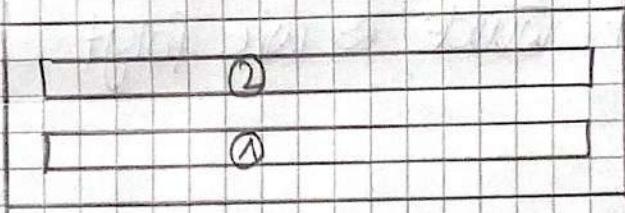


# Versuch Operationsverstärker

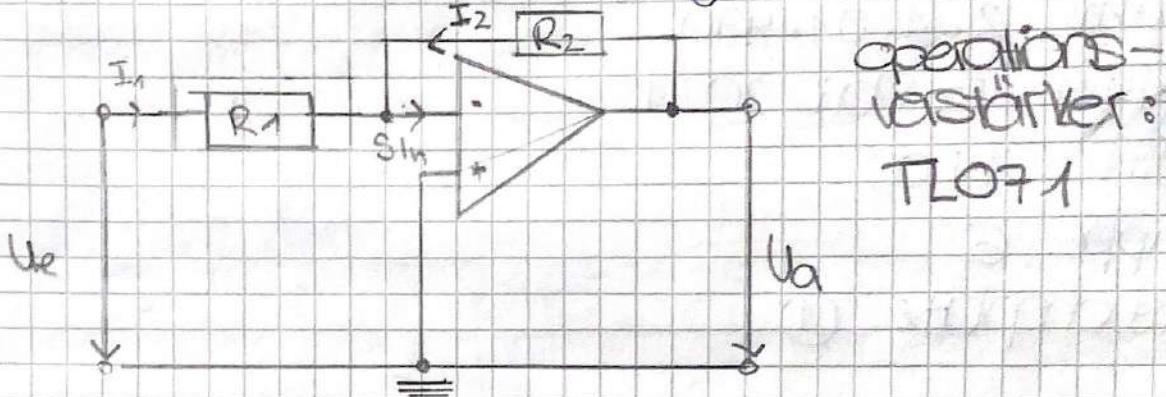
## 1. Allgemeines

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

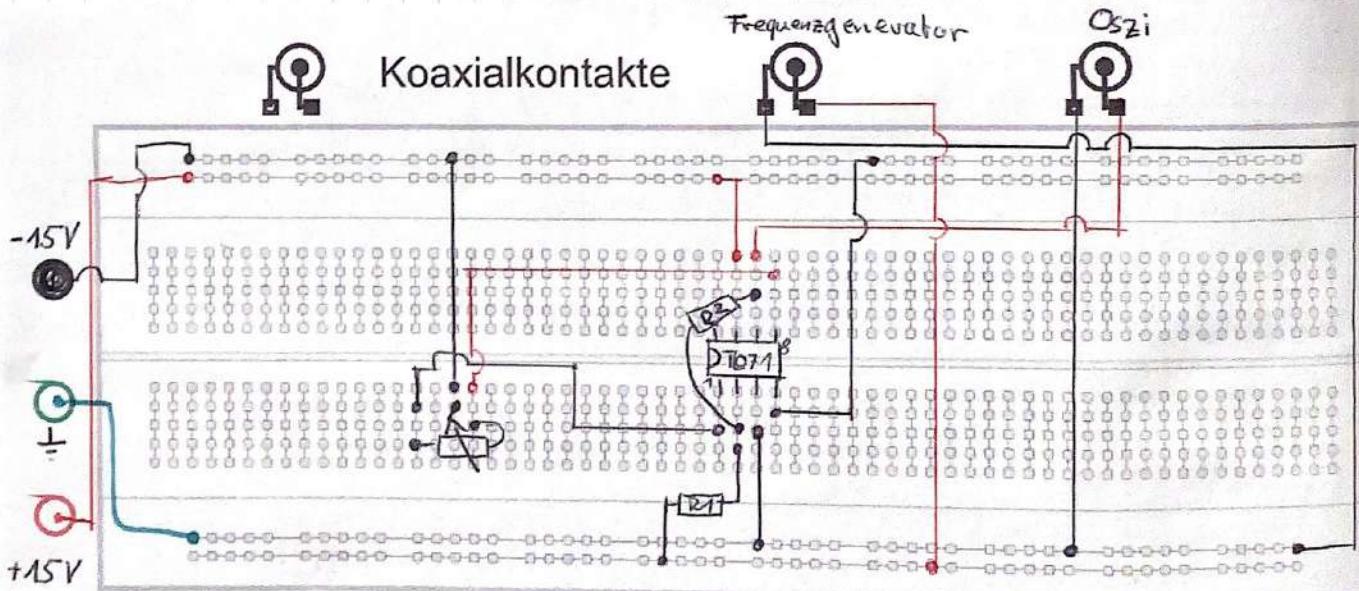


## 2. Umkehrverstärker

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 Flankenabfall-  
zeit  $\tau$  bei der Übertragung einer Recht-  
eckspannung untersucht.

