

Audio-Wobbler

NF wobbeln, war schon immer mein großer Wunsch. Mit dem NF-Analysator, den ich mit einem Arduino gebastelt hatte, habe ich mir den zugleich auch erfüllt. Dennoch dachte ich darüber nach, mit weniger Aufwand eine Schaltung zu entwickeln, die zum Nachbau anregt. Und jetzt sollte das Problem mit dem Display durch den Einsatz eines Oszillografen gelöst werden.

Ansprüche

Die sollen nicht zu hoch sein. Es genügt, wenn man den ganzen NF-Frequenzbereich von 0 ... 30 kHz in einem Zug überstreichen kann. Es soll aber auch möglich sein, in einzelnen Bereichen etwas „gedehnter“ eine Analyse zu machen. Und dazu soll auch die Geschwindigkeit variabel sein. Zuletzt muss auch eine Frequenzänderung von Hand vorgenommen werden können. An die Frequenzstabilität stelle ich keine großen Anforderungen. Man könnte vielleicht einen Frequenzzähler einbauen. Diese Module werden heute preiswert von den Chinesen angeboten.

Den Einsatz eines u-Prozessors wollte ich vermeiden. Das Programmieren ist nicht jedermanns Sache. Und natürlich wäre ein Betrieb mit Akku vorteilhaft. Denn nur so kann man ein handliches Gehäuse vorsehen, das nicht an eine störrische Netzschur aus starrem PVC gebunden ist.

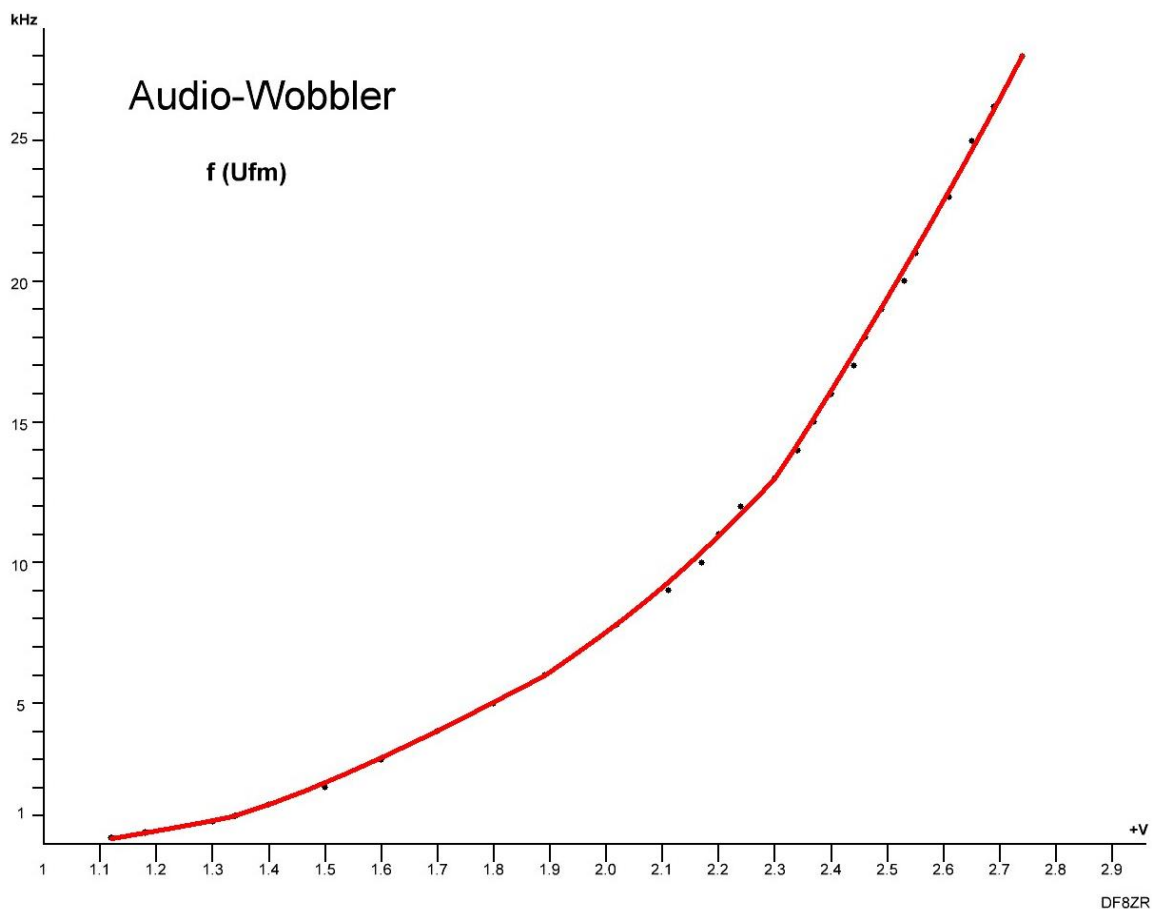
Das größte Problem ist, dass der Generator mit einem veränderlichen Widerstand abgestimmt werden muss. Es ist kein VCO. Denn für die Modulation (FM) brauchen wir einen synchron mitlaufenden Sägezahn. Und das ist eine Spannung, kein Widerstand. Es musste also ein Spannungs/Widerstands-Wandler gebaut werden. Der YTber sah dafür einen Fotowiderstand mit LED als Lichtquelle vor. Also einen Strom-Widerstands-Wandler.

Da ich bereits früher mit dem Problem befasst war, fiel mir die Verwendung von Optokopplern ein. Und tatsächlich klappte das gegen alle Erwartung sofort ganz gut. Ich nahm einfach den Sharp PC817. Ein Optokoppler, wie er in Schaltnetzteilen eingebaut wird. Eine LED beleuchtet einen Transistor. Völlig abgeschirmt durch das schwarze Kunststoffgehäuse des Chips. Und weil ich den Sinus symmetrisch haben möchte, schalte ich gleich zwei dieser Bausteine antiparallel. Das Ergebnis kann sich sehen lassen. Der Spannungsverlauf als angenäherter Sinus ist wunderbar. Mit einem Poti von Hand ist er nicht besser. Und ich kann über den vollen Frequenzbereich wobbeln. Der notwendige Sägezahn muss 0...+3V überstreichen. Mit einer Konstantstromquelle und schaltbaren Kondensatoren ging das sehr einfach.

Frequenzverlauf mit linearem Sägezahn

Im folgenden Diagramm hatte ich die U_{fm} gemessen und dazu die Frequenz am Oszillografen abgelesen. Man erkennt, dass im höheren Bereich der Anstieg linear ist. Über alles aber

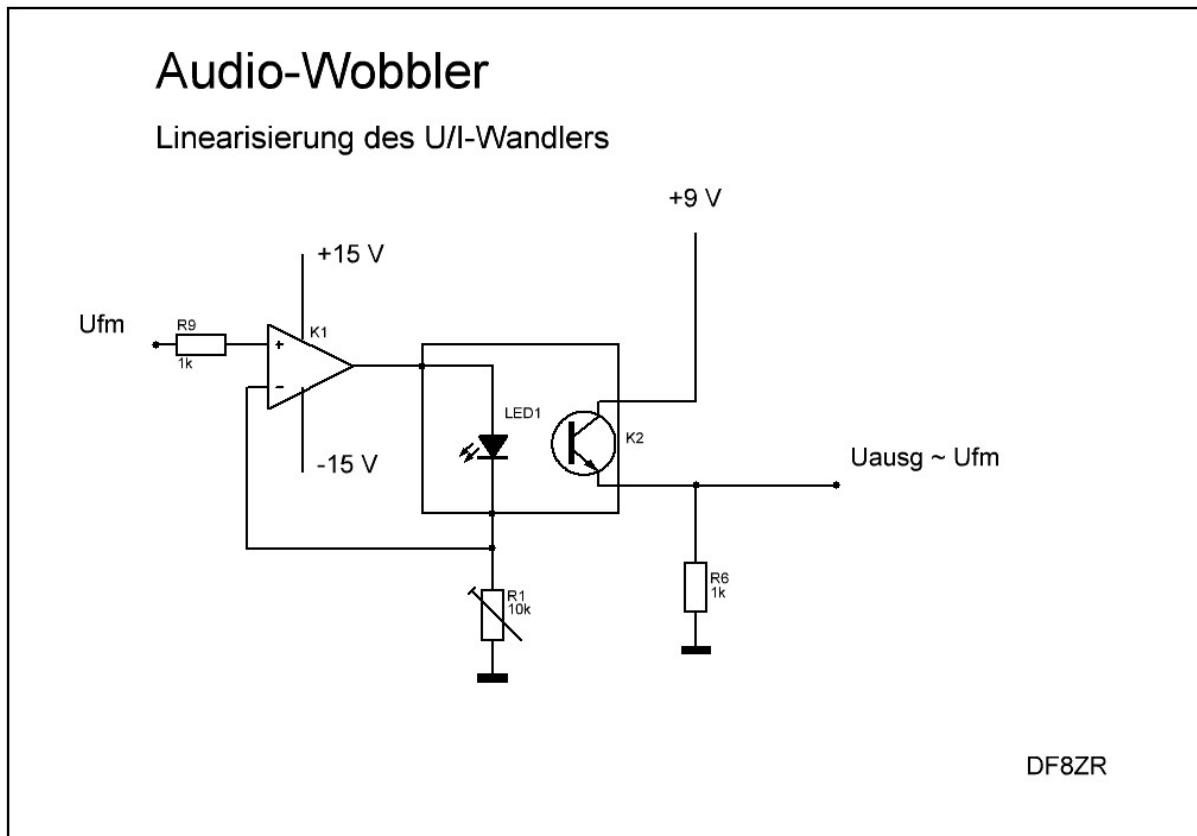
gibt es größere Abweichungen. Die sind aber meiner Meinung nach eigentlich unbedeutend. Man möchte sich beim Wobbeln eines Verstärkers ein Bild vom gesamten Durchlass machen. Falls man bestimmte Bereich wobbeln möchte, kann man sie mit dem passenden Lade-Kondensator(umschaltbar) in den linearen Bereich(+2,4 bis +3V) legen.



