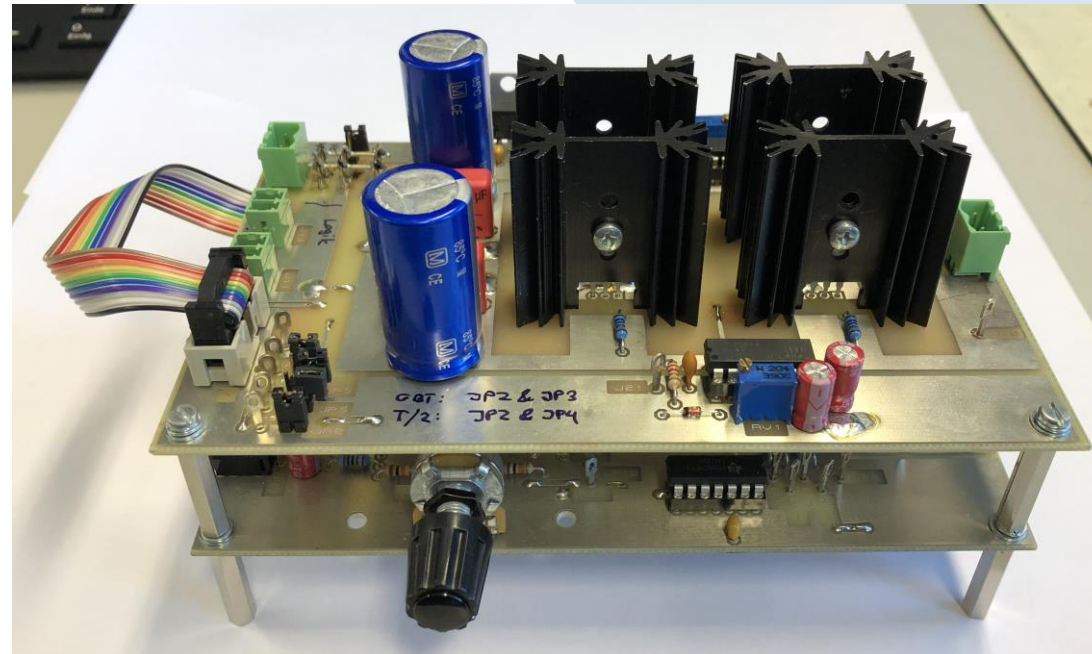


Class D Audio Verstärker

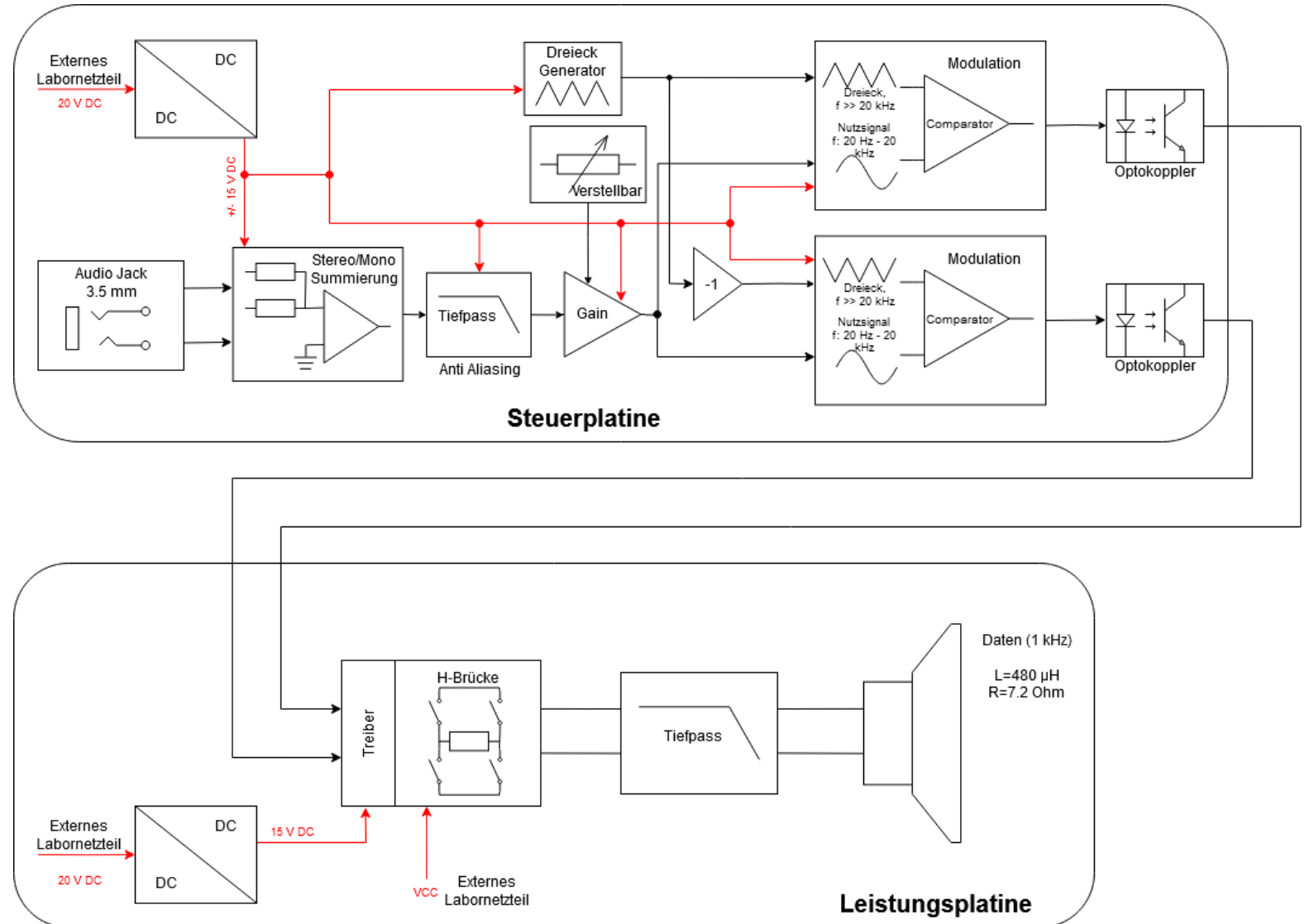
Leistungselektronik WS 2019/2020
Rutkowski, Sernatinger



