



P&S: Bau eines drahtlosen Infrarot-Kopfhörers

BERICHT

Präsentiert von: Stefano Ballarin
Thorbjörn Höllwarth

Betreut von: Christoph Sulser
Michael Lerjen

Professor: Prof. Dr.-Ing. Armin Wittneben

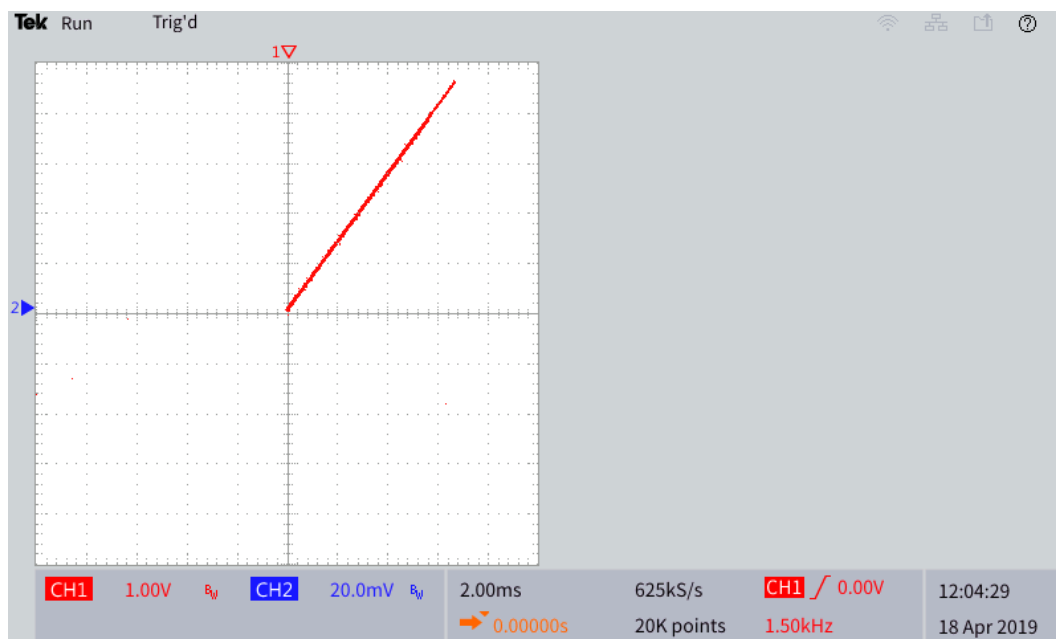
Mai 2019

3.2) 1)

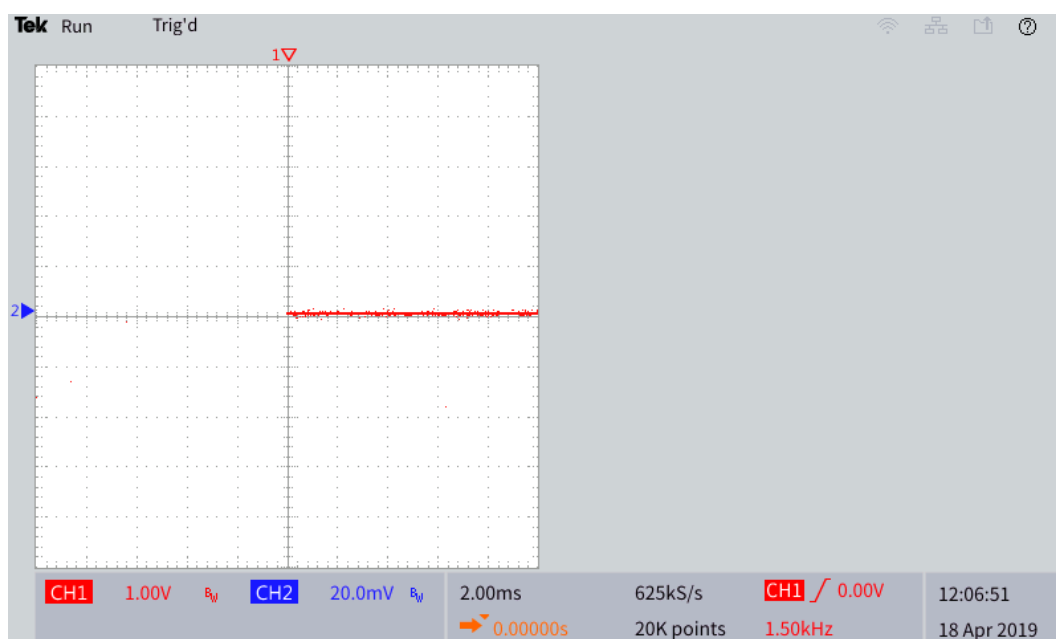
Bei Frequenzen von 1 bis 10 Hz ist das Flimmern der Lampe deutlich sichtbar. Wenn man hingegen Frequenzen grösser als 20 Hz wählt ist kein Flimmern mehr zu erkennen.

Wenn man den Gleichspannungsanteil auf 5 V setzt, halbiert sich die sichtbare Frequenz. Das heisst bei der Frequenzeinstellung f sieht man die Glühlampe, mit Gleichspannungsanteil 5V, mit Frequenz f leuchten, während die Frequenz der Lampe ohne Gleichspannungsanteil mit Frequenz $2f$ leuchtet. Dies lässt sich dadurch erklären, dass ohne Offset eine Spannung grösser und kleiner 0 an der Lampe anliegt, was in beiden Fällen zu einem Leuchten führt, während es bei einem Offset von 5V nur noch positive Spannungen gibt, bzw. die negativen Spannungen auf 0V verschoben wurden.

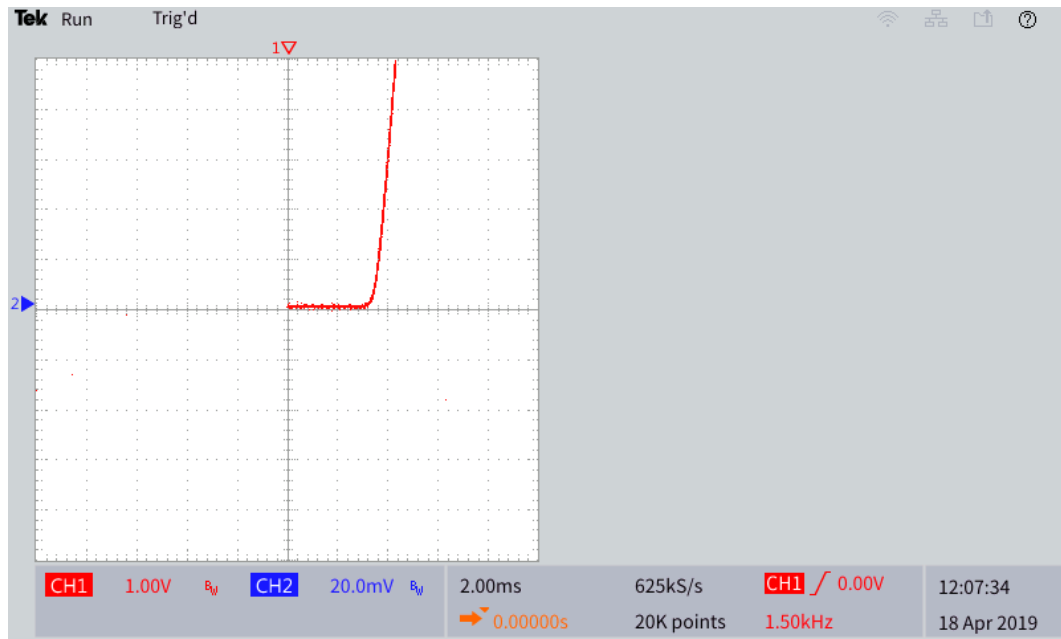
3.2) 2)