Für einen exakt verlaufenden Frequenzgang des Wobblers könnte man hier einen Arduino NANO einsetzen und mit PWM die Anpassung durch Ausgabe einer Abstimmspannung herstellen. Bei langsamen Wobbelgeschwindigkeiten sollte das mit hoher PWM-Frequenz möglich sein. Ich brauche aber diese Präzision nicht.

Linearisierung

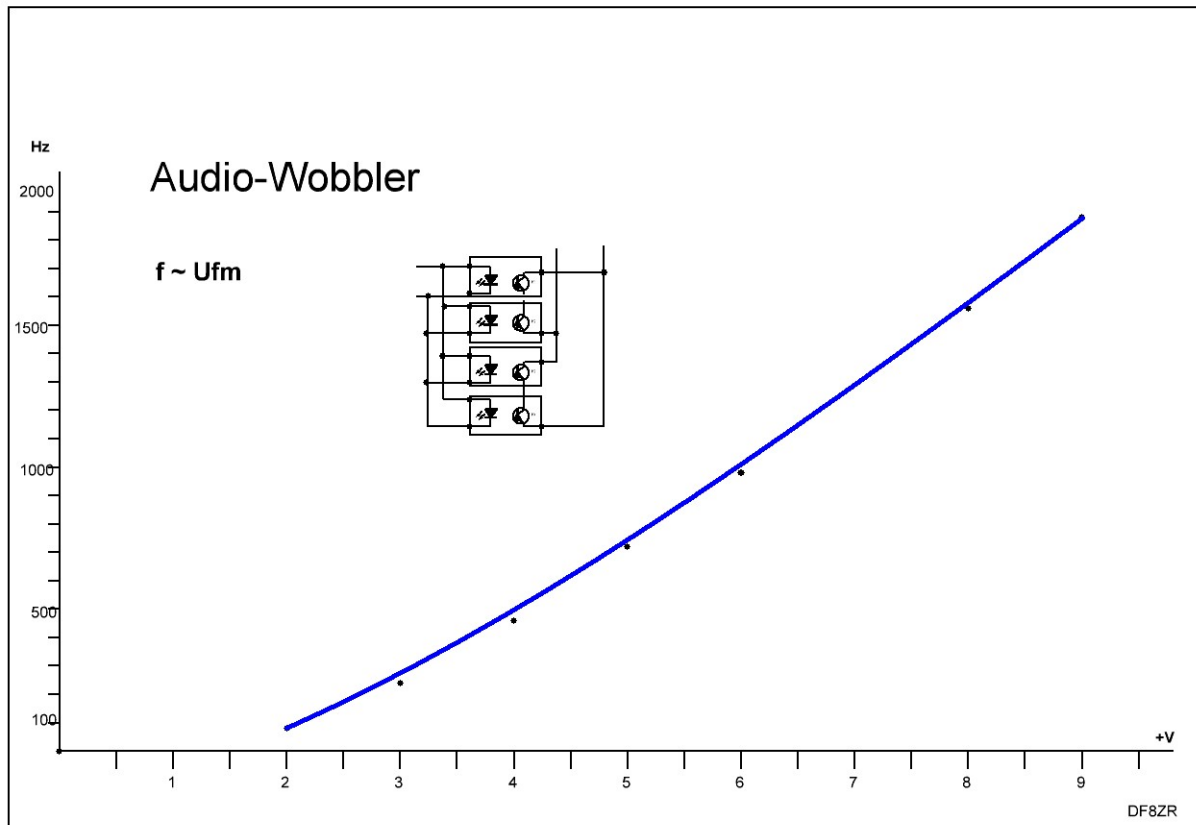
Das Diagramm zeigt die Strom-Spannungskennlinie der internen LED. Wie macht man die zu einer idealen Diode? Indem man sie in die Gegenkopplung eines OP einfügt. Das Bild zeigt einen Versuchsaufbau.



Der Widerstand und somit der Strom, der durch die Ausgangstransistoren der Optokoppler fließt, ist proportional der Lichtstärke. Die Lichtstärke ist proportional zum Strom durch die LED. Und damit von der angelegten Spannung. Letzterer ist ein Funktion, die durch die Diodenkennlinie bestimmt wird. Macht man die LED zur idealen Diode, dann ist die Ausgangsspannung U_{ausg} proportional der Eingangsspannung U_{fm} . Als Folge ist bei konstantem Arbeitswiderstand auch der Ladestrom proportional der Sägezahnspannung. Also linear. Durch

diesen Trick erreicht man das gewünschte Ziel. Allerdings musste ich nach ersten Versuchen noch etwas experimentieren.

Das sieht doch schon viel besser aus!