\* Die Grenzfrequenz oder Bandbreite ist der Frequenz-  
bereich, in dem dem 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 Opex gefallen, nach erneuter 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  $U_a$  

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

 Channel 1  
 channel 2

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

Nr.	f in Hz	$U_e$ in	div	OSZI	$U_a$ 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							
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 ungenauet:  $U_a = 1 \text{ div}$

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

\*\*\* Großer Fehler:

$$1' f = 10 \text{ Hz} \quad U_e = 2,0 \quad 10 \frac{mV}{div} \quad U_a = 4,0 \quad 0,5 \frac{V}{div}$$

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

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

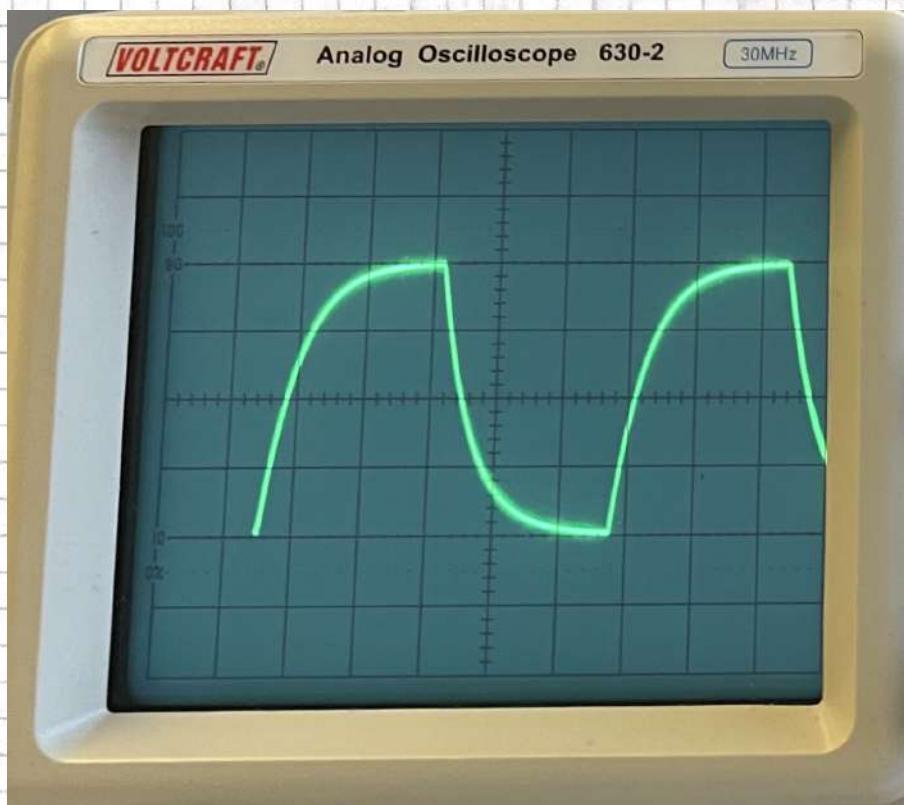
Die Frequenz  $f = 19\text{kHz}$ . Die Zeit ist  
0,8 div bei  $10 \frac{\mu\text{s}}{\text{div}}$ .

Ablesefehler ist 0,2 div.

Einstellung: 0,5 div

$R_1 = 1M\Omega$

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	Uebnv) Oszil	Uvalv)	
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 $\frac{\text{mV}}{\text{div}}$	6,3 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	$0,1 \frac{V}{div}$ <span style="margin-left: 20px;">*) hier wurde aufgehört</span>
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	$2 \frac{V}{div}$

