{\text{V}}{\text{div}}$
2	$10 \cdot 10^3$	2,0	10 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$	5,4	1 $\frac{\text{V}}{\text{div}}$
3	$20 \cdot 10^3$	2,0	10 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$	3	1 $\frac{\text{V}}{\text{div}}$
4	$15 \cdot 10^3$	2,0	10 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$	3,9	1 $\frac{\text{V}}{\text{div}}$
5	$14 \cdot 10^3$	2,0	10 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$	4,2	1 $\frac{\text{V}}{\text{div}}$
6	$13 \cdot 10^3$	2,0	10 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$	4,4	1 $\frac{\text{V}}{\text{div}}$
7	$12 \cdot 10^3$	2,0	10 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$	4,6	1 $\frac{\text{V}}{\text{div}}$
8	$11 \cdot 10^3$	2,0	10 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$	5	1 $\frac{\text{V}}{\text{div}}$
9	$16 \cdot 10^3$	2,0	10 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$	3,7	1 $\frac{\text{V}}{\text{div}}$
10	$17 \cdot 10^3$	2,0	10 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$	3,5	1 $\frac{\text{V}}{\text{div}}$
11	$18 \cdot 10^3$	2,0	10 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$	3,4	1 $\frac{\text{V}}{\text{div}}$
12	$19 \cdot 10^3$	2,0	10 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$	3,2	1 $\frac{\text{V}}{\text{div}}$
13	$25 \cdot 10^3$	2,0	10 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$	2,5	1 $\frac{\text{V}}{\text{div}}$
14	$30 \cdot 10^3$	2,0	10 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$	2,1	1 $\frac{\text{V}}{\text{div}}$
15	$35 \cdot 10^3$	2,0	10 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$	1,8	1 $\frac{\text{V}}{\text{div}}$
16	$40 \cdot 10^3$	2,0	10 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$	1,6	1 $\frac{\text{V}}{\text{div}}$
17	$50 \cdot 10^3$	2,0	10 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$	0,3	0,2 $\frac{\text{V}}{\text{div}}$

Nr.	f in Hz	Ue-indiv	Oszl	Ua (div)	
18	$60 \cdot 10^3$	2,0	$10 \frac{mV}{div}$	5,2	$0,2 \frac{V}{div}$
19	$80 \cdot 10^3$	2,0	$10 \frac{mV}{div}$	4,0	$0,2 \frac{V}{div}$
20	$200 \cdot 10^3$	2,0	$10 \frac{mV}{div}$	1,6	$0,2 \frac{V}{div}$
21	$300 \cdot 10^3$	2,0	$10 \frac{mV}{div}$	2,0	$0,1 \frac{V}{div}$
22	$1 \cdot 10^6$	2,0	$10 \frac{mV}{div}$	0,8	$0,1 \frac{V}{div}$
23	$2 \cdot 10^6$	2,0	$10 \frac{mV}{div}$	0,5	$0,1 \frac{V}{div}$
24	100	2,0	$10 \frac{mV}{div}$	4,7	$2 \frac{V}{div}$
25	1000	2,0	$10 \frac{mV}{div}$	4,6	$2 \frac{V}{div}$
26	5000	2,0	$10 \frac{mV}{div}$	3,8	$2 \frac{V}{div}$
27	7000	2,0	$10 \frac{mV}{div}$	3,2	$2 \frac{V}{div}$
28	4000	2,0	$10 \frac{mV}{div}$	4,0	$2 \frac{V}{div}$
29	3000	2,0	$10 \frac{mV}{div}$	4,2	$2 \frac{V}{div}$

\* hier wurde aufgehört  
da es außerhalb  
des Aufgaben-  
bereich  
des Oszl  
war

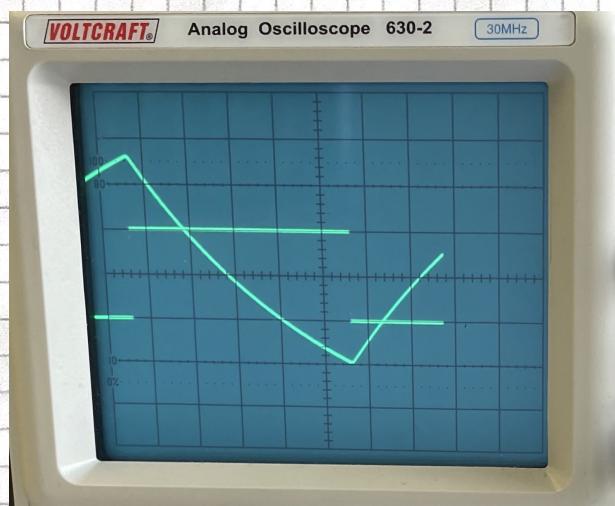
Ablesefehler beträgt  $\pm 0,5$  div für Ua, Ue.

Teil 4) Flankentzeit bei  $R_2 = 4,7 k\Omega$ .