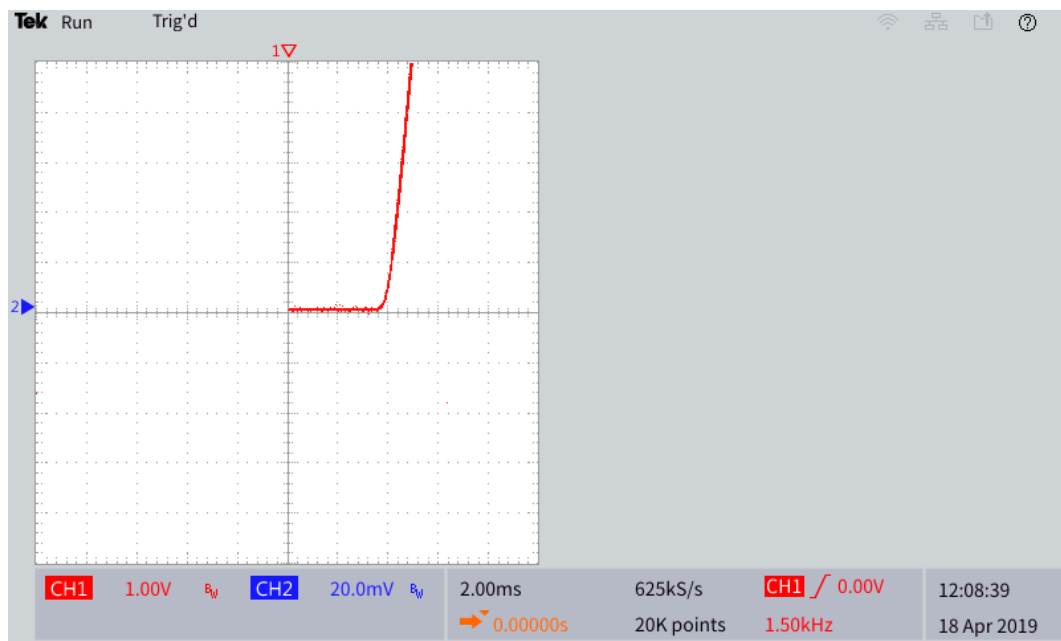
Spannungs/Strom-Charakteristik der Glühbirne:



Spannungs/Strom-Charakteristik der roten LED in Sperrrichtung:

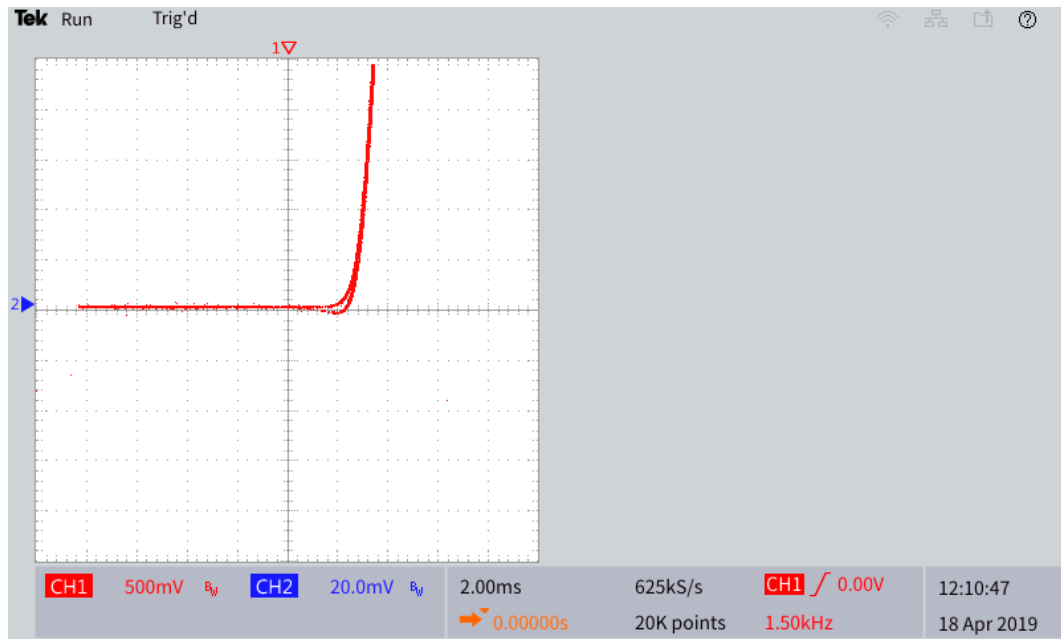


Spannungs/Strom-Charakteristik der roten LED in Durchlassrichtung:



Spannungs/Strom-Charakteristik der grünen LED in Durchlassrichtung:

Spannungs/Strom-Charakteristik der Diode in Durchlassrichtung:



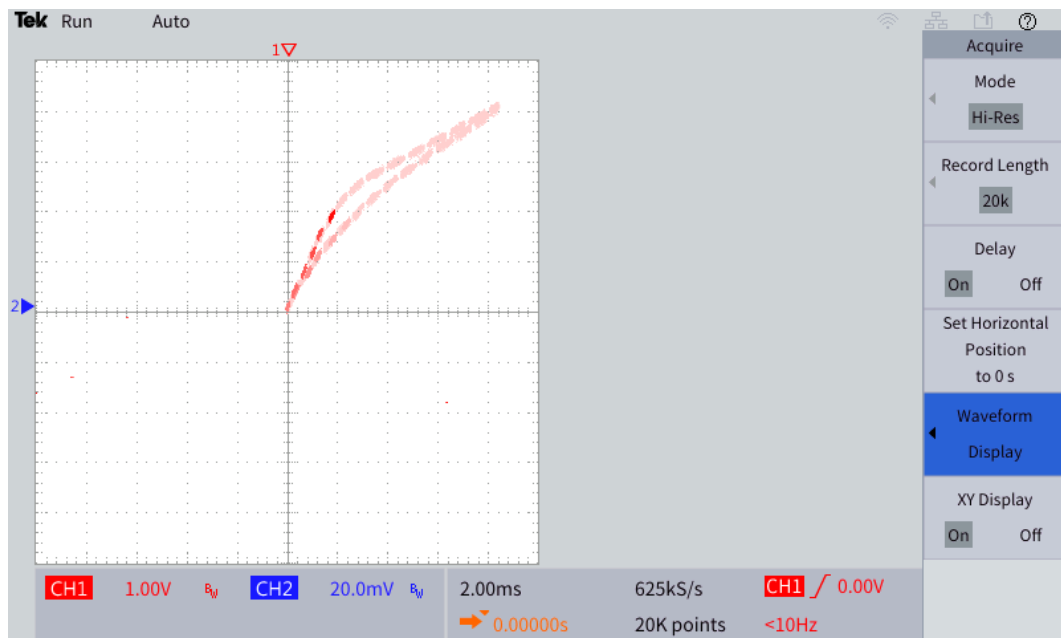
Die Kennlinie der Lampe ist linear, während die Kennlinie der LED exponentiell ansteigt (wie man es bei einer Diode erwarten würde).