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

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

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

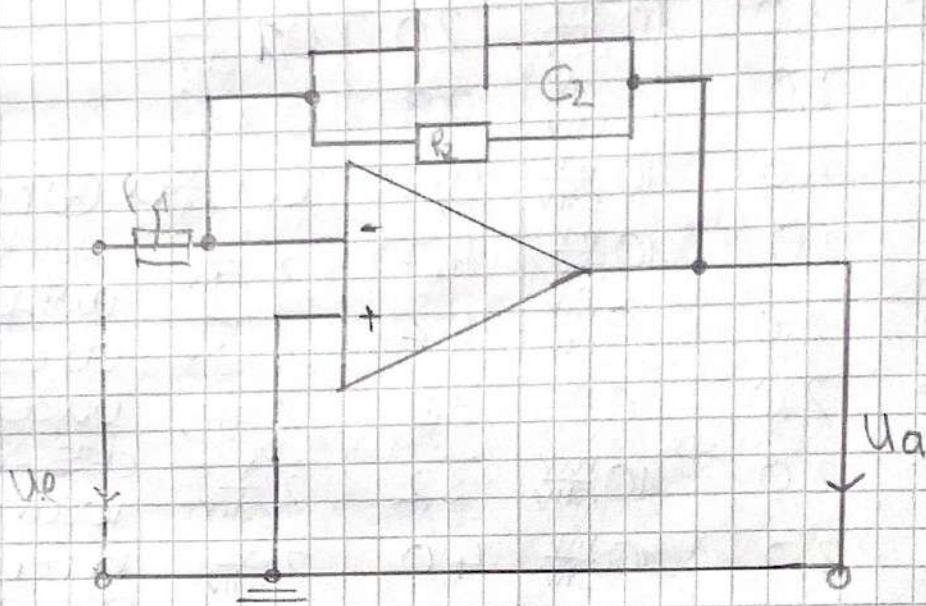
Voltauflösung:  $1 \frac{V}{div}$

wurde wieder mit dem Oszilloskop aufgenommen

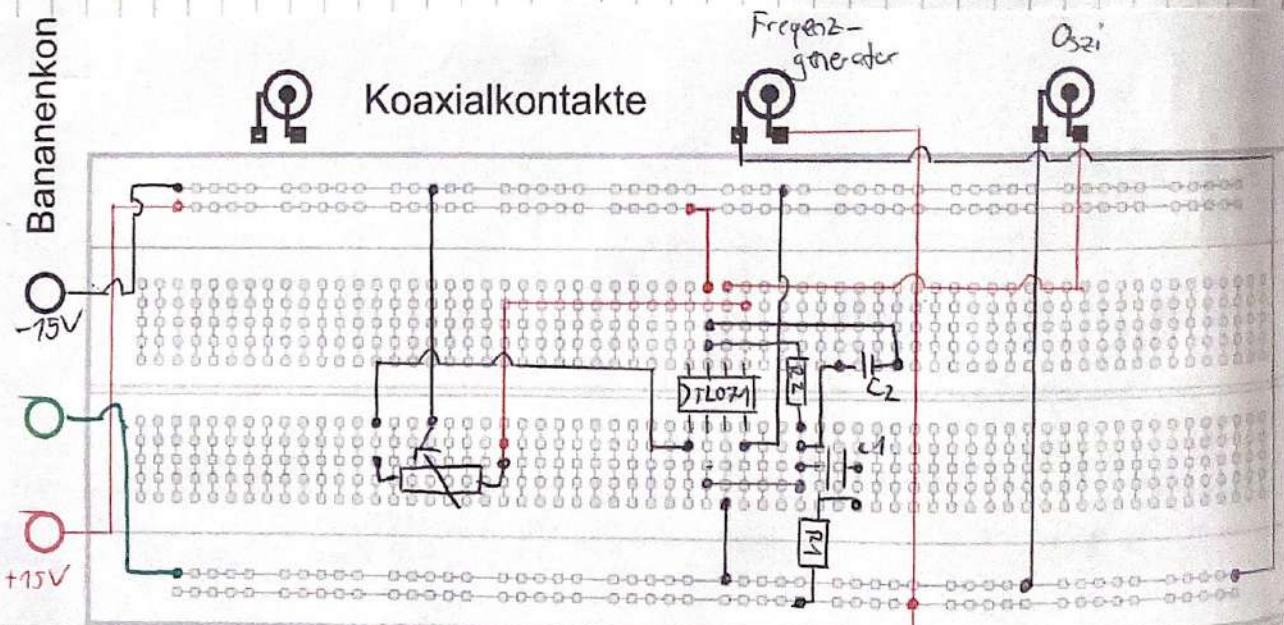


### 3. Umkehrintegrator

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



Auf dem Steckbrett:



Am Netzteil werden wieder 15V angelegt

Nun werden dann die Widerstände gemessen / überprüft:

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

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

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

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

E

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:  $0,2 \frac{\text{ms}}{\text{div}}$