$$T = 4,4 \text{ bei } 5 \frac{ms}{div}$$

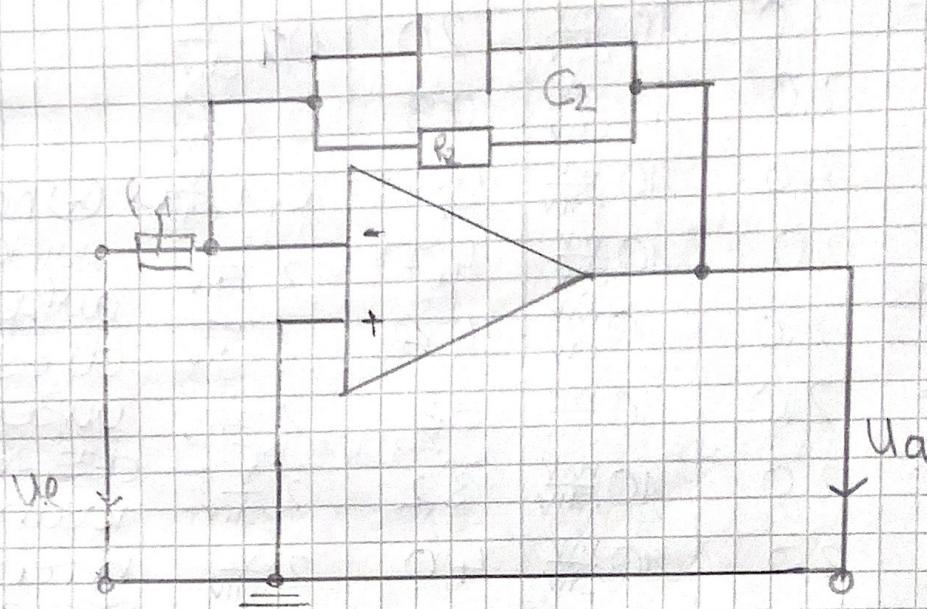
Voltauflösung:  $1 \frac{V}{div}$

wurde wieder mit dem Oszilloskop aufgenommen

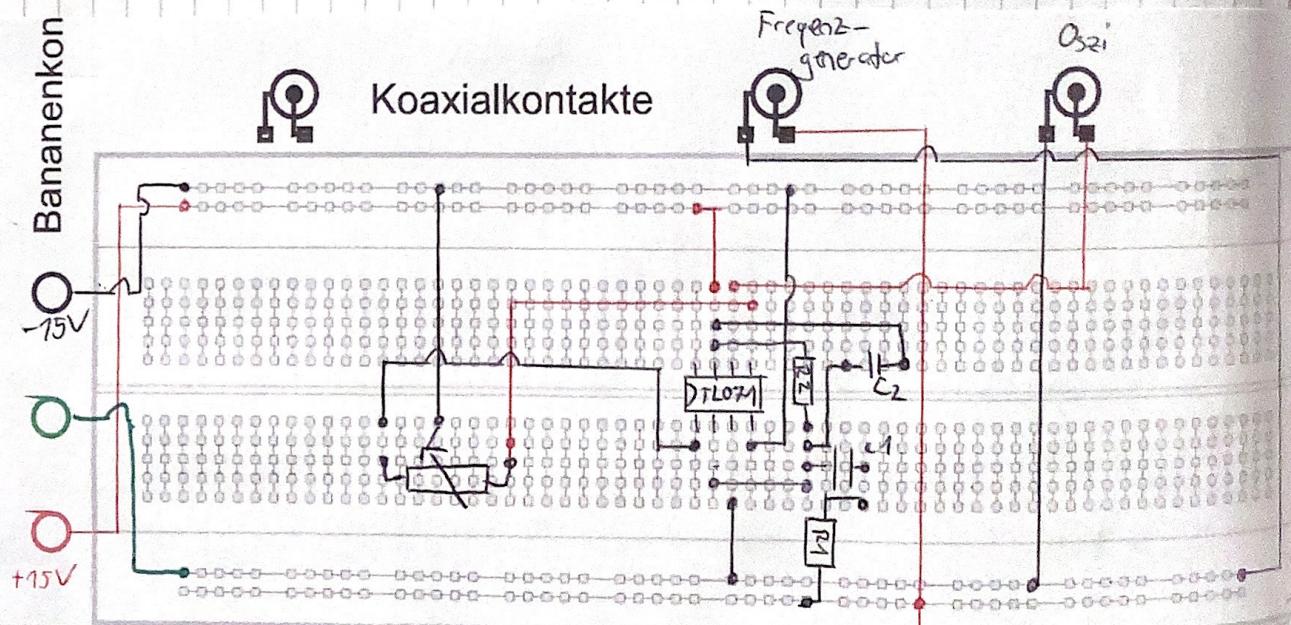


### 3. Umkehrintegrator

Nun wird die Schaltung aus dem Skript EL2.5 (a) aufgebaut.



Auf dem Steckbrett:



Am Netzteil werden wieder 15V angelegt

Nun werden aber die Widerstände gemessen / überprüft:

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega \pm 1\%$$

$$R_1 = 9,99 \text{ k}\Omega \text{ (gemessen) (DMM)}$$

$$R_2 = 1 \text{ M}\Omega \pm 1\%$$

$$R_2 = 0,999 \text{ M}\Omega \text{ gemessen (DMM)}$$

B

Für den Kondensator wird  $C_2 = 10 \text{ nF}$  verwendet. Mit gemessen:  $C_2 = 10,17 \text{ nF}$  (VM)

Der Nullstellenabgleich ist nicht nötig, da der Offsetfehler  $0,002 \text{ V}$  beträgt.

Die Amplitude wird als gering eingestellt, da aufsummiert wird.

\* Es wird die Rechteckspannung am Eingang ~~am Netzteil~~ eingestellt. Beobachtet wird die Ausgangsspannung auf dem Oszilloskop beobachtet für die Eingangs frequenzen 10 Hz, 100 Hz und 1 kHz.

Die Eingangsspannung beträgt 10 mV.