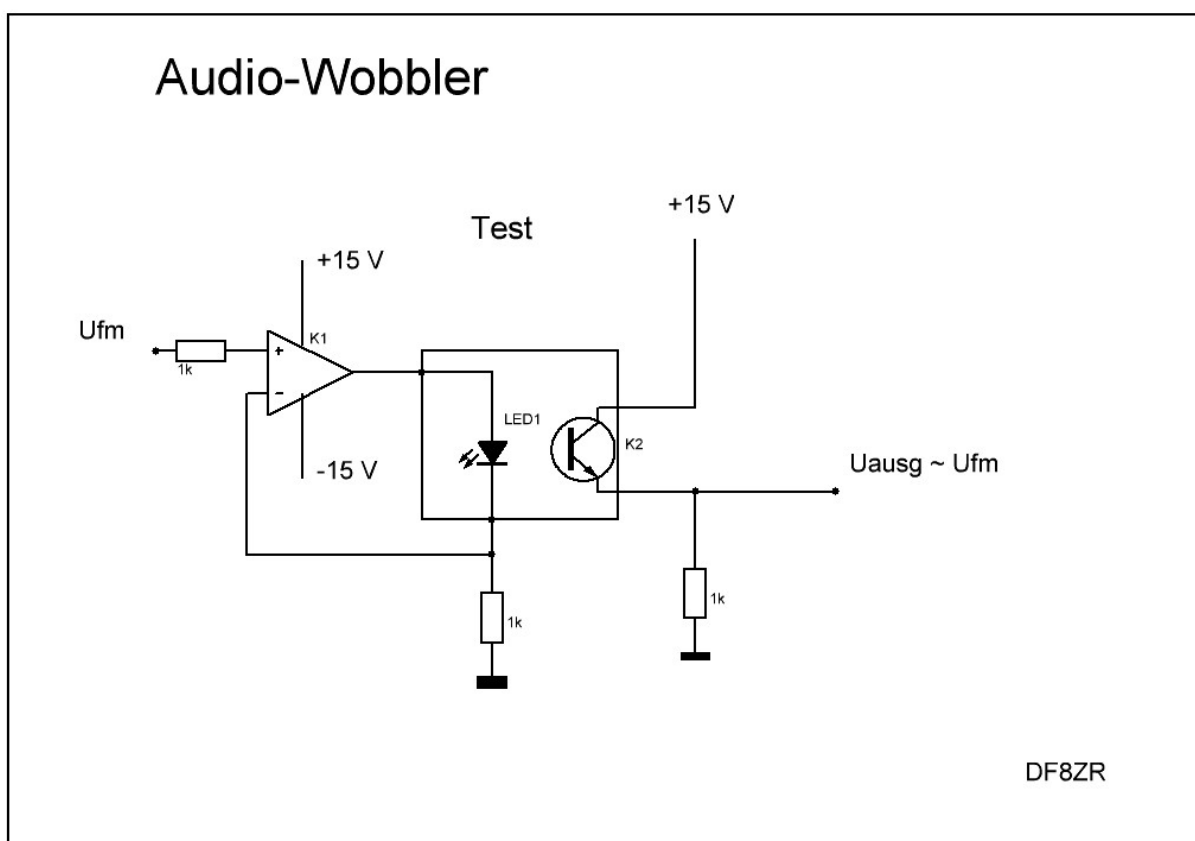


Ich habe mal zwei Optokoppler in Reihe geschaltet, weil mir die Diodenkennlinie zu steil war. Nunmehr ist der Frequenzbereich eingeschränkt, aber die Linearität ausgezeichnet. Es wirkte hier aber die Gegenkopplungsschaltung wie sie es soll. Die untere Frequenz beginnt erst ab +2V. Damit ist der Einfluss der Flussspannung der Diode unwirksam. Der gesteuerte Widerstand ist größer, daher die obere Grenzfrequenz niedriger. Die kann man aber mit einem kleineren Ladekondensator wieder hoch setzen. Jedenfalls gefällt mir,

dass die Sägezahnspannung über einen größeren Bereich geht. Das macht die Erzeugung einfacher. Überhaupt habe ich mich dazu entschlossen, eine negative Versorgung zu installieren. Ich werde die bewährte Anordnung von zwei LiPo-Zellen mit den Spannungswandlern einbauen. Die kann man nachladen und ist unabhängig vom Netz.

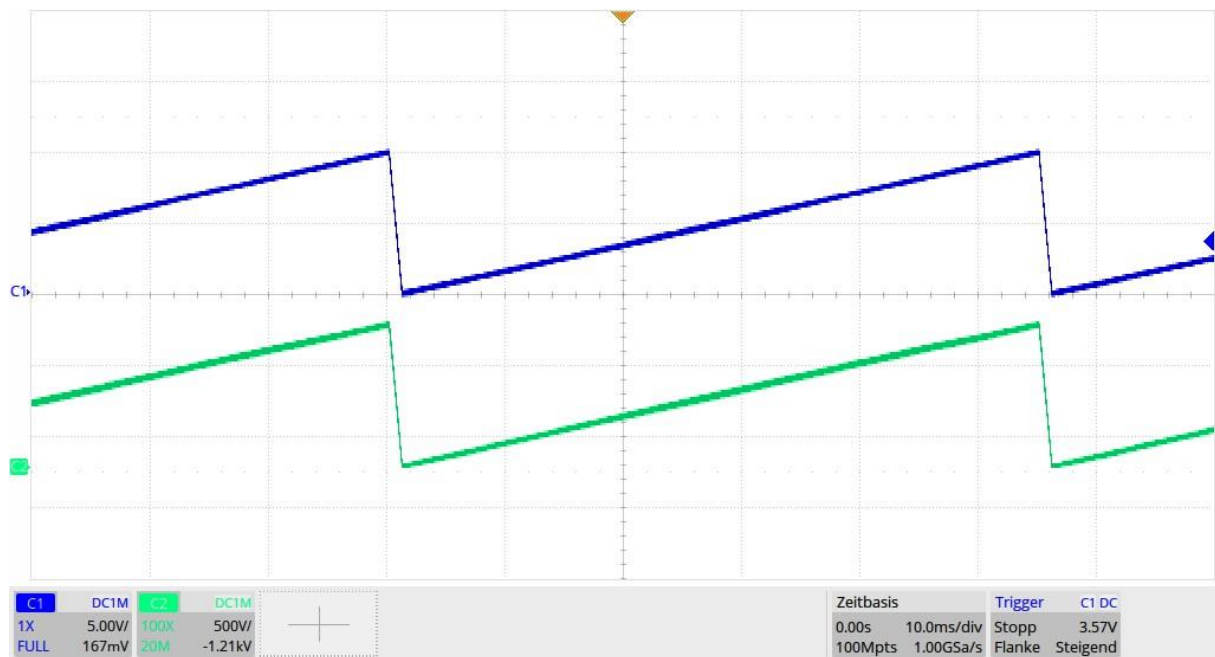
Nachprüfung

Ich habe mal diese Testschaltung aufgebaut und Messungen vorgenommen:

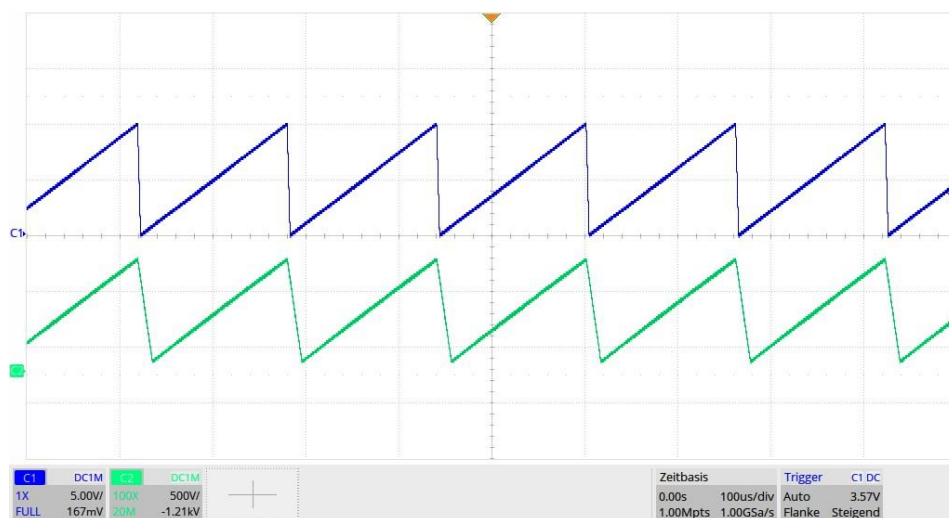


Welch ein Wunder!? Die Eingangsspannung am OP wird exakt am Ausgang des Optokopplers wiedergegeben! Von 50 mV bis 11,5 V! Das ist bemerkenswert. Und durch den konstanten Lastwiderstand von 1k muss ein adäquater Strom fließen. Daher ist auch der innere Widerstand mit der

Eingangsspannung linear verknüpft. Und ebenso der positive Ladestrom in den Kondensator. Und dieser bestimmt die Frequenz. Ich muss also nur den Sägezahn von +2 V bis +10 V steigen lassen, um über einen weiten Bereich zu wobbeln.



Der obere Strahl ist vom Eingang, der untere zeigt die Ausgangsspannung. Beide sind identisch. Es findet keine Verformung der Spannungen statt. Für die Übertragung des Sägezahns ist die Funktion linear.