B+

Bild ①

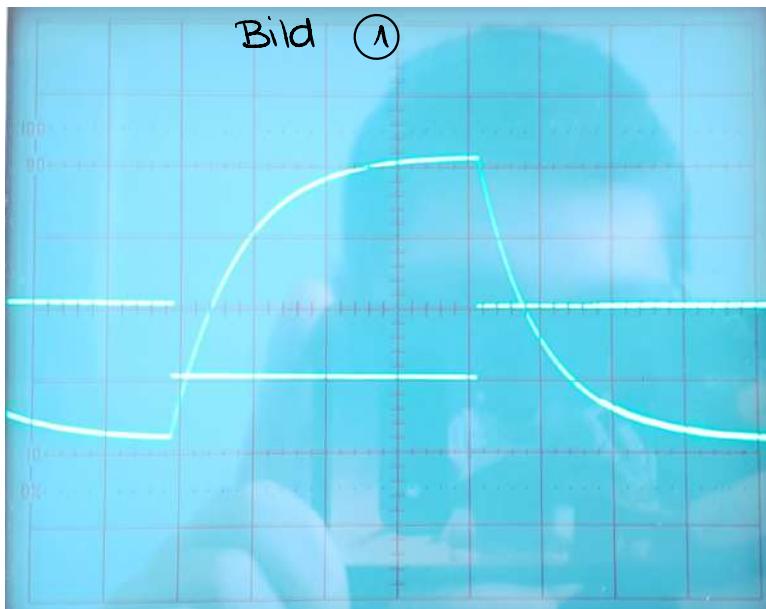


Bild ②

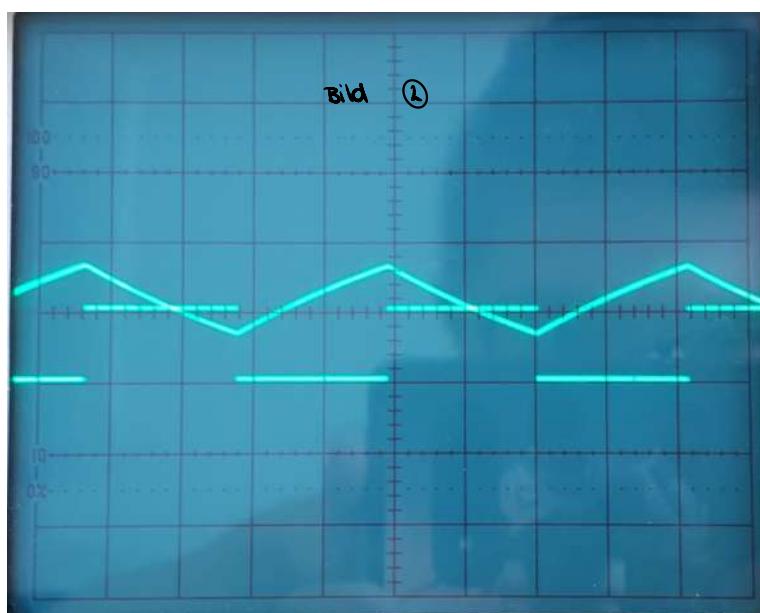
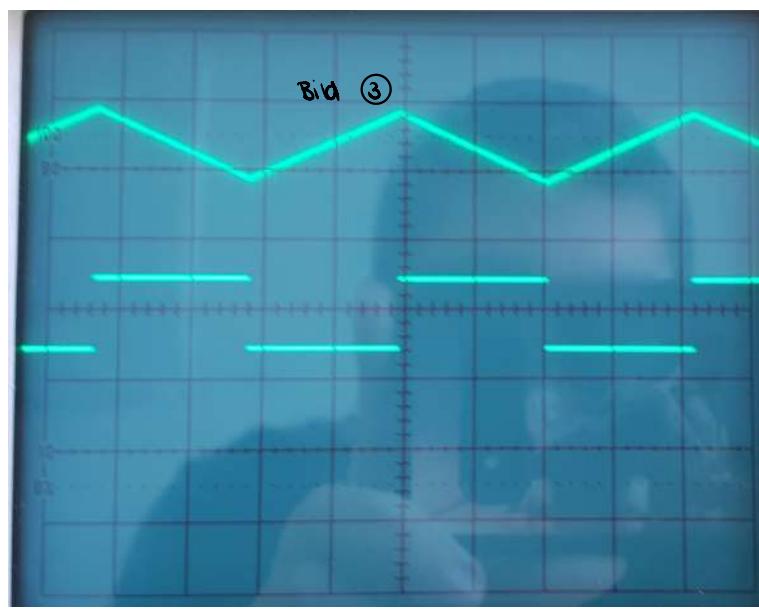


Bild ③



Nun wird der Frequenzgang der Verstärkung untersucht.