Die Schwellspannungen der LED sind:

Rot: 0.7V

Grün: 0.92V

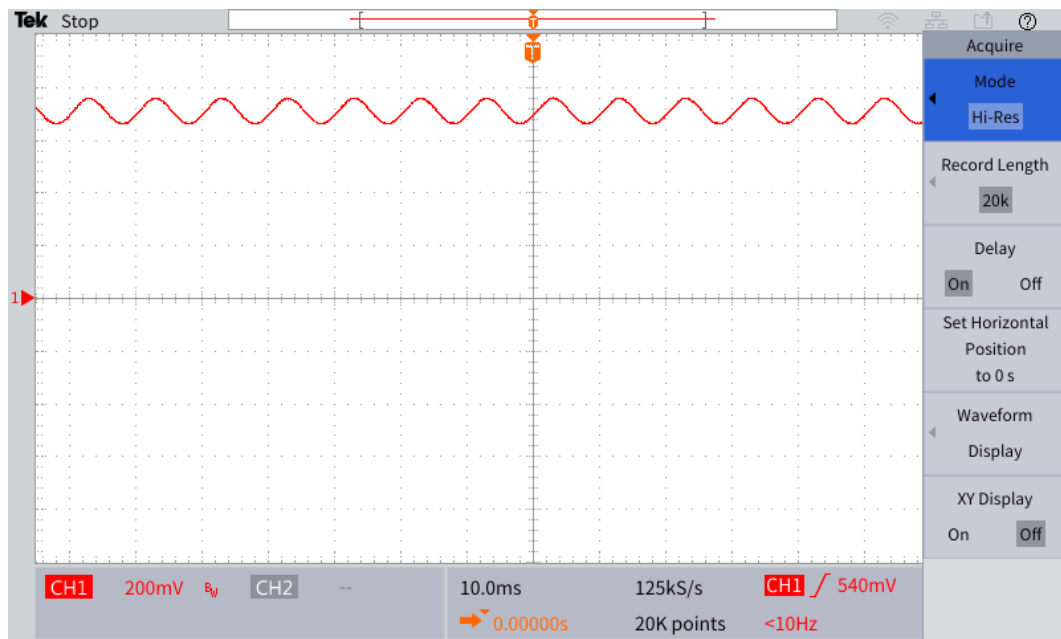
Spannungs/Strom-Charakteristik der Lampe bei 0.5 Hz:



Die Lampe hat eine Hysterese, weil ihr Widerstand sehr stark temperaturabhängig ist. Wenn also die Lampe gerade geleuchtet hat, ist sie warm geworden und hat daher einen höheren Widerstand, als wenn sie gerade nicht geleuchtet hat. Die Lampe ist ein Kaltleiter.

3.2) 3)

Phototransistor mit $T=10\text{ms}$:

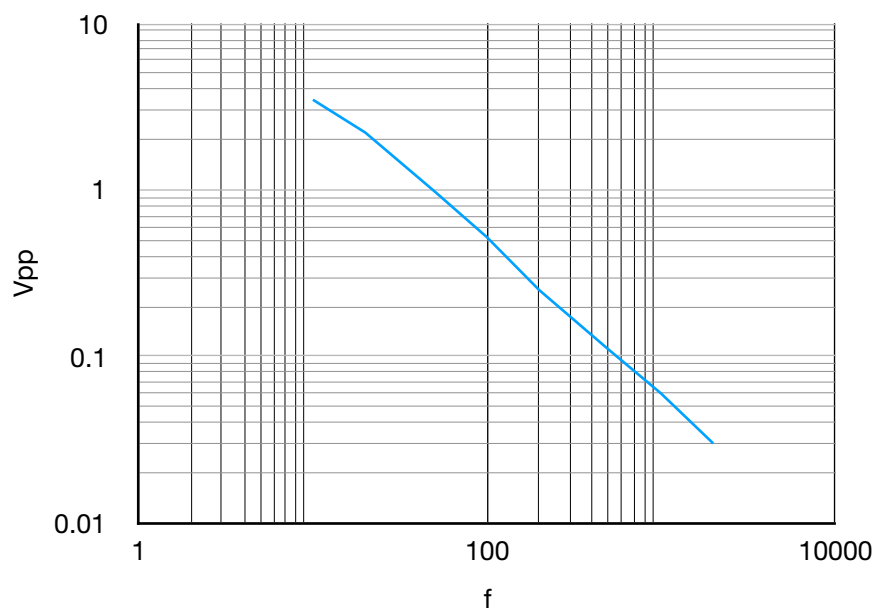


Die Spannung des Phototransistors hat eine Frequenz von 100Hz (also das doppelte der Netzfrequenz 50Hz), weil die Lampen sowohl bei positiven als auch bei negativen Spannungen leuchten und somit 2 mal pro Periode der Netzfrequenz leuchten.

3.2) 4)

Das Signal für hohe Frequenzen wird immer schwächer.

f [Hz]	Vpp [V]
10	3.48
20	2.21
50	0.98
100	0.52
200	0.25
500	0.11
1000	0.6
2000	0.3
5000	Rauschen
10000	Rauschen

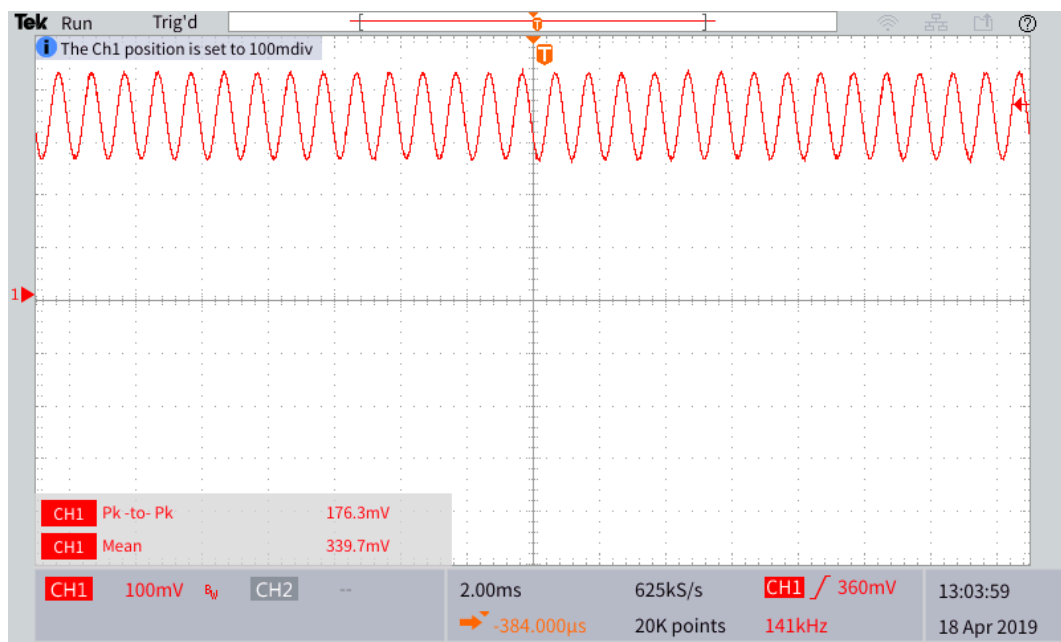


Für unsere Zwecke ist die Glühlampe nicht brauchbar, da Signale bis 15kHz übertragen werden müssen.