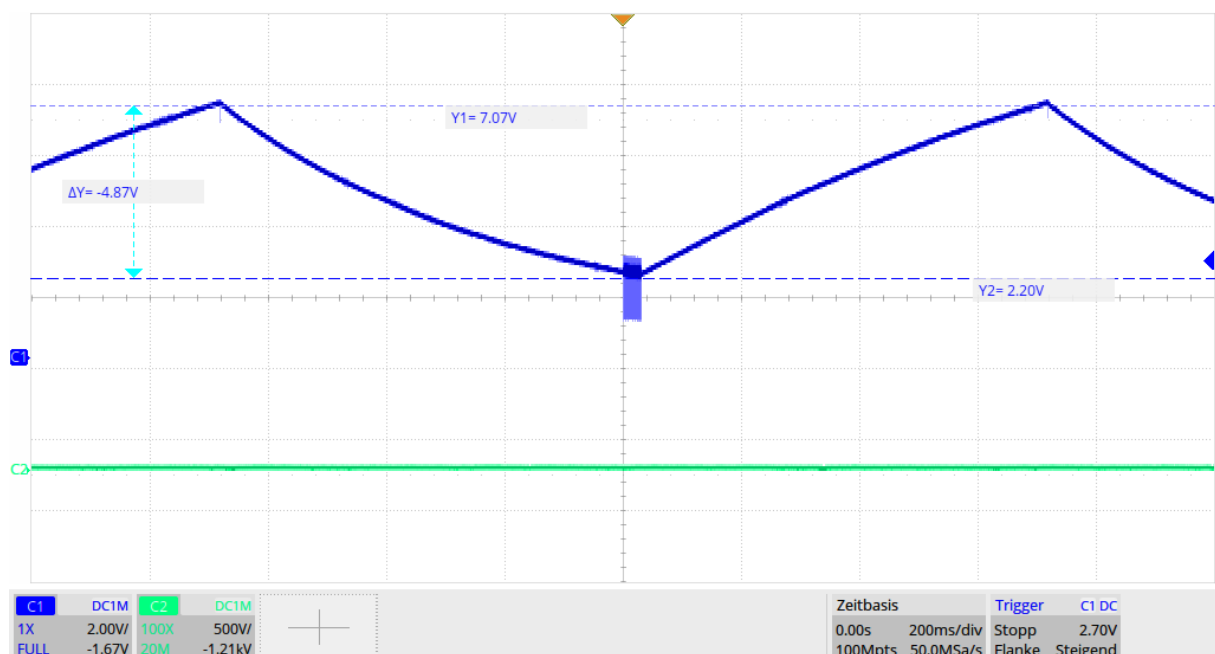


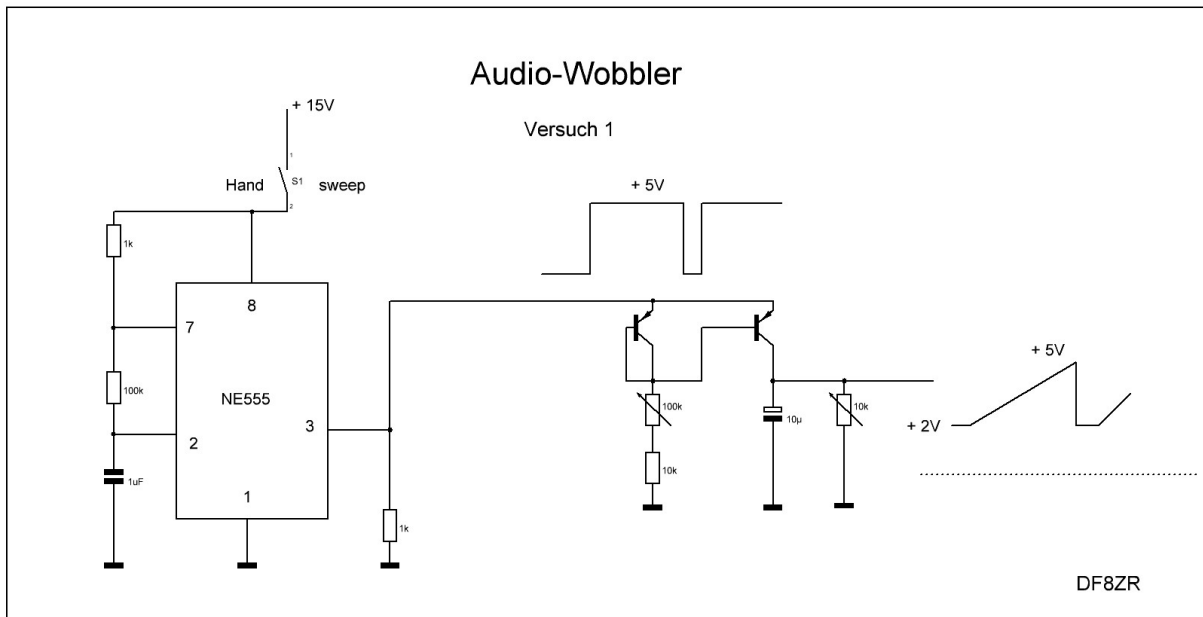
Ab 6 kHz macht sich eine Verzögerung bemerkbar. Die Schaltung ist also nicht für die Übertragung von HiFi-Audiosignalen geeignet!

Sägezahn

Ein NE555 liefert Rechteckimpulse. Ca. 1s lang. Der positive Impuls dient als Stromversorgung für eine Konstantstromquelle. Die wurde mit zwei PNP-Transistoren a. Der Ausgang lädt einen Kondensator(1000uF). Die Entladung muss noch schneller gemacht werden.

Jedenfalls ist im Bild ein Sägezahn zu sehen, der von +2V ...+7V ansteigt. Fast linear, kann aber noch verbessert werden. Und genau so einen Sägezahnanstieg brauchen wir für die X-Richtung auf dem Oszillografen. Und er liegt mit dem Spannungsverlauf im linearen Frequenzbereich des Generators. Die Flussspannung der Dioden im Optokoppler werden nicht wirksam.





Die Arbeitspunkte des Sägezahns auch ohne Einsatz von OPs zu erreichen, ist möglich. Damit entfällt auch die sonst notwendige Versorgung mit einer negativen Betriebsspannung. Ich werde jetzt nach einer besseren Konstantstromquelle suchen, damit der Anstieg noch linearer wird. Die Rücksetzung verlangt vermutlich einen zweiten NE555, der als Monostabiles-FF einen Entladeimpuls erzeugt, mit dem man den Entladetransistor ansteuern kann. Die Idee, die Konstantstromschaltung und die Aufladung des Kondensators mit einer impulsförmigen Versorgungsspannung zu realisieren, war erfolgreich.

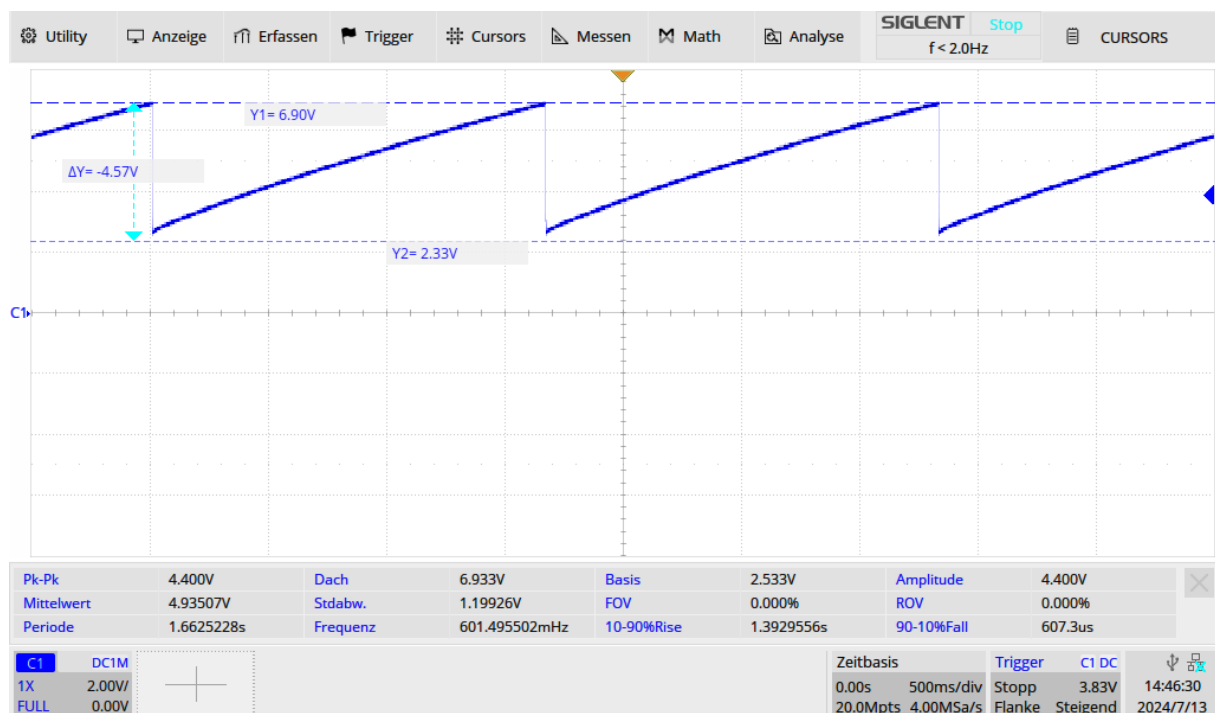
Das muss doch noch einfacher gehen!