- Bild 1:
- $f = 1 \text{ Hz}$
  - channel 1:  $20 \frac{\text{mV}}{\text{div}}$
  - channel 2:  $0,5 \frac{\text{mV}}{\text{div}}$
  - Zeit:  $10 \frac{\text{ms}}{\text{div}}$

- Bild 2:
- $f = 100 \text{ Hz}$
  - channel 1:  $20 \frac{\text{mV}}{\text{div}}$
  - channel 2:  $0,5 \frac{\text{mV}}{\text{div}}$
  - Zeit:  $2 \frac{\text{ms}}{\text{div}}$

- Bild 3:
- $f = 1 \text{ kHz}$
  - channel 1:  $20 \frac{\text{mV}}{\text{div}}$
  - channel 2:  $50 \frac{\text{mV}}{\text{div}}$
  - Zeit:  $0,2 \frac{\text{ms}}{\text{div}}$

BT

Bild ①

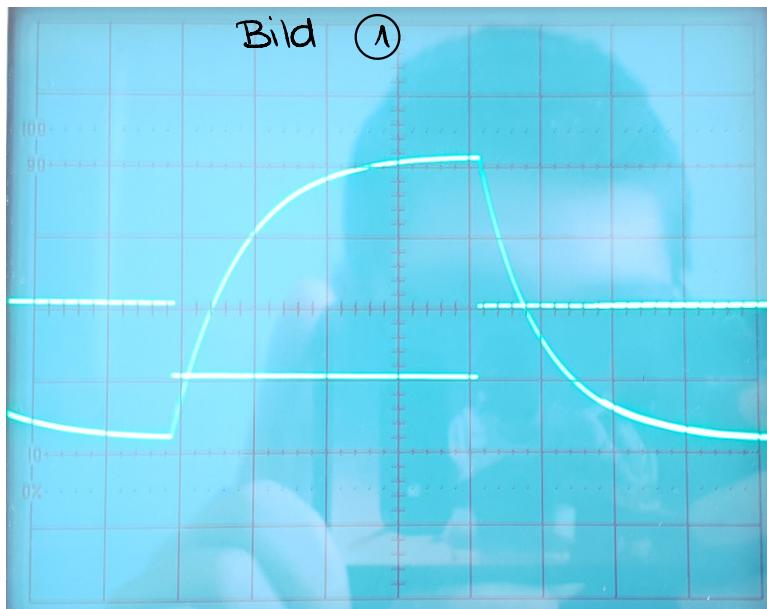


Bild ②

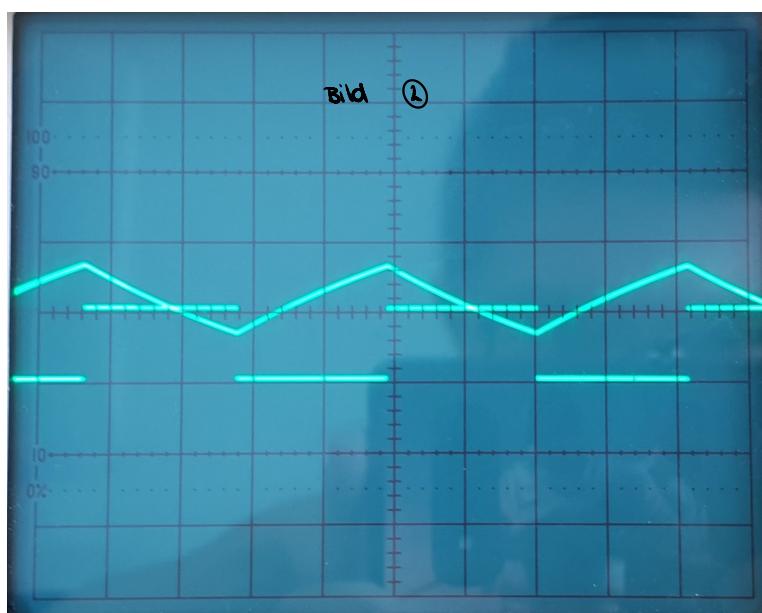
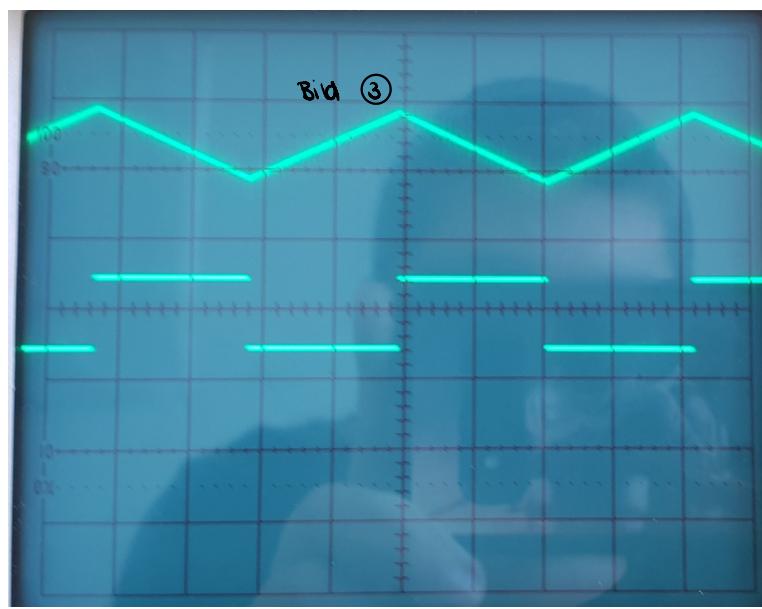


Bild ③



Nun wird der Frequenzgang der Verstärkung untersucht.