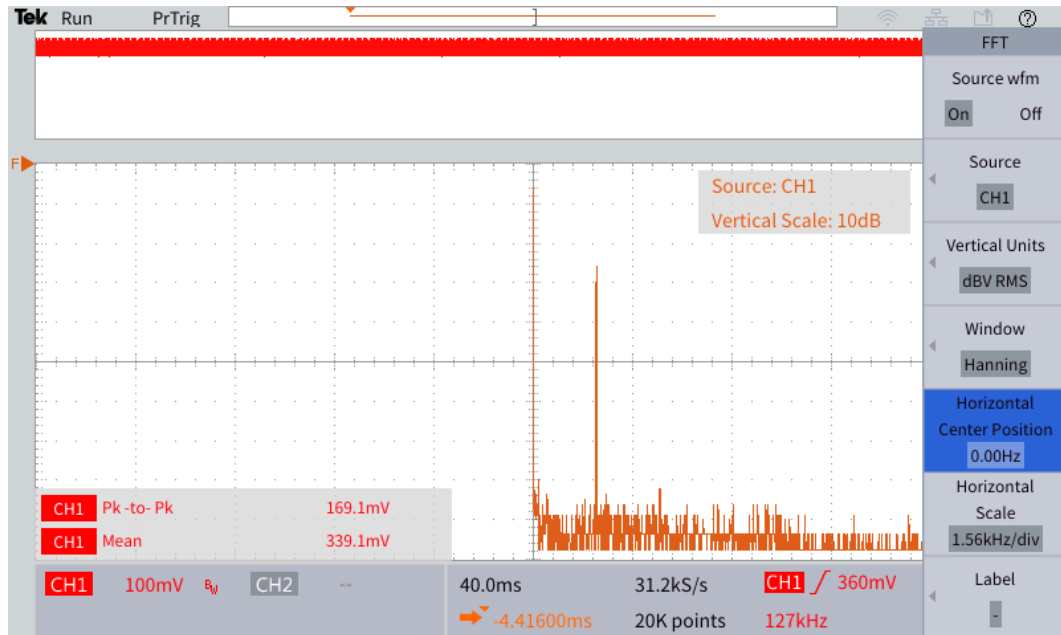
3.2) 5) $V_{0,DC} = 340\text{mV}$, $I_{0,DC} = \frac{V_{0,DC}}{1\text{k}\Omega} = 0.00034\text{A}$

3.2) 6)

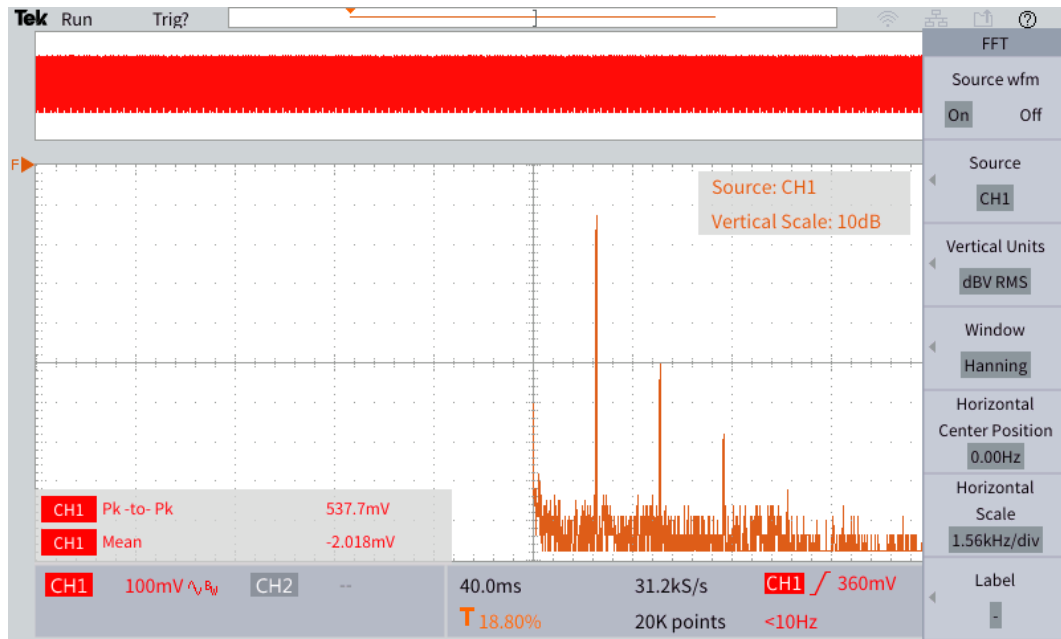
Spannungsverlauf mit 400mVpp:



Fouriertransformation davon:



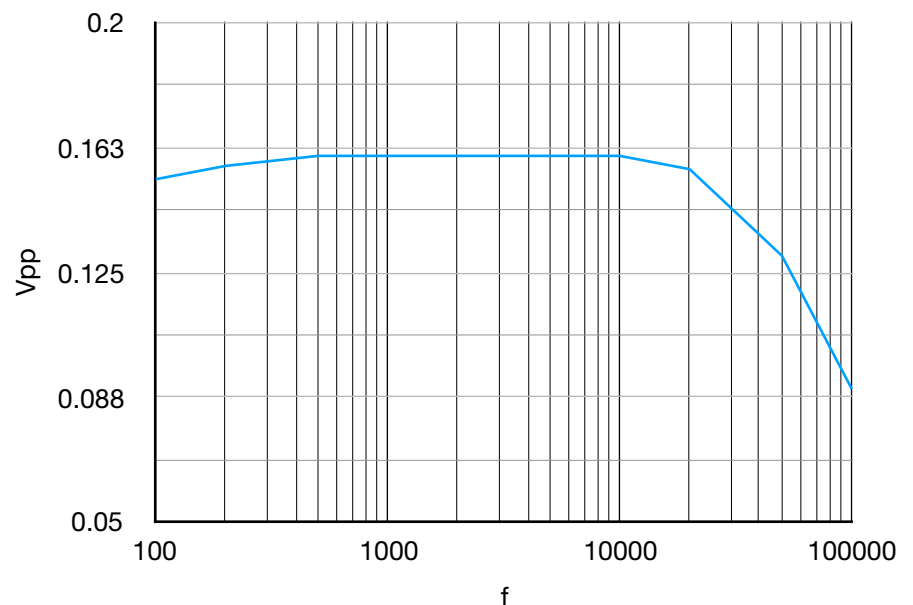
Fouriertransformation mit 1.2Vpp:



Bei 1.2Vpp wird eine grössere Amplitude an die LED angelegt, wobei dann die LED nicht mehr im linearen Bereich betrieben wird. Deswegen entstehen noch einige Oberwellen.

3.2) 7)

f [Hz]	Vpp [V]
100	0.153
200	0.157
500	0.160
1000	0.160
2000	0.160
5000	0.160
10000	0.160
20000	0.156
50000	0.130
100000	0.09



$$\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 0.16V = f_{3dB} = 70000Hz$$

Es folgt, dass der Frequenzgang reicht, da man nur bis 20kHz hört.

3.2) 8)

[Bild nicht aufzunehmen]

$$T_A = 4.6\mu s, \quad T_A = \frac{2.2}{2\pi f_{3dB}} \iff f_{3dB} = \frac{2.2}{2\pi T_A} = 76100Hz, \text{ die Frequenz stimmt fast überein.}$$

3.2) 9)

$$T_A = 16.5\mu s \rightarrow f_{3dB} = 21000Hz$$

Die andere Konfiguration ist besser geeignet, da diese Konfiguration hohe hörbare Frequenzen dämpft, was zu Qualitätseinbußen in der Audioqualität führt.