Heute haben gute DSOs (Digitale Speicher Oszilloskopen) oft einen eingebauten Funktionsgenerator und eine Bode-Plot-Analyse. Damit kann man natürlich wobbeln. Und ansonsten ist mein Bauvorschlag hier auch nur mit einem DSO zu

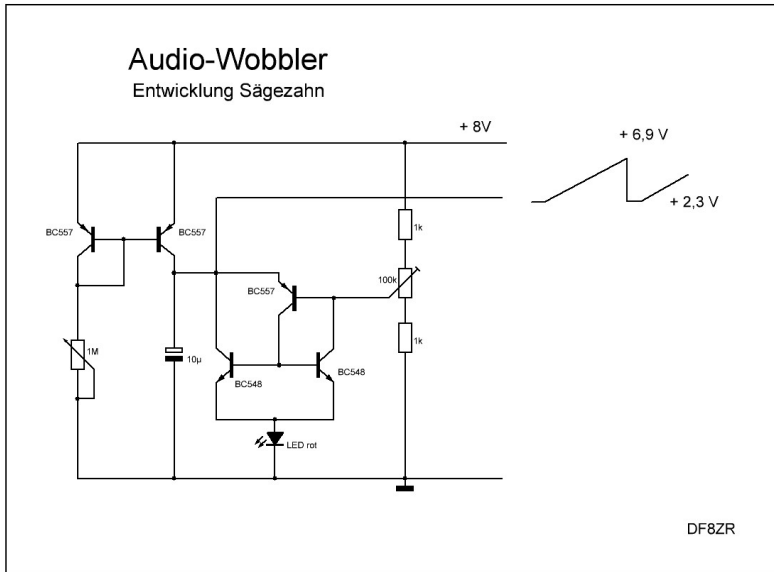
betreiben. Denn wenn man von Hand abstimmt, kann es bei den alten analogen Oszis zum Einbrennen des Strahlpunktes kommen. Daher Vorsicht!

Tja, seit Jahrzehnten wurden in den analogen Oszis für die Erzeugung der X-Strahlableitung Unijunction-Transistoren(UJT) verwendet. Weil es damit sehr einfach geht, einen Sägezahn zu erzeugen. Und deshalb werde ich jetzt von meinen Versuchen damit berichten.

Es funktioniert!

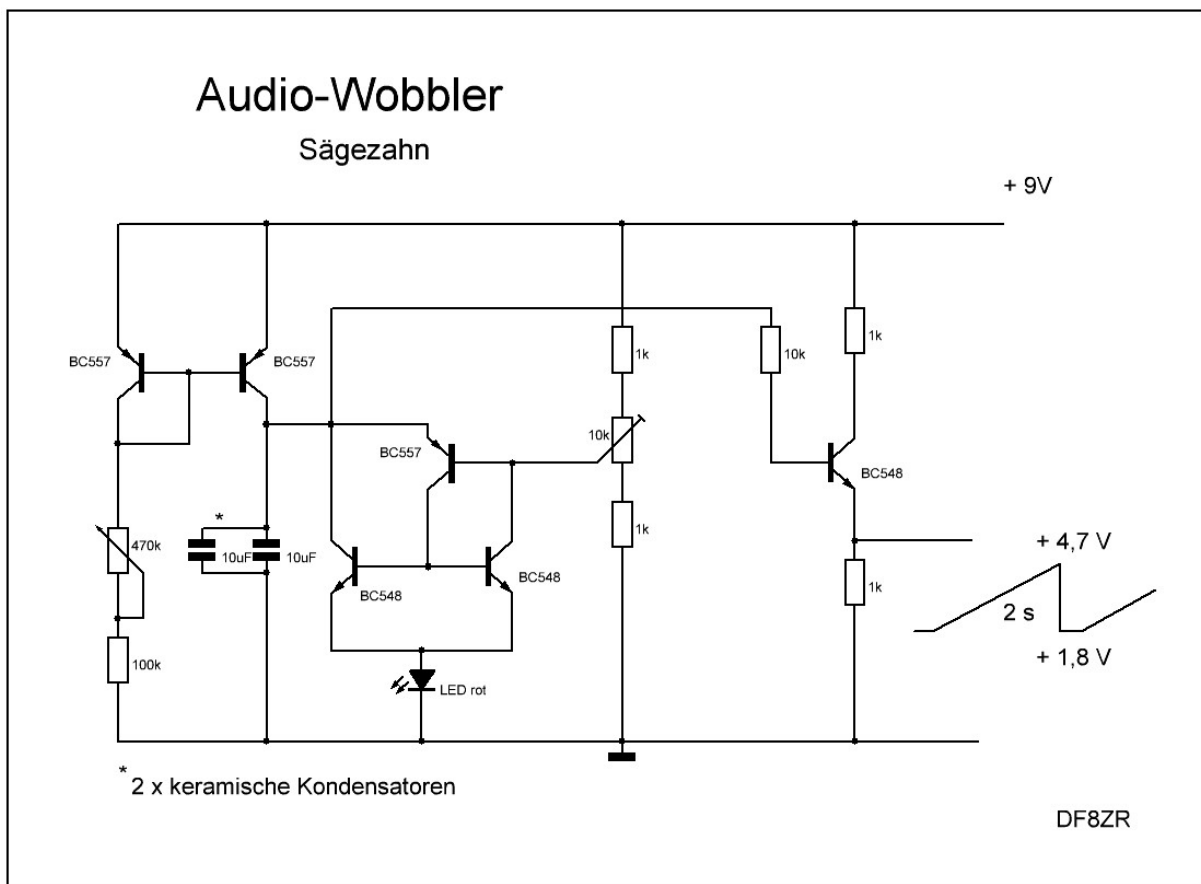


Das Bild zeigt einen Sägezahn, der von 2,33 V bis 6,9 V ansteigt. Genau der Verlauf, der einen linearen Zusammenhang zwischen Abstimmspannung und Frequenz bewirkt. Dabei ist die Schaltung auch nicht sehr aufwendig. Mit der LED habe ich die untere Spannung um die Flussspannung angehoben. Mit dem Poti kann man die Wobbelgeschwindigkeit einstellen.



Die Transistoren halten die hohen Entladeströme aus. Eine gewisse Begrenzung macht die LED.