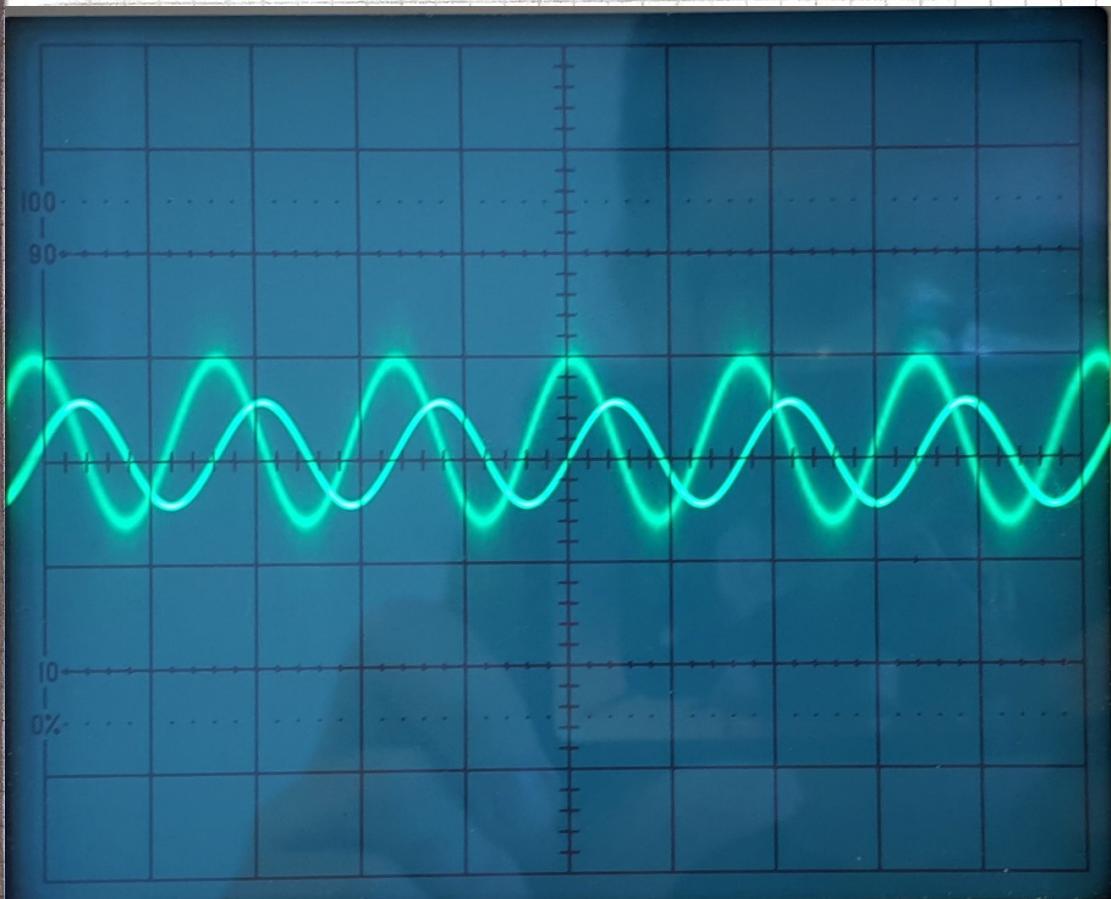
Das Netzteil wird auf Sinusspannung eingestellt.

Die Eingangsspannung beträgt  $U_a = 20 \text{ mV}$   
Der Ablesefehler beträgt  $\pm 0,5 \text{ div}$

Nr.	f in Hz	$U_a$ indir	
1	1	2,0	1 $\frac{\text{V}}{\text{div}}$
2	500	1,2	50 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$
3	1000	1,6	20 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$
4	1500	1,0	20 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$
5	2000	0,8	20 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$
6	2500	0,6	20 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$
7	3000	0,6	20 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$
8	4000	0,4	20 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$
9	5000	0,4 $\frac{1}{2}$	20 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$
10	6000	0,4 $\frac{1}{2}$ , 0,3 $\frac{1}{2}$	20 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$
11	7000	0,3	20 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$
12	8000	0,2	20 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$
13	9000	0,2	20 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$
14	10000	0,2	20 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$
15	100	3,2	0,1 $\frac{\text{V}}{\text{div}}$
16	700	1,0	50 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$
17	900 30	2,0	0,5 $\frac{\text{V}}{\text{div}}$
18	300	1,0	0,1 $\frac{\text{V}}{\text{div}}$
19	50	3,1	0,2 $\frac{\text{V}}{\text{div}}$

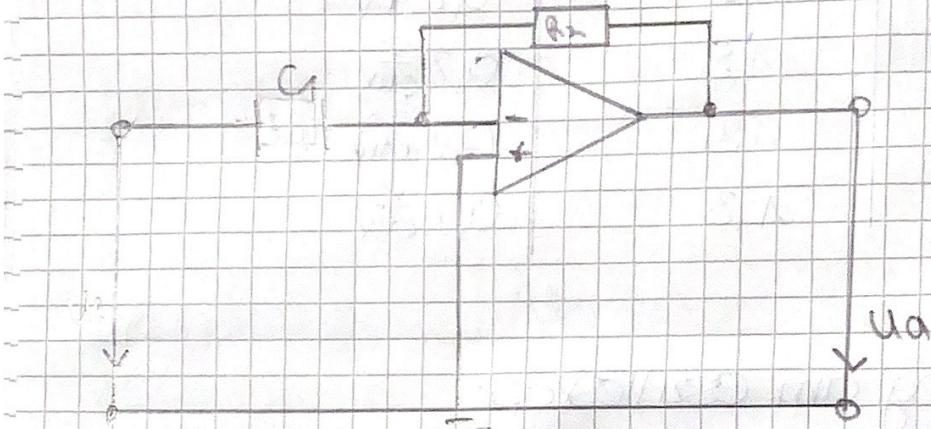
Nr.	f in Hz	Ua in div	
20	60	2,5	0,2 V/div
21	70	2,2	0,2 V/div
22	80	2,0	0,2 V/div
23	90	1,8	0,2 V/div
24	110	1,4	0,2 V/div
25	120	1,3	0,2 V/div

Die Sinusspannung am Oszilloskop:

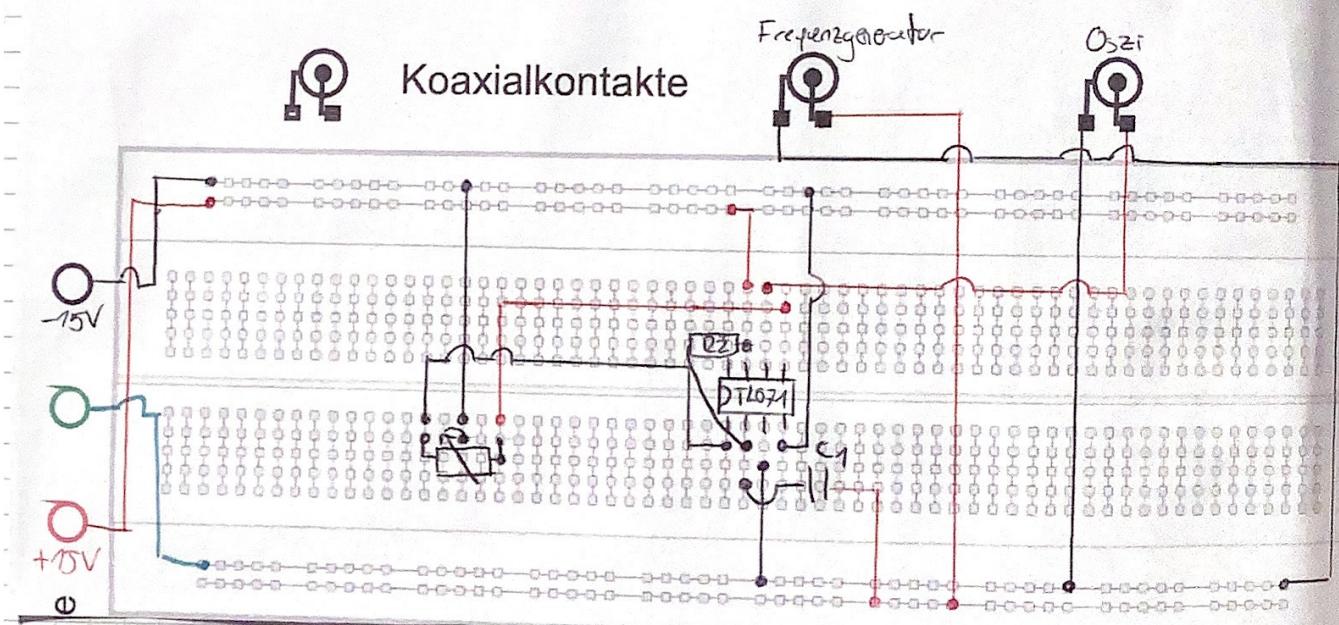


#### 4. Umkehrdifferenzverstärker

Nun wird die Schaltung aus Abb. E12.4 (b) aufgebaut.



Steckbrett:



wobei

$$R_2 = 10 \text{ k}\Omega \pm 1\%$$

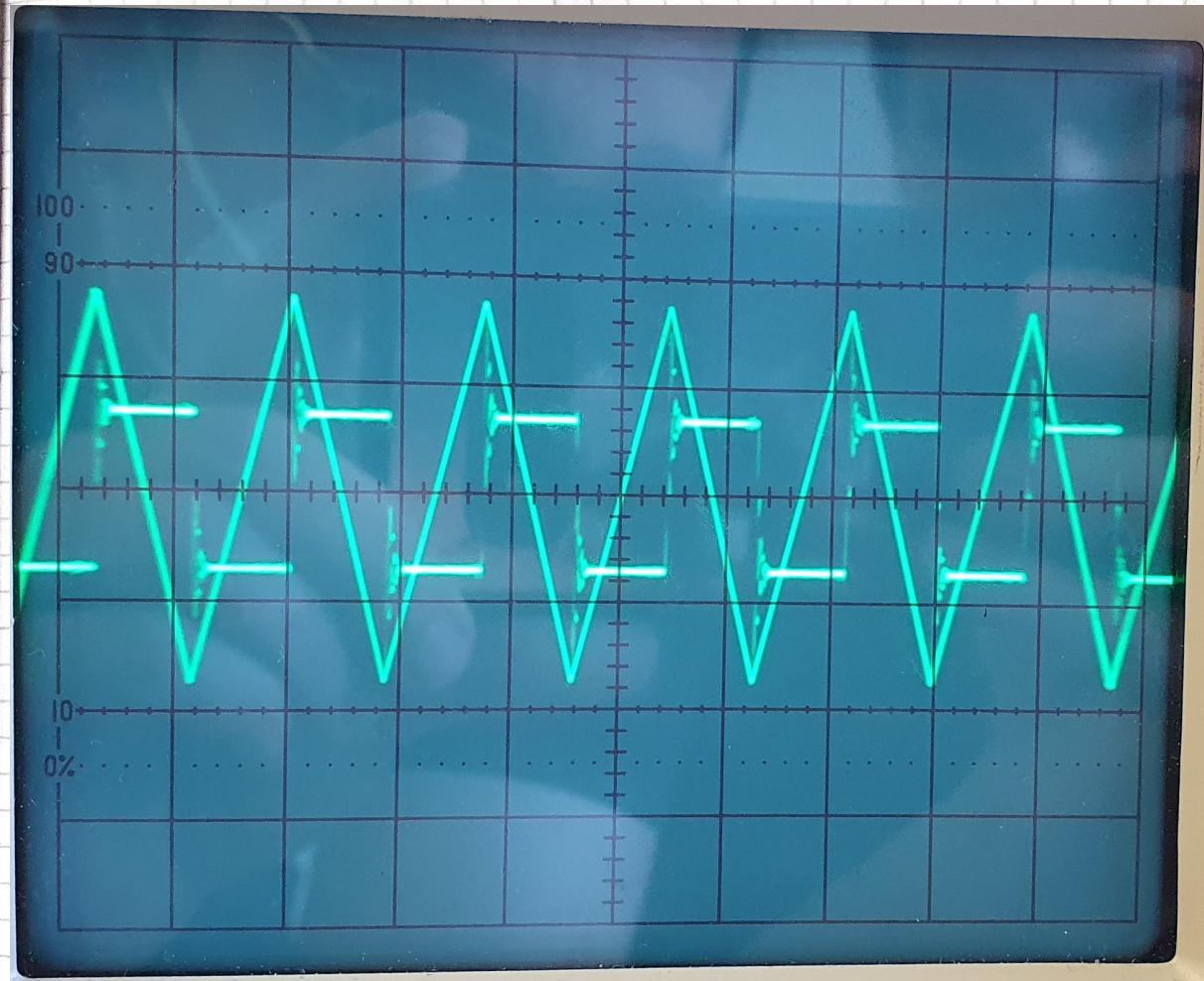
$$R_2 = 9,99 \text{ k}\Omega \text{ gemessen (DMM)}$$