3.3) 3)

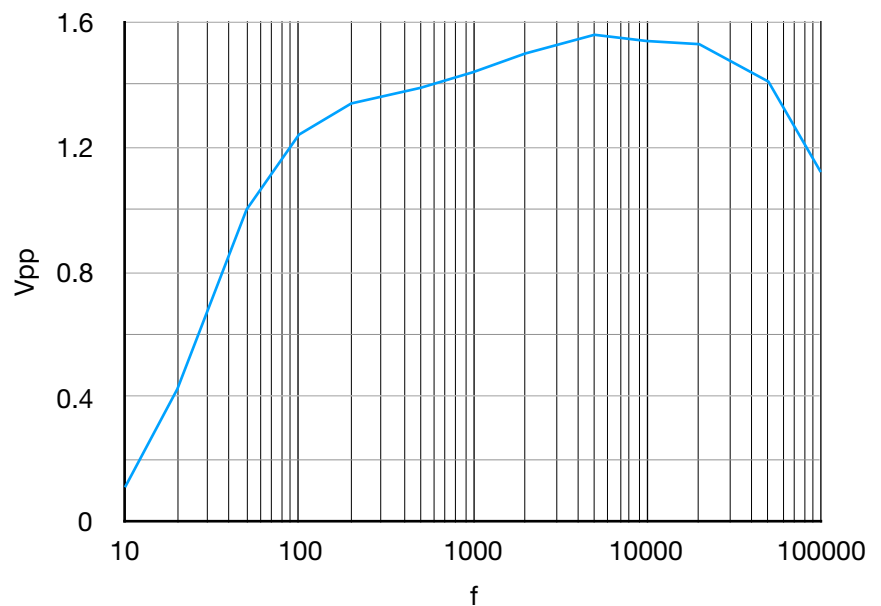
Es kommen Oberwellen dazu, welche wir nicht hören, aber auf dem Oszilloskop im FFT Modus sehen können.

3.3) 4)

Ja

3.3) 5)

f [Hz]	Vpp [V]
10	0.11
20	0.425
50	1
100	1.24
200	1.34
500	1.39
1000	1.44
2000	1.5
5000	1.56
10000	1.54
20000	1.53
50000	1.41
100000	1.12



Damit ist die Grenzfrequenz bei 128000Hz, was erstaunlich hoch ist.

3.3) 6)

Das Signal wird gedämpft, ohne dass weitere Frequenzen auftauchen. Das Signal wird gedämpft, weil die Folie ein gewisses Spektrum von der LED reflektiert.

3.3) 7)

Nein, da es zum Beispiel starkes Rauschen vom Licht geben kann.

3.3) 8)

- + Man kann den Kanal mehrfach nutzen
- + Man kann Störungen ausweichen
- Die benötigte Schaltung weist eine höhere Komplexität auf

6.2 – Sender

6.2.2

Auch die niedrigere der beiden Grenzfrequenzen ist messbar. Jedoch muss aufgrund des DC-Offsets anstelle des AC-Couplings das DC-Coupling gewählt werden, um diese sauber messen zu können.

Eingangsfrequenz [Hz]	Ausgangsspannung [VPP]	/Wurzel(2)	Coupling
7.2	437	309.005663	DC
99	605	427.799603	DC
100	600	424.264069	AC
200	605	427.799603	AC
500	605	427.799603	AC
1000	615	434.87067	AC
2000	655	463.154942	AC
5000	805	569.220959	AC
10000	900	636.396103	AC
20000	730	516.18795	AC
40200	435	307.59145	AC
50000	360	254.558441	AC
100000	185	130.814755	AC

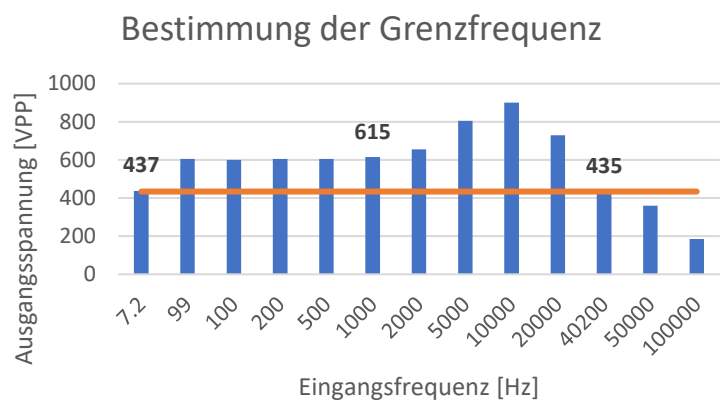


Abbildung 1: Bestimmung der Grenzfrequenz [PP := peak-to-peak]

6.2.3

Die beiden Schaltpunkte des Schmitt-Triggers befinden sich bei 653.6mV (Min) und 2.569V (Max).

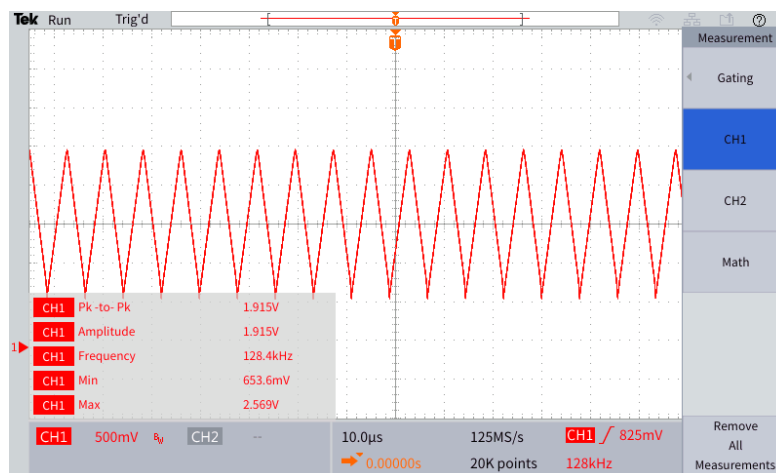


Abbildung 2: Schaltpunkte des Schmitt-Triggers

6.2.4

Der VCO verhält sich im gemessenen Bereich linear.

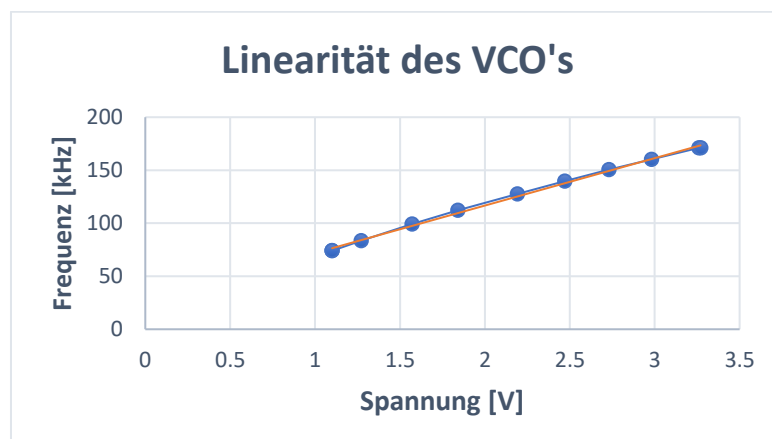


Abbildung 3: Linearität des VCO's

6.2.5

Am Eingang des Ausgangstreibers ergeben wurden folgende Rise- und Fallflanken gemessen:
Risetime 361.5ns; Falltime 374.2ns