Hier die endgültige Schaltung



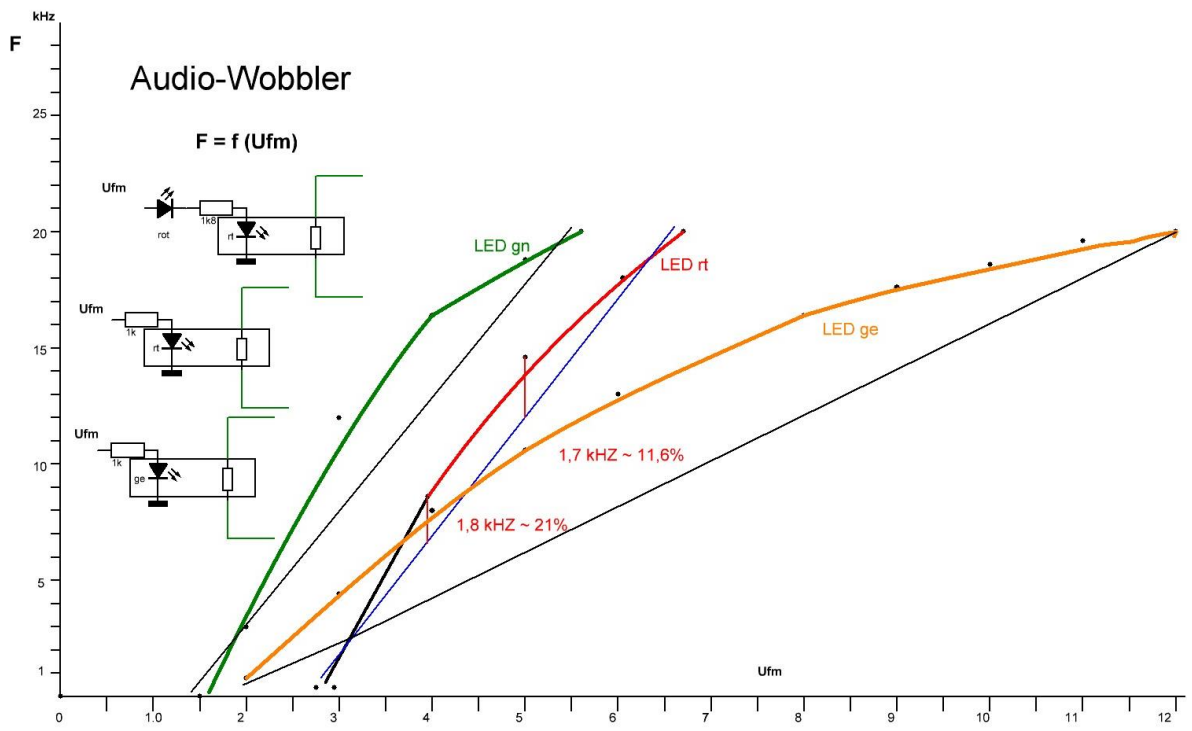
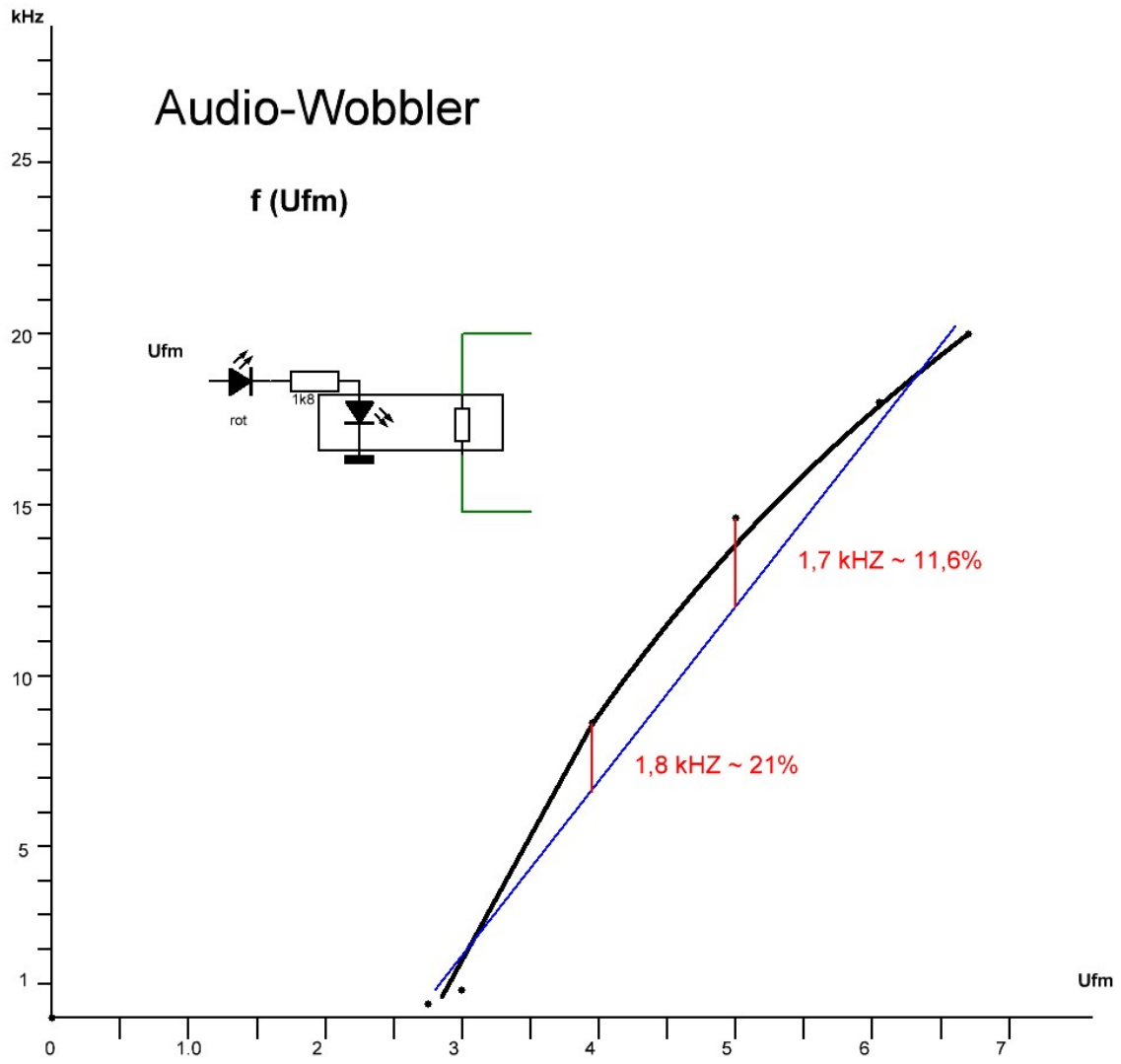
Der Ausgang ist niederohmig und kann die Optokoppler treiben, ohne dass der Sägezahn verformt wird. Der Pegelbereich von ca. 3V ist ideal.

Verworfen

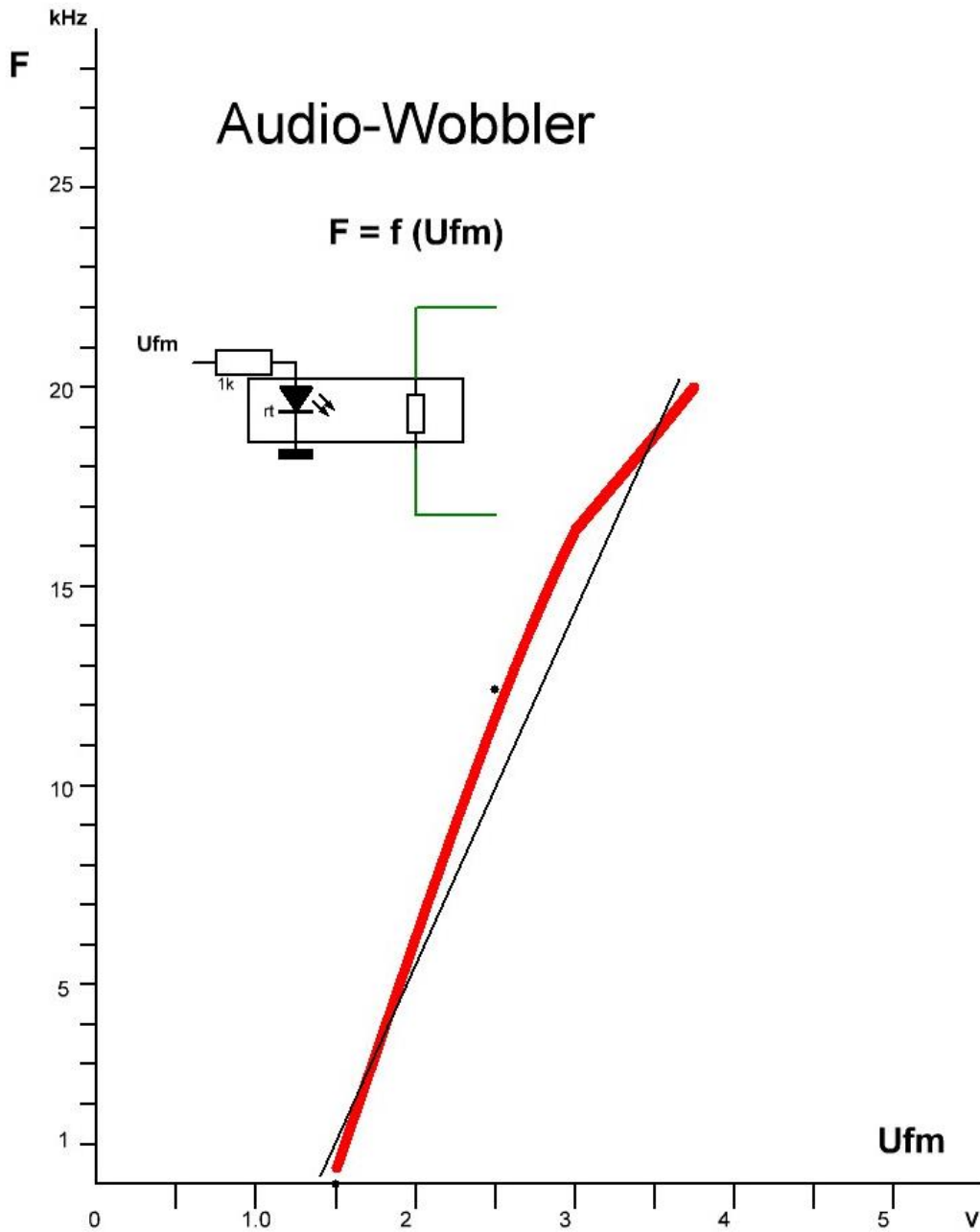
Es hat sich gezeigt, dass die Parallelschaltung von 2 Optokopplern zu erheblichen Verzerrungen der Sinusspannung führten. Nach vielen Versuchen habe ich dann doch den Vorschlag vom YTber verwirklicht, nämlich den selbstgebauten Optokoppler aus einer LED und einem Fotowiderstand. Dabei ist aber bei der gerade als gut entwickelten Abstimmspannung(Sägezahn s.o.) nur ein enger Abstimmbereich zu erhalten. Daher muss ich jetzt die Abstimmspannung von +2V bis + 6V laufen lassen. Dann kann man einen Bereich von 300 Hz bis 20 kHz darstellen.

Das Diagramm zeigt keinen idealen Verlauf. Es sind Abweichungen bei der Frequenz von 11% ... 21 % zu akzeptieren. Deshalb werde ich einen Frequenzzähler vorsehen, damit man genauere Untersuchungen vornehmen kann, wenn man von Hand abstimmt. Für den Überblick genügt mir diese relative Genauigkeit beim Wobbeln.