$$C_1 = 10 \text{ nF}$$

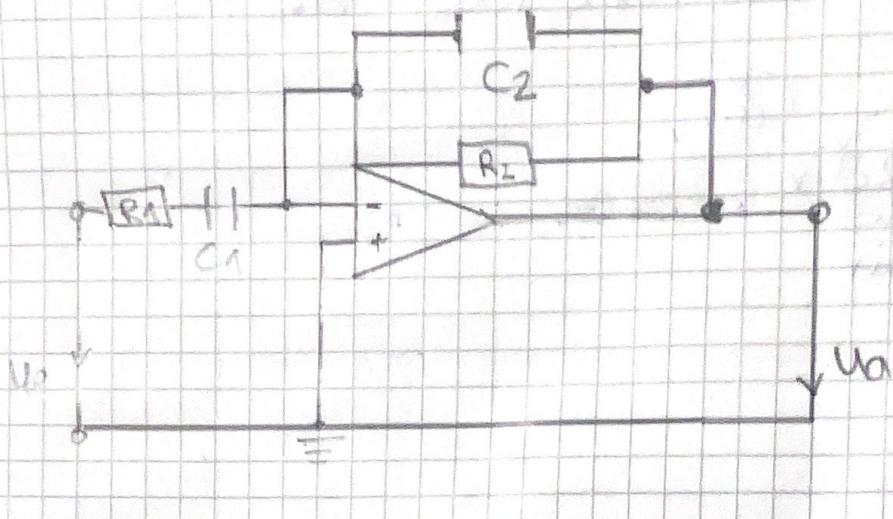
Der Offsetfehler beträgt  $0,003 \text{ V}$ .  
Kein Nullabgleich nötig.

Am Oszilloskop wird die Übertragung einer Dreiecksspannung bei  $f = 1 \text{ kHz}$  beobachtet.  
Die Eingangsspannung beträgt 7V.

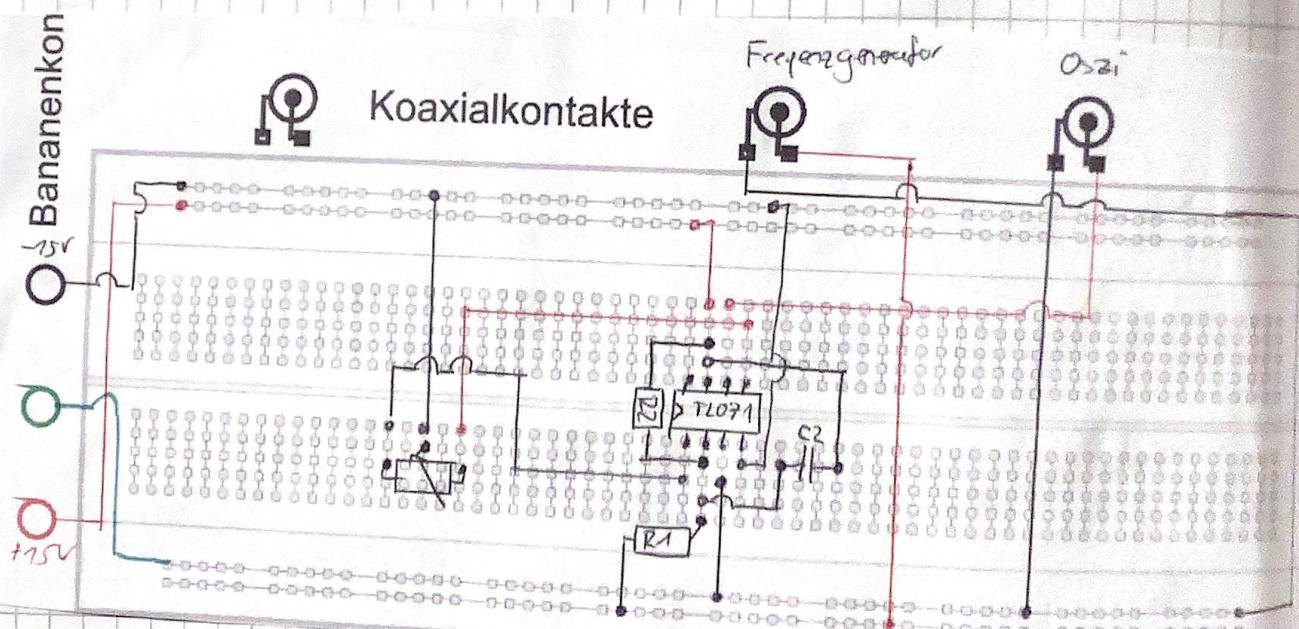
- Ea channel 1:  $2 \frac{\text{V}}{\text{div}}$
- channel 2:  $2 \frac{\text{V}}{\text{div}}$
- Zeit:  $0,5 \frac{\text{ms}}{\text{div}}$



Als nächstes wird die Abbildung E12.5 (b) aufgebaut.