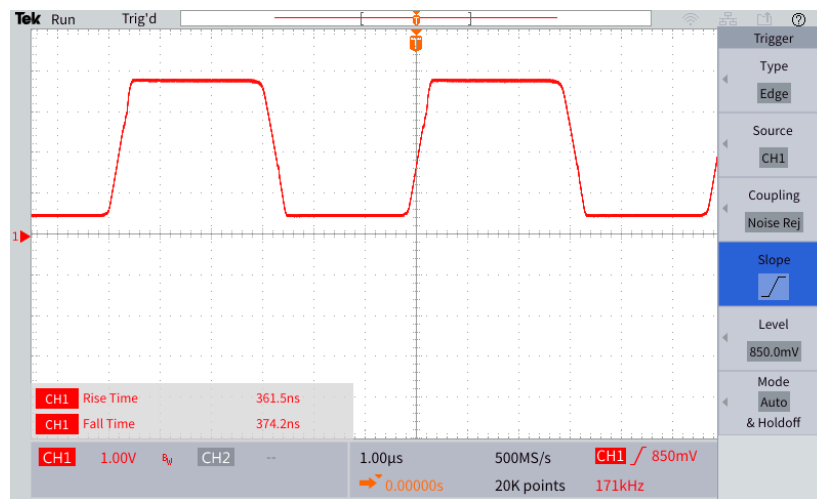


Abbildung 4: Fall- und Riseflanken, gemessen am Eingang des Ausgangstreibers

Entsprechend am Ausgang: Risetime 13.32ns, Falltime 14.99ns

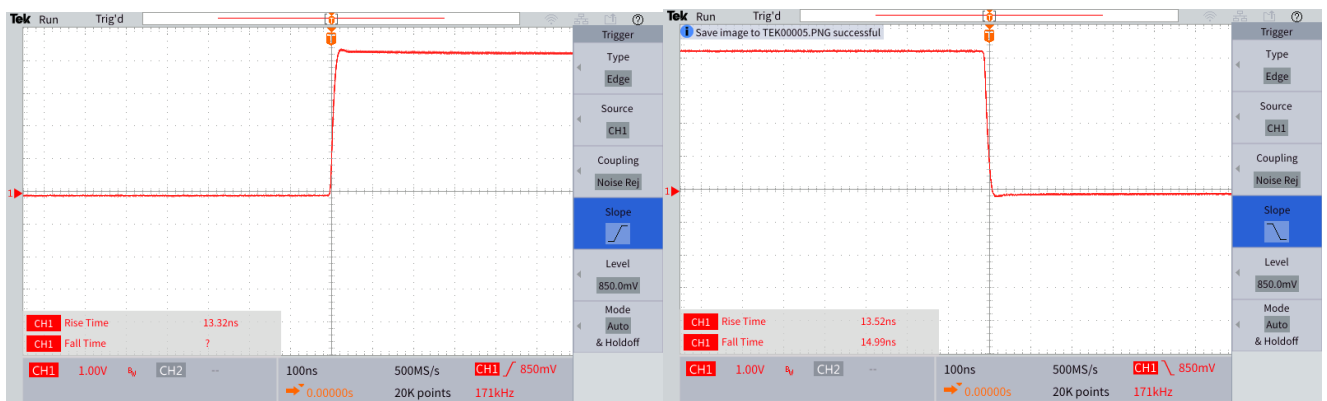


Abbildung 5: Riseflanke, gemessen am Ausgang des Ausgangstreibers

Abbildung 6: Fallflanke, gemessen am Ausgang des Ausgangstreibers

6.2.6

Während den Wellentälern beim Eingangssignal sind niedrigere Frequenzen am Ausgang zu erkennen. Analog dazu ergeben sich bei den Wellenbergern höhere Frequenzen am Ausgang.

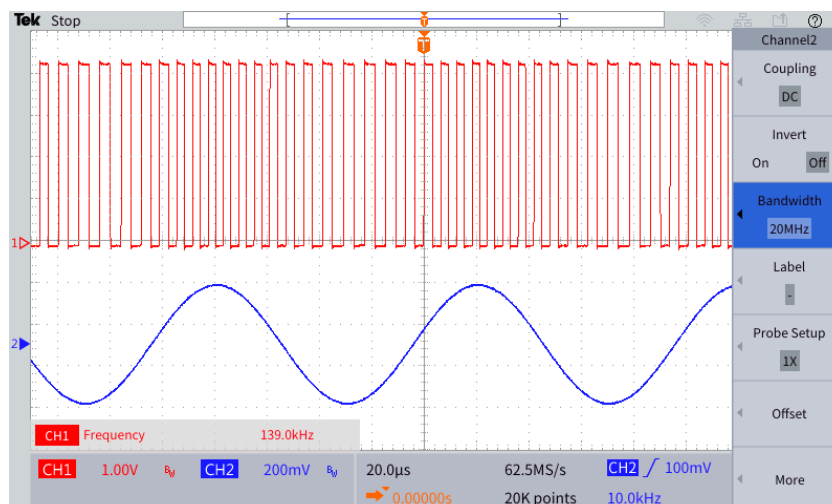


Abbildung 7: Frequenzmodelliertes Signal. Blau: Eingangssignal, Rot: Rechteckiges Ausgangssignal

6.2.7

Die Spitze der Trägerfrequenz ist bei 150 kHz deutlich erkennbar (auch wenn der gemessene Wert zum Zeitpunkt des Screenshots leicht abweicht).

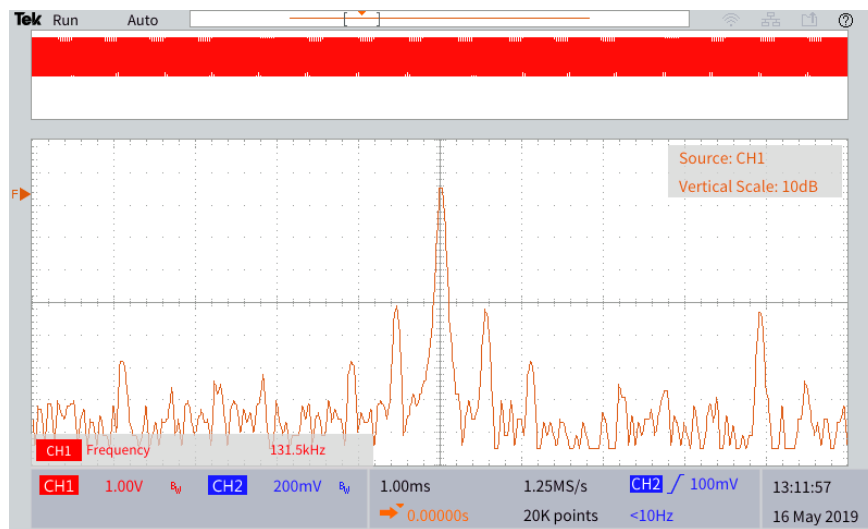


Abbildung 8: Trägerfrequenz bei 150 kHz

Im Spektrum um die Trägerfrequenz (150 kHz) ist eine Verstärkung des Eingangssignals erkennbar. Ausserhalb ist nur Rauschen ersichtlich.