Durch die Reihenschaltung mit einer LED konnte ich den Verlauf noch etwas verbessern. Da sind aber noch Möglichkeiten für weiter Experimente drin.

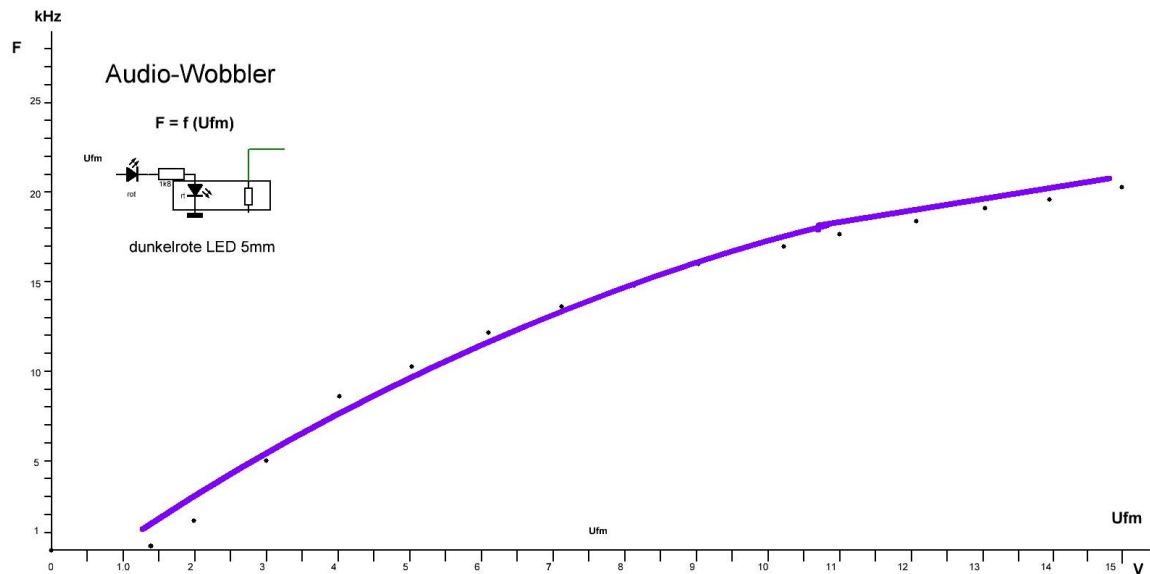


Habe verschiedene Optokoppler untersucht. Man sieht die Kurven mit grüner, roter und gelber LED. Am besten gefällt mir der Koppler mit der roten LED.



Das ist die beste Linearität, die ich erreichen konnte. Die Abstimmspannung ist von +1,5V bis +3,75 V und von 170 Hz bis 20 kHz. Diese Version werde ich verwenden.

Abschließend mit einer dunkelroten LED(5mm).

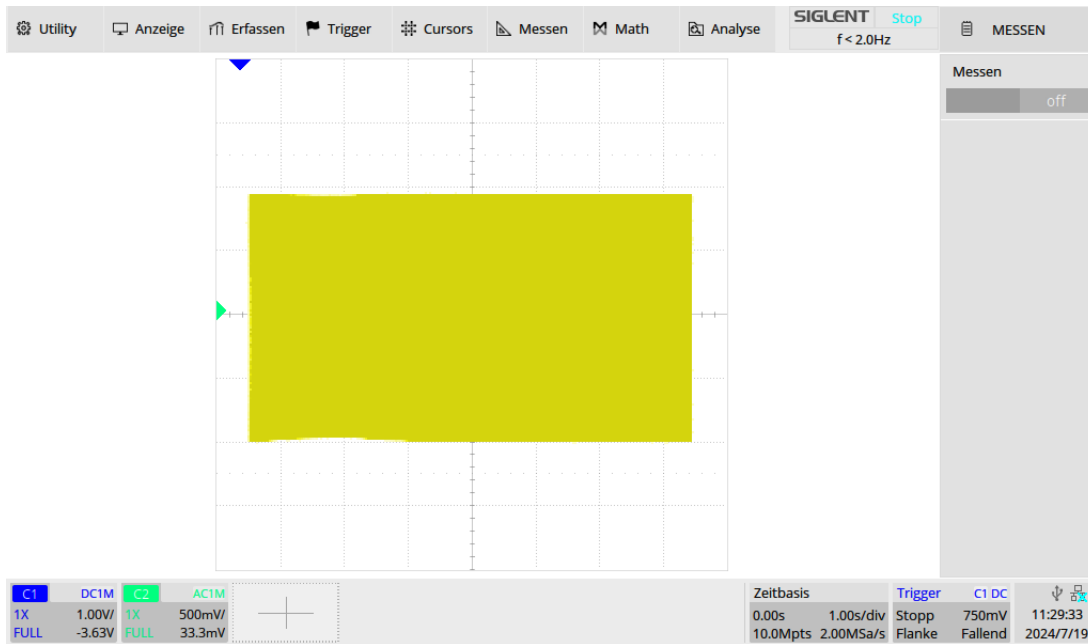


Es kommt eben auf die Leuchtstärke der Diode an. Hier brauchte ich zur vollen Ansteuerung +15V. Zuletzt knapp +4V mit einer hellroten LED(3mm).

Die Kennlinie sieht auf den ersten Blick gut aus. Aber im mittleren Bereich sind doch erhebliche Abweichungen von der Sollfrequenz.

Erstes Bild

Habe mal den Siglent SDS 2102X im X-Y-Betrieb angeschlossen. Man muss den Trigger auf die fallende Flanke der X-Spannung einstellen. Und leider auch die passende Ablenkgeschwindigkeit herausfinden. Denn es wird ja im digitalen Oszilloskope gespeichert. Das Bild füllt nicht ganz den Bildschirm. Im Quadrat ist die Darstellungsfläche aber groß genug. Die Einstellungen sind am unteren Rand zu sehen.

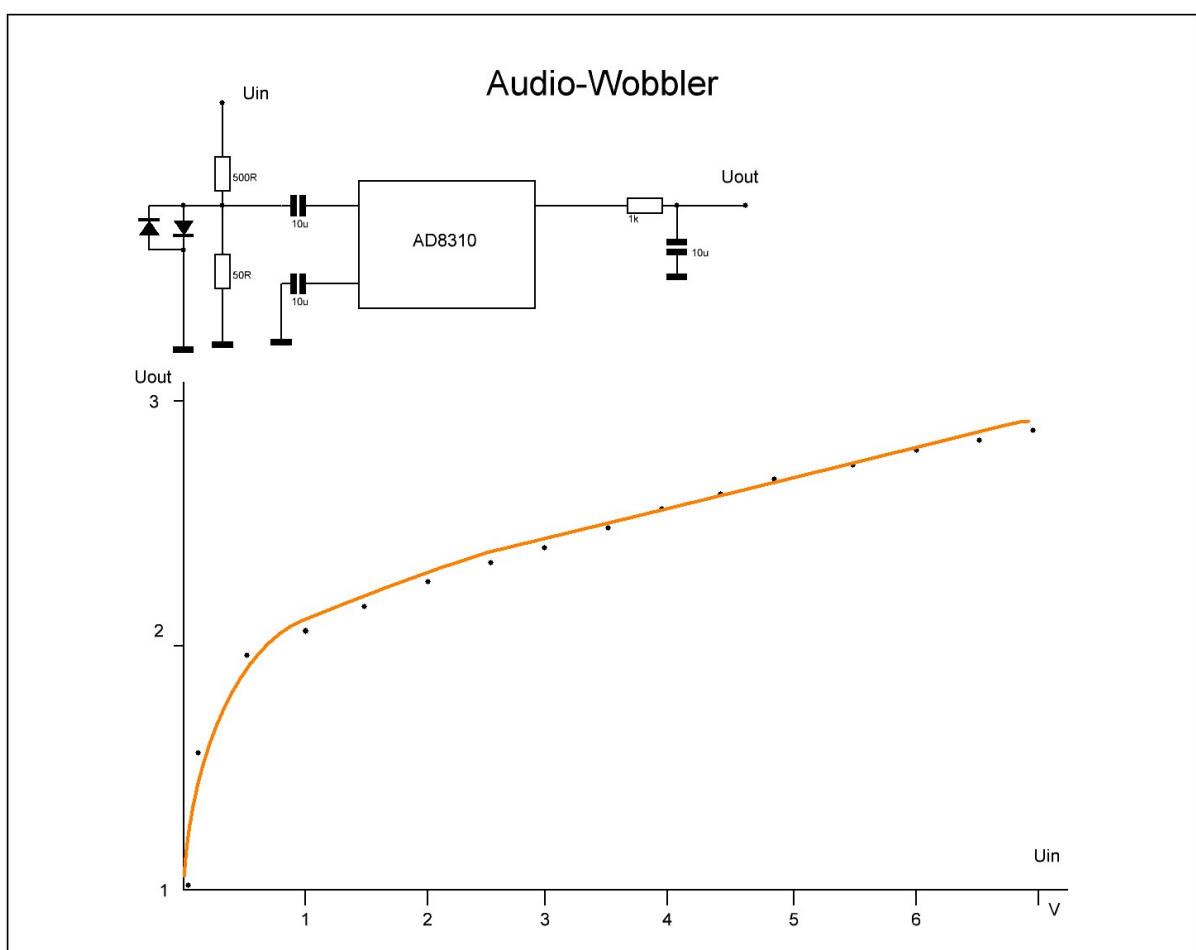


Die Farben sind negativ dargestellt, damit beim Drucken nicht zu viel schwarze Farbe verloren geht. Tatsächlich ist die Fläche blau.