Steckbrett:



Hinzugefügt wurden

$$R_1 = 1 \text{ k} \Omega \pm 1\%$$

$$R_1 = 0,997 \text{ k} \Omega \quad (\text{gemessen DMM})$$

$$C_2 = 1 \text{ nF} \quad (\text{gemessen mit VMM})$$

Der Offsetfehler beträgt 0 V.

Hier wird beobachtet wie sich das Ausgangssignal ändert.

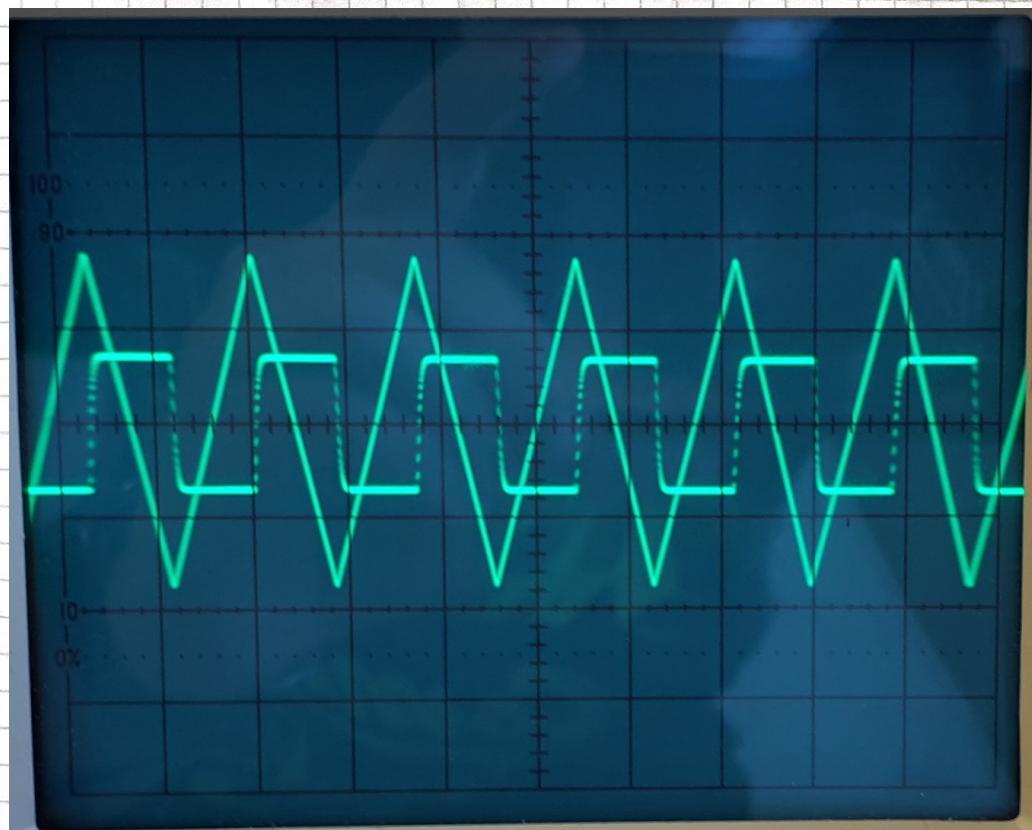
Amplitude beträgt ~~2V~~ 1.7V.

channel 1 & 2: 2 div

Erste 3 grobe Beobachtung: D

Der differenzierte Teil ist deutlich „Rechteckförmiger“.

Das Netzteil ist noch auf Dreiecksspannung eingestellt.



Nun wird der Frequenzgang der Verstärkung gemessen.

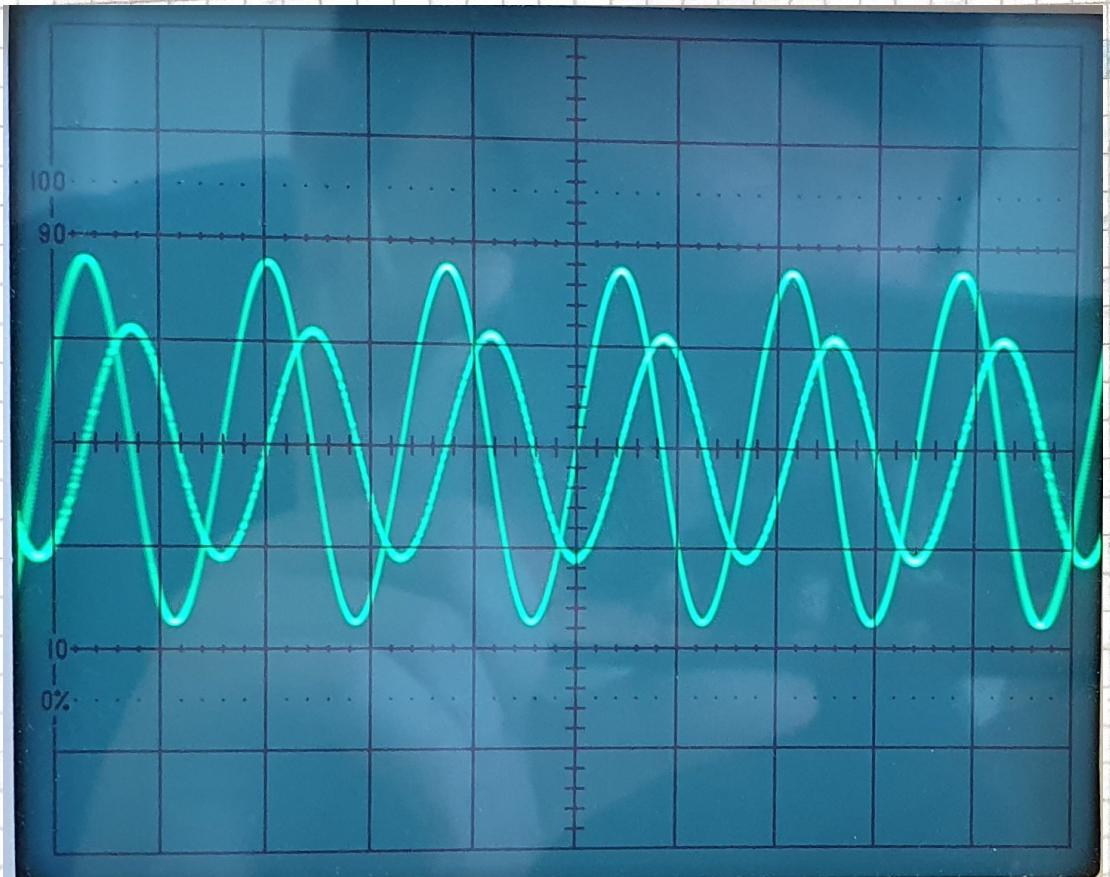
Eingangsspannung beträgt ~~28~~ 4V. AC.