Abbildung 9: Ausgangssignal bei sinusförmigem Eingangssignal von 1 kHz

Wellenberge im Spektrum werden bei Frequenzerhöhung grösser (grössere Differenz von Min/Max im Spektrum)

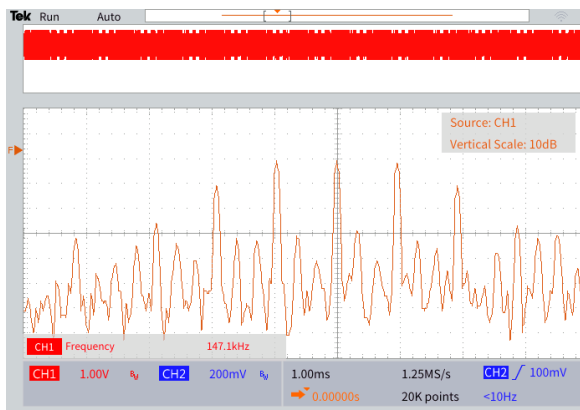


Abbildung 10: Eingangsfrequenz 6 kHz bei 200mVPP



Abbildung 11: Eingangsfrequenz 0.5 kHz bei 200mVPP

Bei einer Erhöhung der Amplitude wird das Spektrum um die Trägerfrequenz breiter, bei einer Verringerung schmaler.

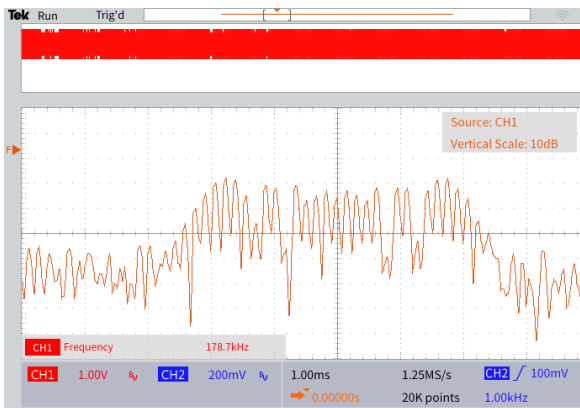


Abbildung 12: Amplitude 400mVPP bei 1 kHz



Abbildung 13: Amplitude 100mVPP bei 1 kHz

6.2.8

Eine Verringerung der Eingangsfrequenz führt dazu, dass mehrere kleinere Berge zu einem grossen Berg zusammengenommen werden.



Abbildung 14: Rechtecksignal, 1kHz, 200mVPP



Abbildung 15: Rechtecksignal, 200Hz, 200mVPP

Eine Erhöhung der Amplitude führt zu einem breiteren Spektrum.



Abbildung 16: Rechtecksignal, 200Hz, 400mVPP

6.3 – Empfänger

6.3.2

Sendet der IR-Testsender keine Signale, verstärkt der Empfänger zufällige Umgebungssignale im Bereich der Trägerfrequenz. Das Ergebnis ist ein unscharfes Rechtecksignal. Sobald der IR-Testsender sendet, führt die entsprechende Verstärkung zu einem sauberen Rechtecksignal.

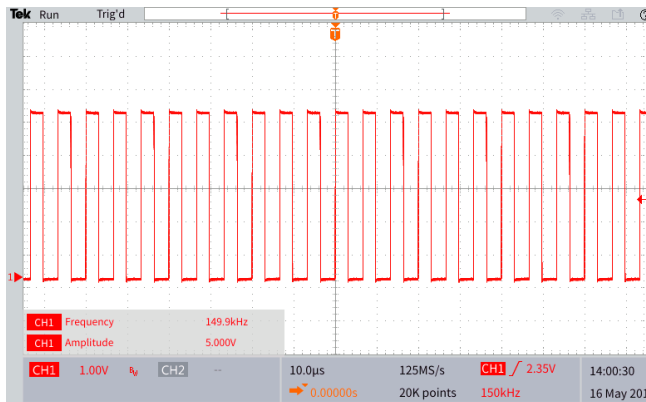


Abbildung 17: Ausgangssignal nach EXOR-Gatter mit IR-Testsender

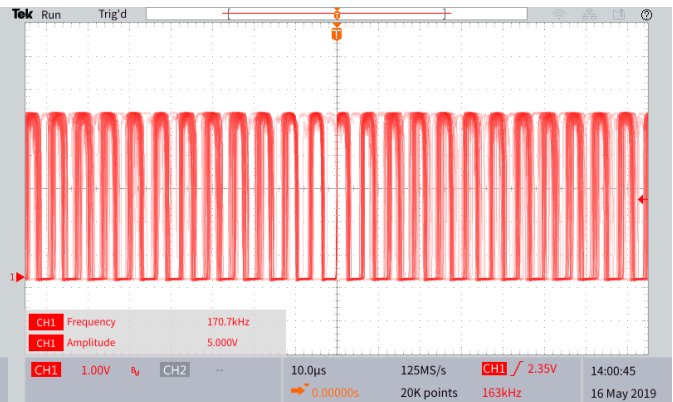


Abbildung 18: Ausgangssignal nach EXOR-Gatter ohne IR-Testsender

Das Empfangene Signal wird mit grösserer Distanz zwischen Sender und Empfänger kaum schlechter. Winkelt man hingegen die Ausstrahlungsrichtung des IR-Testsenders gegenüber dem Empfänger ab, verschlechtert sich das empfangene Signal schlagartig bei einer Winkeldifferenz von ca. 45 Grad. Dieser Effekt ist auch bekannt als **Schwelleneffekt**.

6.3.3

Beide Funktionen verhalten sich linear, wobei die Funktion der 1 kHz Frequenz gegenüber der 5 kHz Frequenz eine leicht höhere Steigung besitzt, da höhere Frequenzen dazu tendieren, gedämpft zu werden.

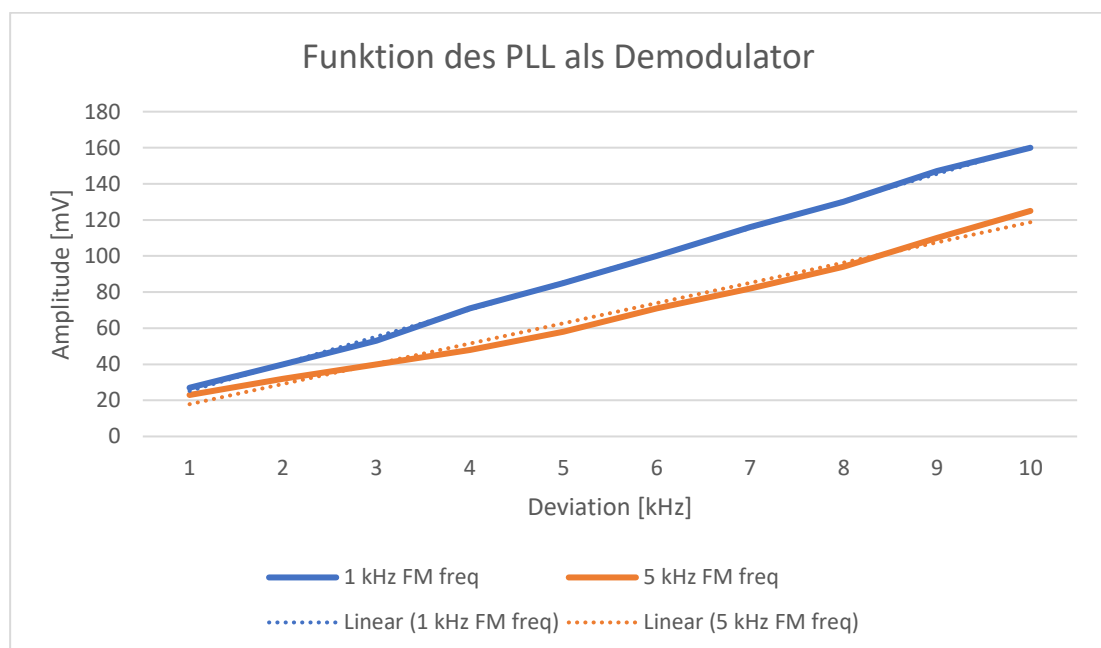


Abbildung 19: Funktion des PLL als Demodulator

6.3.4

Höhere Frequenz (rot) während Tal des Rechtecksignals (blau) – Niedrigere Frequenzen während Berg des Rechtecksignals.