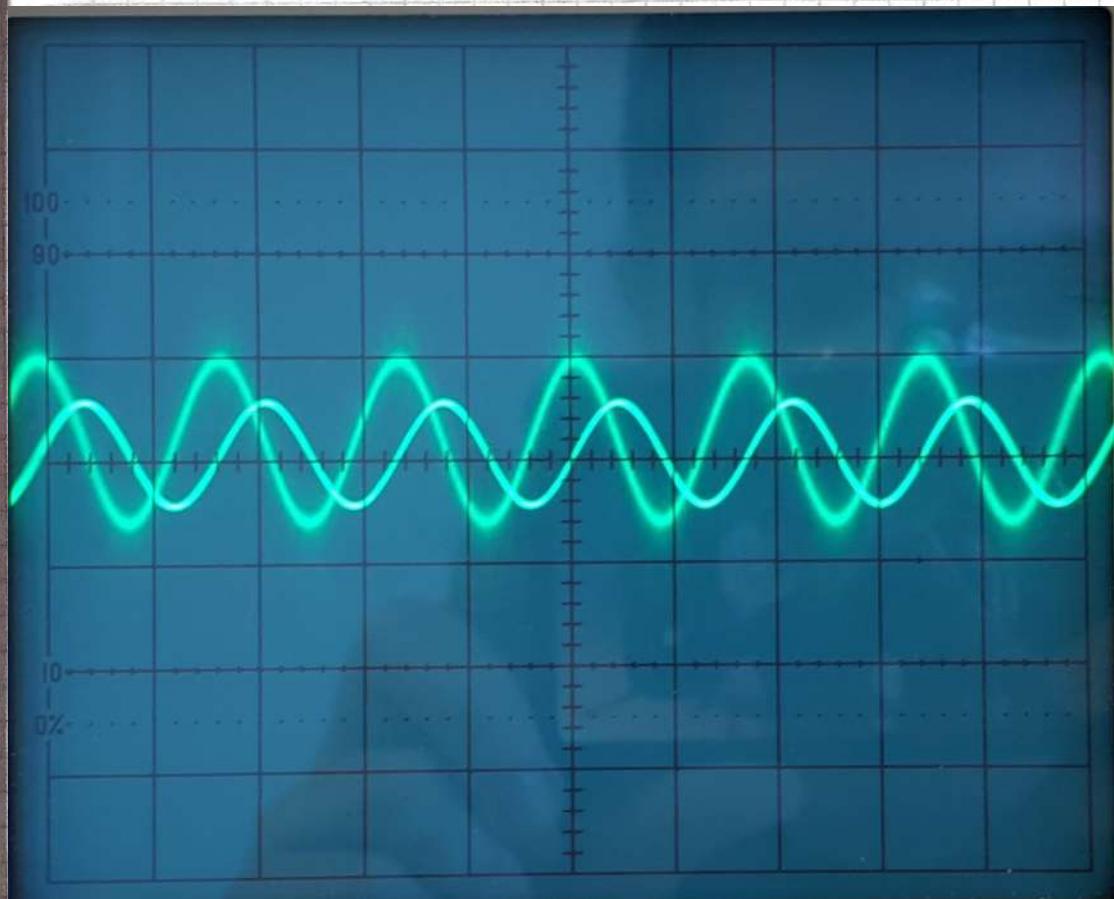
Das Netzteil wird auf Sinusspannung eingestellt.

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 $\frac{\text{V}}{\text{div}}$

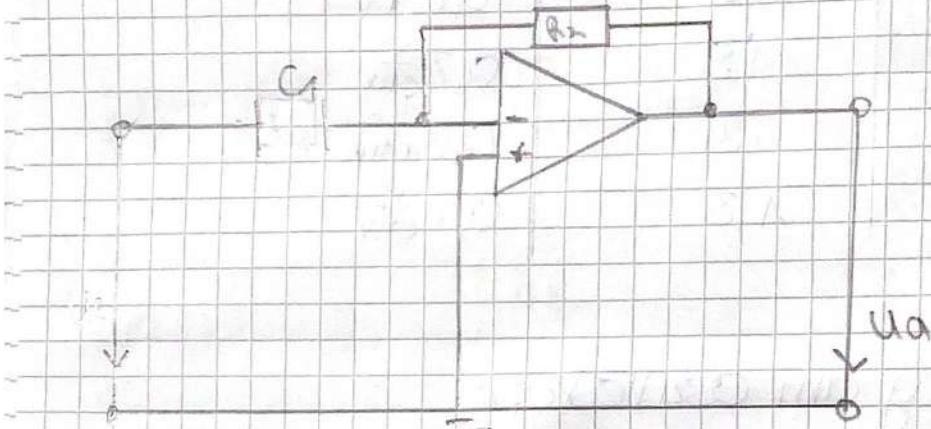
Nr.	f in Hz	Ua in div	
20	60	2,5	0,2 div
21	70	2,2	0,2 div
22	80	2,0	0,2 div
23	90	1,8	0,2 div
24	110	1,4	0,2 div
25	120	1,3	0,2 div

Die Sinusspannung am Oszilloskop:

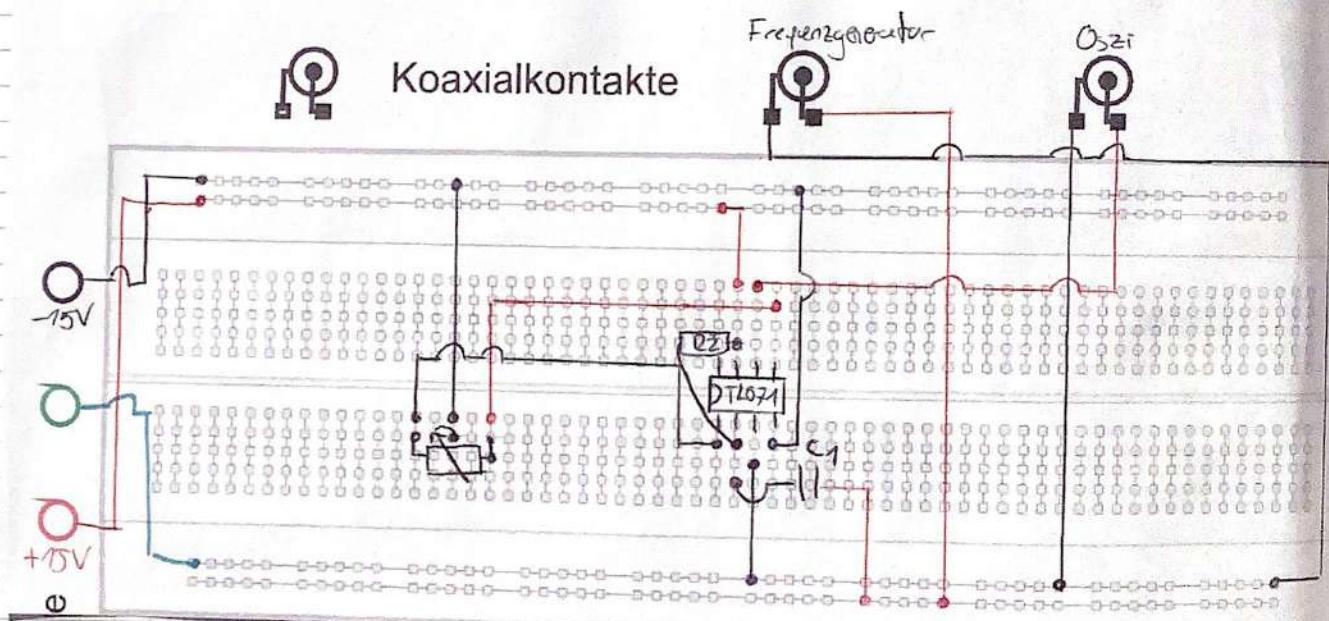


#### 4. Umkehrdifferenzverstärker

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



Stahlbrett:



wobei

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

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

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

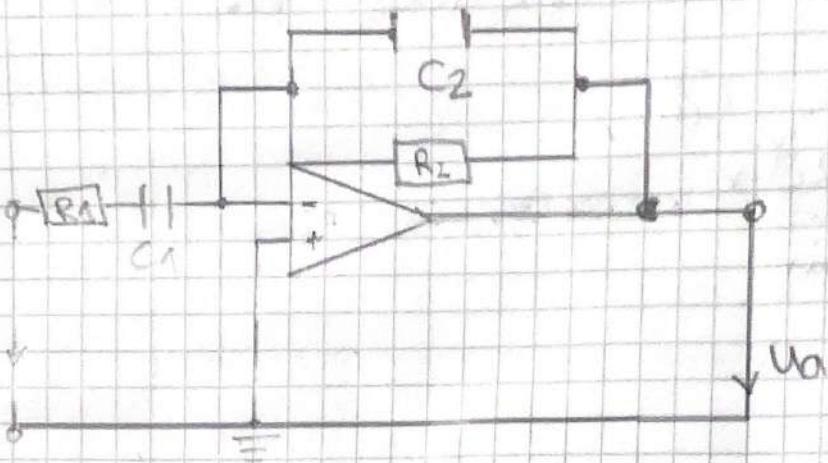
Der Offsetfehler beträgt 0,003V.  
Kein Nullabgleich nötig.

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

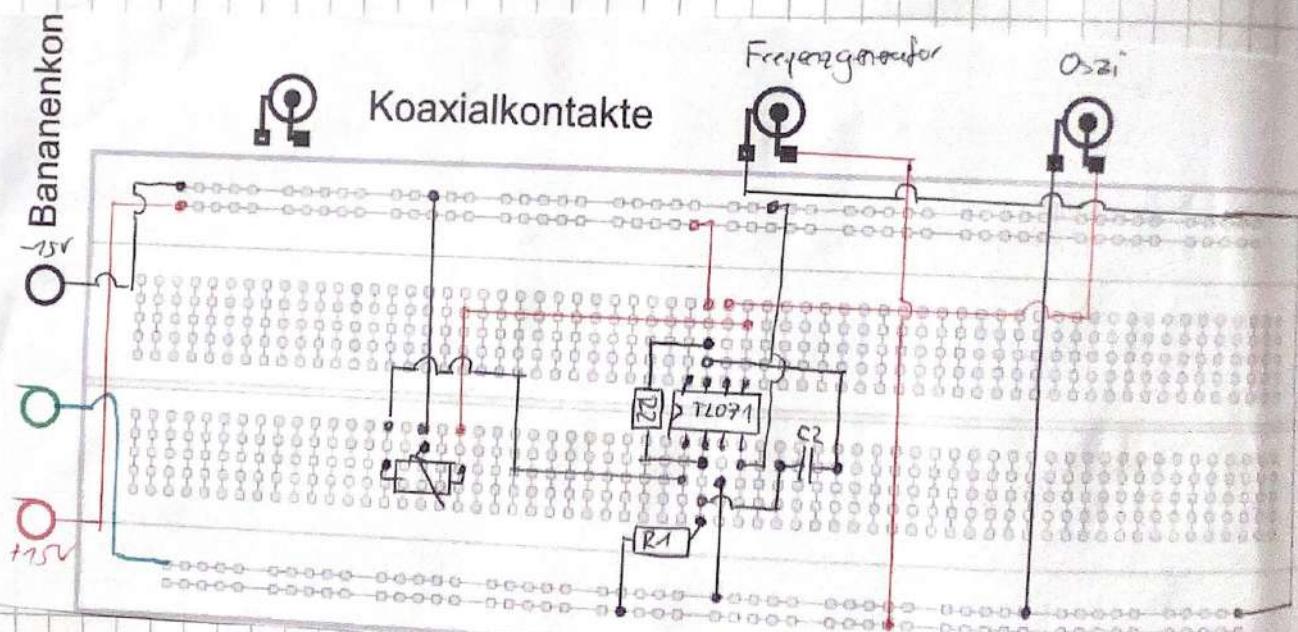
- ea channel 1:  $2 \frac{\text{V}}{\text{div}}$
- channel 2:  $2 \frac{\text{V}}{\text{div}}$
- zeit:  $0,5 \frac{\text{ms}}{\text{div}}$