Netzteil ist auf Sinusspannung umgestellt.

Nr.	f in Hz	Uo indiv	$\frac{mV}{div}$
1	10	2,3	<del>20</del> $\frac{mV}{div}$
2	$5 \cdot 10^4$		
1	10	1,4	5 $\frac{mV}{div}$
2	$1 \cdot 10^3$	3,2	<del>0,2</del> $\frac{mV}{div}$
3	$2 \cdot 10^3$	2,5	0,5 $\frac{mV}{div}$
4	$4 \cdot 10^3$	4,8	0,5 $\frac{mV}{div}$
5	$8 \cdot 10^3$	4	1 $\frac{mV}{div}$
6	$10 \cdot 10^3$	4,5	1 $\frac{mV}{div}$
7	$12 \cdot 10^3$	4,8	1 $\frac{mV}{div}$
8	$13 \cdot 10^3$	4,8	1 $\frac{mV}{div}$
9	$14 \cdot 10^3$	4,8	1 $\frac{mV}{div}$
10	$15 \cdot 10^3$	4,9	1 $\frac{mV}{div}$
11	$16 \cdot 10^3$	4,9	1 $\frac{mV}{div}$
12	$17 \cdot 10^3$	4,9	1 $\frac{mV}{div}$
13	$18 \cdot 10^3$	4,8	1 $\frac{mV}{div}$
14	$19 \cdot 10^3$	4,8	1 $\frac{mV}{div}$
15	$20 \cdot 10^3$	4,7	1 $\frac{mV}{div}$
16	$22 \cdot 10^3$	4,6	1 $\frac{mV}{div}$
17	$24 \cdot 10^3$	4,4	1 $\frac{mV}{div}$
18	$26 \cdot 10^3$	4,2	1 $\frac{mV}{div}$
19	$28 \cdot 10^3$	4,0	1 $\frac{mV}{div}$

Nr.	$f \text{ in Hz}$	$U_a \text{ individ}$	
20	$30 \cdot 10^3$	3,9	$1 \frac{V}{div}$
21	$35 \cdot 10^3$	3,5	$1 \frac{V}{div}$
22	$40 \cdot 10^3$	3,2	$1 \frac{V}{div}$
23	$45 \cdot 10^3$	2,9	$1 \frac{V}{div}$
24	$50 \cdot 10^3$	2,6	$1 \frac{V}{div}$
25	$60 \cdot 10^3$	2,3	$1 \frac{V}{div}$
26	$70 \cdot 10^3$	2,0	$1 \frac{V}{div}$
27	$80 \cdot 10^3$	3,5	$0,5 \frac{V}{div}$
28	$90 \cdot 10^3$	3,2	$0,5 \frac{V}{div}$
29	$100 \cdot 10^3$	4,2	$50 \frac{mV}{div}$

Der Ablesefehler beträgt wieder  $\pm 0,5 \text{ div}$ .



## 5. Fehler und Messgeräte:

### i) Oszilloskop

Analog VOLTCRAFT 630-2

Nr. 71449

Eingangsimpedanz:  $1M\Omega / 25pF$

Genauigkeit: für  $X$  und Zeit:  $\leq 3\%$ .

~~Axes~~

### ii) Frequenzgenerator:

Agilent 33220 A

Nr. 7

Inventar: 72787

Genauigkeit (Amplitude)  $\pm 1\% \cdot \text{of setting} \pm 1mV_{pp}$

Genauigkeit (Frequenz):  $0,04\%$  (DC bis 20kHz)

### iii) DMM

VOLTCRAFT VC 270 (2 Stück)

Genauigkeit (Spannung):

400mV:  $\pm (0,8\% + 3)$

$\rightarrow$  Auflösung: 0,1mV

Genauigkeit (Widerstand):

$400\Omega \quad \pm (1,2\% + 2) \quad Sa = 0,1\Omega$

bis  $400k\Omega \quad \pm (1,0\% + 2) \quad \otimes$

bis  $4M\Omega \quad \pm (1,2\% + 2) \quad Sa = 0,001M\Omega$

bis  $40M\Omega \quad \pm (1,5\% + 2) \quad Sa = 0,01M\Omega$

$\otimes 4\Omega \quad Sa = 0,001\Omega$

$40\Omega \quad Sa = 0,01\Omega$

$400\Omega \quad Sa = 0,1\Omega$

IV) Spannungsnetzteil

Nr. 1

Power supply HM7042-5

V) Kondensator-Messung: (VU)

Monacor

CU-200

(Keine HDS Anleitung f. Fehler vorhanden)

## 6 Unterschriften

Bayreuth, 55.10.2021

Ralf Schwanitz  
MES: Paul Schwanitz

Anna-Maria Pleyer  
Rö: Anna-Maria Pleyer

Dominik Müller  
AUS: ~~Paul~~ Dominik Müller