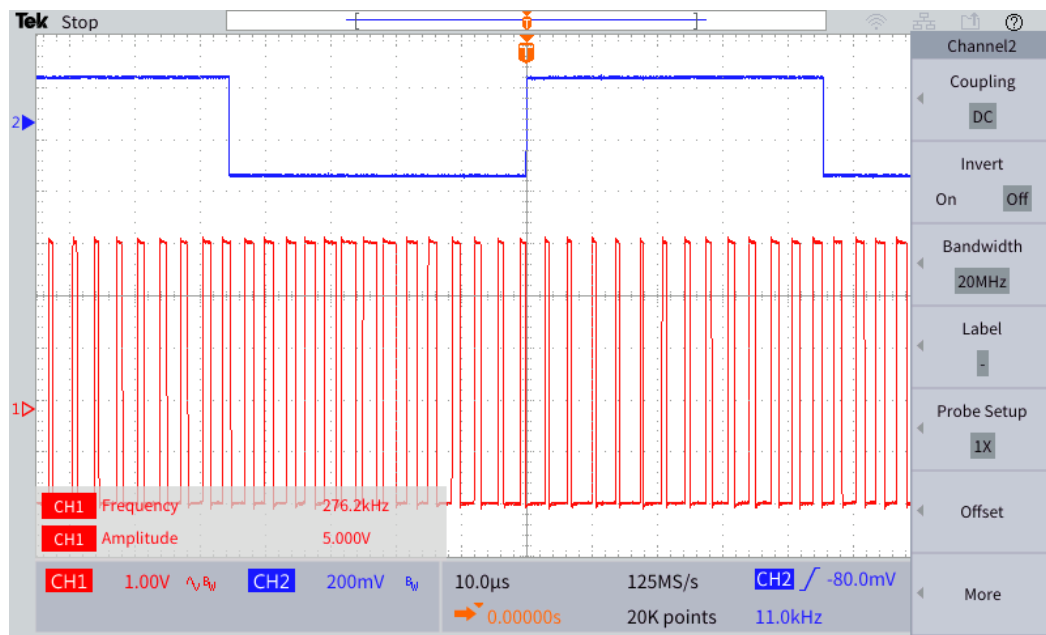


Abbildung 20: pulsbreitenmoduliertes Signal (PWM)

6.3.5

Zu hohe Frequenzen (hier 20 kHz, blau) werden herausgefiltert und es ist kein Rechtecksignal (rot) ersichtlich.

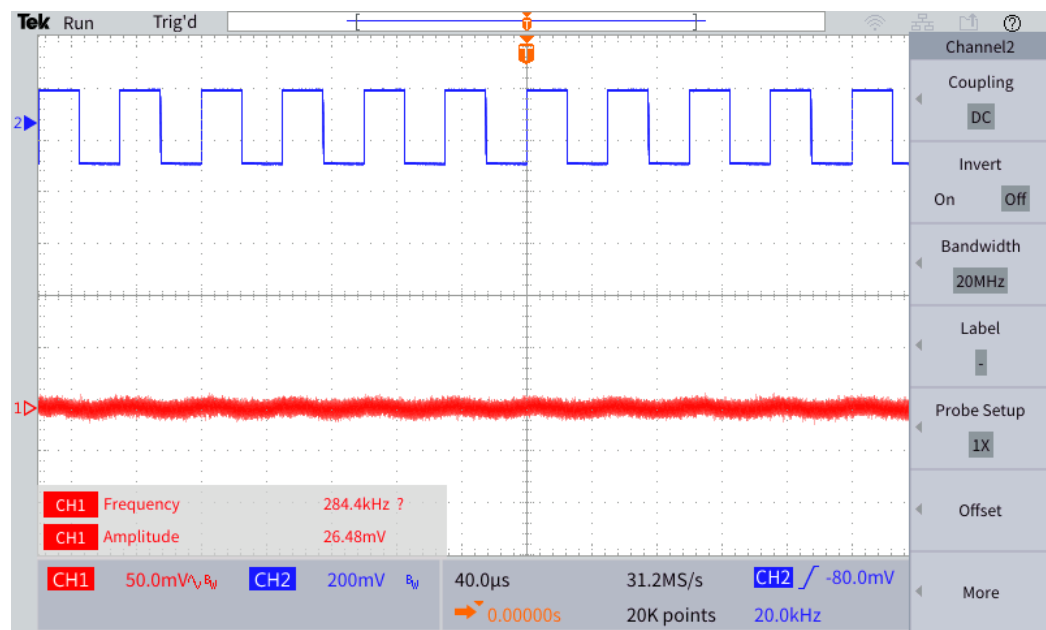


Abbildung 21: 20 kHz

Bei einer niedrigeren Frequenz von z. Bsp. 1 kHz ist ein rechteckähnliches Signal am Ausgang erkennbar, welches das ursprüngliche Signal darstellt.

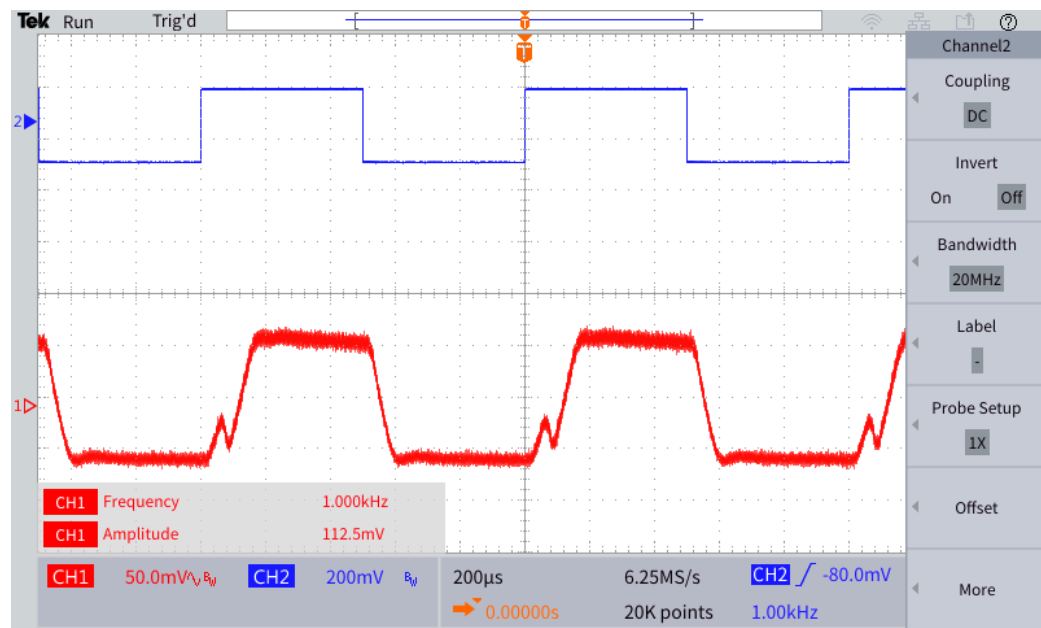


Abbildung 22: 1 kHz