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



Steckbrett:



Hinzugefügt wurden

$$R_1 = 1\kappa \text{ n} \pm 1\%$$

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

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

Der Offsetfehler beträgt 0V.

Hier wird beobachtet wie sich das Ausgangssignal ändert.

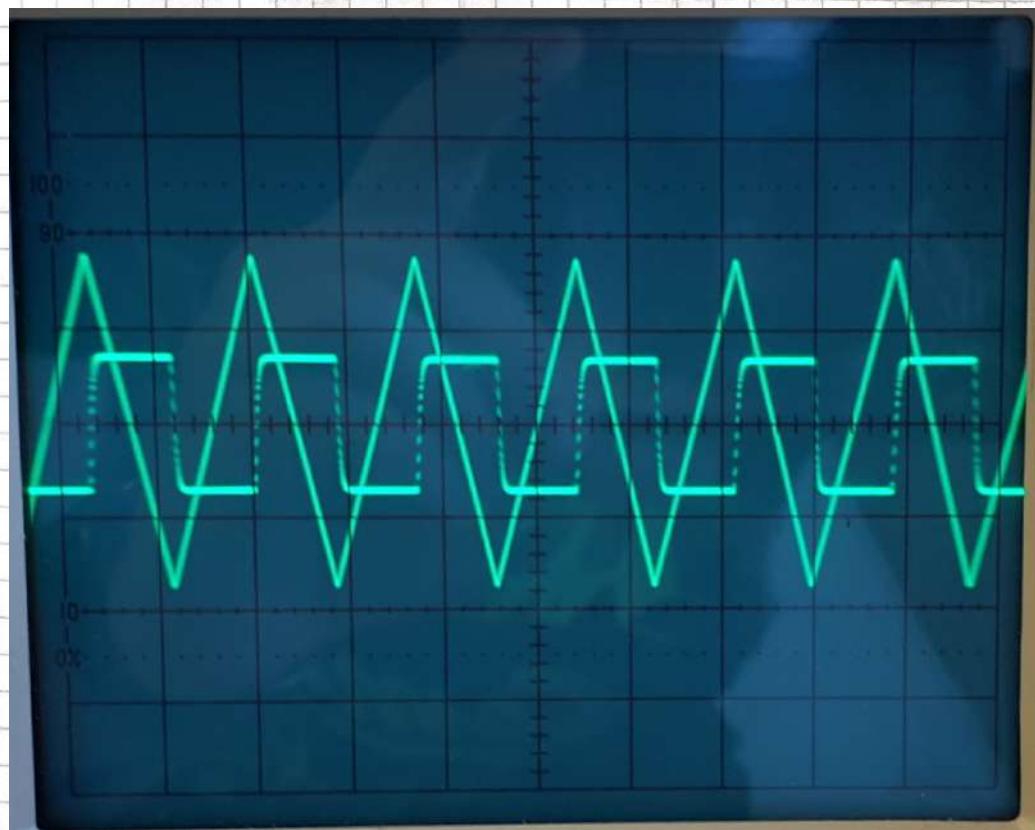
Amplitude beträgt ~~7V~~ 7V.

channel 1 & 2: 2 div

Erste 3 grobe Beobachtung: 3

Der differenzierte Teil ist deutlich „Rechteckförmiger“.

Das Netzteil ist noch auf Dreiecksspannung eingestellt.



Nun wird der Frequenzgang der Verstärkung gemessen:

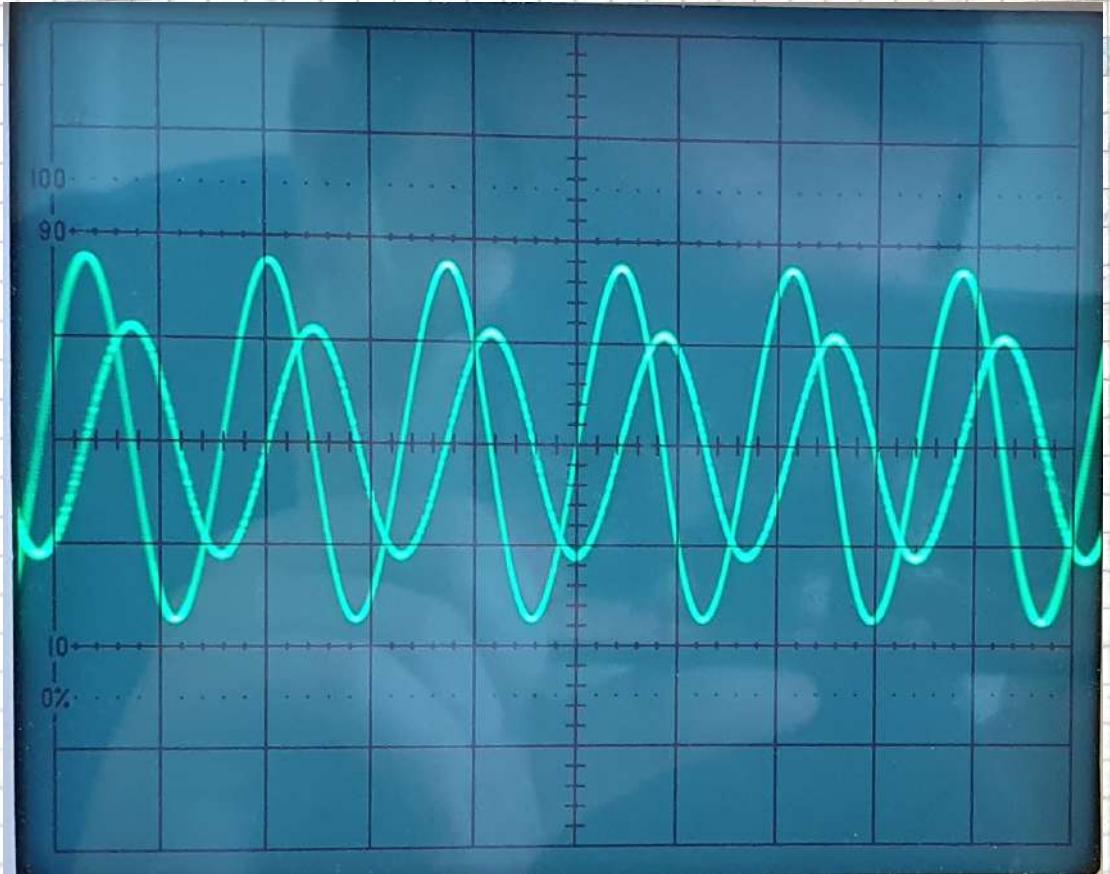
Eingangsspannung beträgt ~~27~~ 4V. AC.

Netzteil ist auf Sinusspannung umgestellt.

Nr.	f in Hz	Uo indiv	<del>mv</del>
1	10	2,3	20 <del>div</del>
2	50000		
1	10	1,4	5 <del>div</del>
2	$1 \cdot 10^3$	3,2	0,2 <del>div</del>
3	$2 \cdot 10^3$	2,5	0,5 <del>div</del>
4	$4 \cdot 10^3$	4,8	0,5 <del>div</del>
5	$8 \cdot 10^3$	4	1 <del>V</del> <del>div</del>
6	$10 \cdot 10^3$	4,5	1 <del>V</del> <del>div</del>
7	$12 \cdot 10^3$	4,8	1 <del>V</del> <del>div</del>
8	$13 \cdot 10^3$	4,8	1 <del>V</del> <del>div</del>
9	$14 \cdot 10^3$	4,8	1 <del>V</del> <del>div</del>
10	$15 \cdot 10^3$	4,9	1 <del>V</del> <del>div</del>
11	$16 \cdot 10^3$	4,9	1 <del>V</del> <del>div</del>
12	$17 \cdot 10^3$	4,9	1 <del>V</del> <del>div</del>
13	$18 \cdot 10^3$	4,8	1 <del>V</del> <del>div</del>
14	$19 \cdot 10^3$	4,8	1 <del>V</del> <del>div</del>
15	$20 \cdot 10^3$	4,7	1 <del>V</del> <del>div</del>
16	$22 \cdot 10^3$	4,6	1 <del>V</del> <del>div</del>
17	$24 \cdot 10^3$	4,4	1 <del>V</del> <del>div</del>
18	$26 \cdot 10^3$	4,2	1 <del>V</del> <del>div</del>
19	$28 \cdot 10^3$	4,0	1 <del>V</del> <del>div</del>

Nr.	f in Hz	Ua 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 Volcraft 630-2

Nr. 71449

Eingangsimpedanz:  $1M\Omega / 25 pF$

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) OMH

Volcraft VC 270 (2 Stück)

Genauigkeit (Spannung):

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

$\rightarrow$  Auflösung: 0,1mV

Genauigkeit (Widerstand):

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

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

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

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

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

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

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

iv) Spannungsnetzteil

Nr. 1

Power supply HM7042-5

v) Kondensator- Messung: (VU)

Monacor

CU - 200

(Keine ~~keine~~ Anleitung f. Fehler vorhanden)

## 6 Unterschriften

Bayreuth, 55. HSC 2021

Ralf Schwanitz  
MES: Ralf Schwanitz

Anna-Maria Player  
AO: Anna-Maria Player

Dominik Müller  
AUS: ~~Paul~~ Dominik Müller