Tja, man kann die Darstellung „dehnen“, wenn man die X-Empfindlichkeit erhöht. Mit dem Positionsregler wird somit sogar ein interessanter Bereich sichtbar. Die Frequenzen kann man dann mit dem Frequenzzähler im Handbetrieb bestimmen.



Dieser Screenshot zeigt den Verlauf der Ausgangsspannung von eine AD8310. Der log. Wandler wurde über einen 1uF-Kondensator und Spannungsteiler an den Ausgang des Oszillators geschaltet. Er soll in Y-Richtung einen logarithmischen Pegel abgeben. Da muss aber noch was getan werden, denn der bachförmige Anstieg ist mir noch ein Rätsel. Allerdings sieht man im unteren Bereich des Pegels den „Sternenhimmel“ des Grundrauschens(heller Teil).



Der AD8310

Von 22uV bis 1V = 80 dB kann dieser Baustein verarbeiten. Dabei ist die höchste Ausgangsspannung 2,8V. Um diesen großen Dynamikbereich tatsächlich zu nutzen, ist ein erheblicher Aufwand an Hardware notwendig. Man muss ggf. die Messspannung verstärken und man muss für die ganz

niedrigen Pegel für eine sehr gute Abschirmung gegen Störspannungen bauen. Dieser Aufwand steht im Missverhältnis zum gesetzten Ziel. Nämlich einen einfachen Wobbler zu basteln.

Mit einem Spannungsteiler 10:1 kann man einen Vorschaltwiderstand zu dem 50 Ohm auf der Platine schalten. Danach eine antiparallele Schaltung von zwei 1N4148 als Schutz vor Überspannungen. Ich habe die Koppelkondensatoren auf 10uF(keramisch) eingelötet. Und am Ausgang einen Tiefpass mit ebenfalls 1k/10u vorgesehen, denn sonst entsteht unter 100 Hz ein großer Ripple, der störend ist. Natürlich muss man dann ganz langsam wobbeln. Nicht jeder hat die Geduld für ein korrektes Vorgehen. Und leicht entstehen falsche Bilder auf dem Scope.

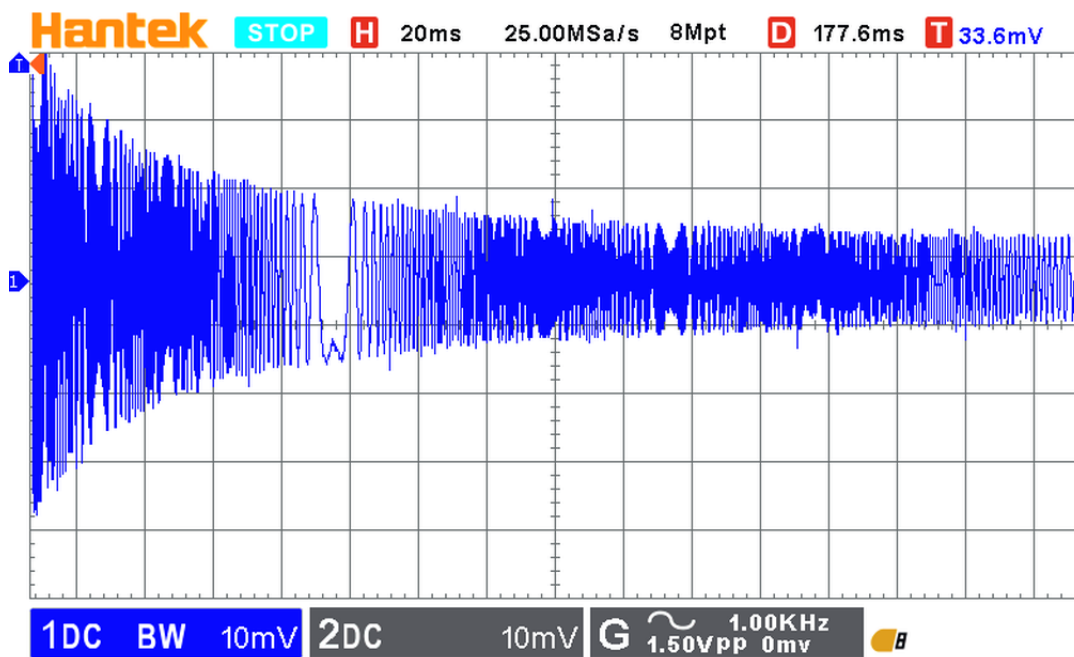
Moderne Oszillografen

Sie haben heute fast alle eine X/Y-Darstellung. Allerdings oft nicht über den ganzen Schirm. Weil gespeichert wird, sieht man nur ein relativ kleines Quadrat abgebildet. Die Auflösung ist gering und eigentlich für eine genauere Frequenzablesung ungeeignet. Ältere analoge Oszillografen sind da klar im Vorteil. Aber wer will sich so eine Kiste noch auf den Basteltisch stellen!

Die besseren DSOs können ein Bodeplot darstellen. Sind also eigentlich sehr brauchbare Wobbler für den Audiobereich. Manche gehen bis 50 MHz und man kann damit z.B. auch ZF-Schwingkreise untersuchen. Die Bedienung solcher Scopes in

diesem Modus ist allerdings nicht ganz einfach. Es braucht Zeit, die richtigen Einstellungen vorzunehmen. Man kann nicht eben mal etwas schnell untersuchen. Also sind auch hier in der Praxis Hemmungen zu überwinden. Es macht keinen Spaß damit.

Mit dem DSO wobbeln



Der Screenshot zeigt den Frequenzverlauf an einem Tiefpass. Ich habe einen Signalgenerator OWON DGE 2070 auf sweep geschaltet. Der wobbelte log. von 100Hz bis 22kHz. Die Zeitablenkung des DSOs habe ich so eingestellt, dass es auf der ganzen Länge der X-Achse passte. Mit dem ersten Schwingungszug (Untere Frequenz) wurde getriggert. Natürlich fehlt die Frequenzablesung. Aber mit der Handabstimmung könnte man die interessanten Frequenzbereiche ermitteln.

Diese Methode ist so einfach, dass jede andere Lösung im Vergleich viel Aufwand erfordert. Und man nutzt den DSO auch für diese Anwendungen.

Software

Ja, es gibt diese wunderbaren Anwendungen für den PC. Es gibt sogar kleine Messboxen für die Messungen an HiFi-Anlagen. Und dazu auch kostenlose Software. „audio-Tester“ oder REW sind solche Möglichkeiten. Sie arbeiten mit der Soundkarte und haben meistens auch eine logarithmische Darstellung des Frequenzverlaufes über den ganzen Audio-Frequenzbereich. ABER: Alle müssen mit einem Laptop oder PC betrieben werden. Also eine Kiste mehr auf dem Basteltisch. Dafür bieten sie umfangreiche Messmöglichkeiten Und ein Diagramm steht sofort auf dem Bildschirm oder Drucker zur Verfügung.

Fazit

Sorry, ich gebe auf! Das mag vielleicht diejenigen Bastler enttäuschen, die auf ein Nachbaurezept gewartet haben. Ich sehe aber keinen Sinn mehr für einen Selbstbau, wenn ich den Aufwand mit dem Nutzen vergleiche. Die anderen Möglichkeiten stehen jedem offen. Da ich ja selbst bereits viele Geräte im Einsatz habe, kann ich mich so entscheiden. Dem Selbstbau steht ja nichts im Weg. Ich habe hier Vorschläge genug eingebracht. Man könnte damit weitermachen und sich etwas basteln. Bitte um Nachsicht, wenn ich den Bericht über die Entwicklung hier beende. Danke fürs lesen.

DF8ZR; 23. Juli 2024