Projekt Vorstellung

Erstellen eines Class-D Audio Verstärkers mit folgenden Randbedingungen:

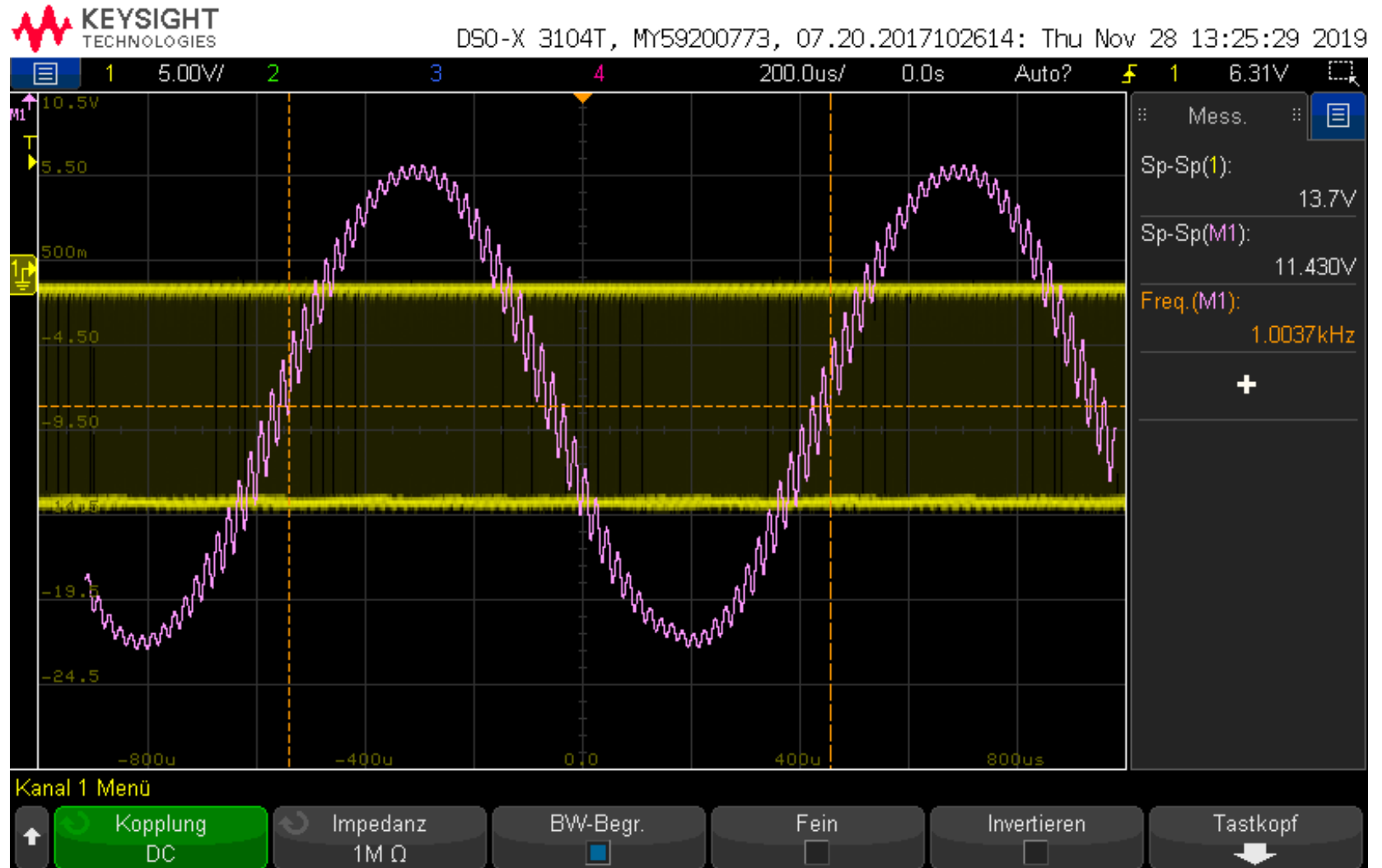
- 100 W Nennbetrieb:
 $f = 1 \text{ kHz}, U_{eff} = 26,8 \text{ V}$
 $I_{eff} = 3,73 \text{ A}$
- Audio In über 3,5 mm Klinke
- Einstellung der Lautstärke (Potentiometer)
- Testen verschiedener Ansteuerungsverfahren (Beidseitige-/Gleichzeitige und $T/2$ -Versetzte Taktung)



Pulsweiten Modulation

Prinzip des Verstärkers:

- Eingangssignal 1 kHz Sinus
- Mittelwert der modulierten Eingangsspannung ergibt den dazu proportional treibenden Ausgangsstrom am Lautsprecher
- Spannungsspitzen lassen sich über Snubber reduzieren (Klang Qualität und THD verbessern sich)

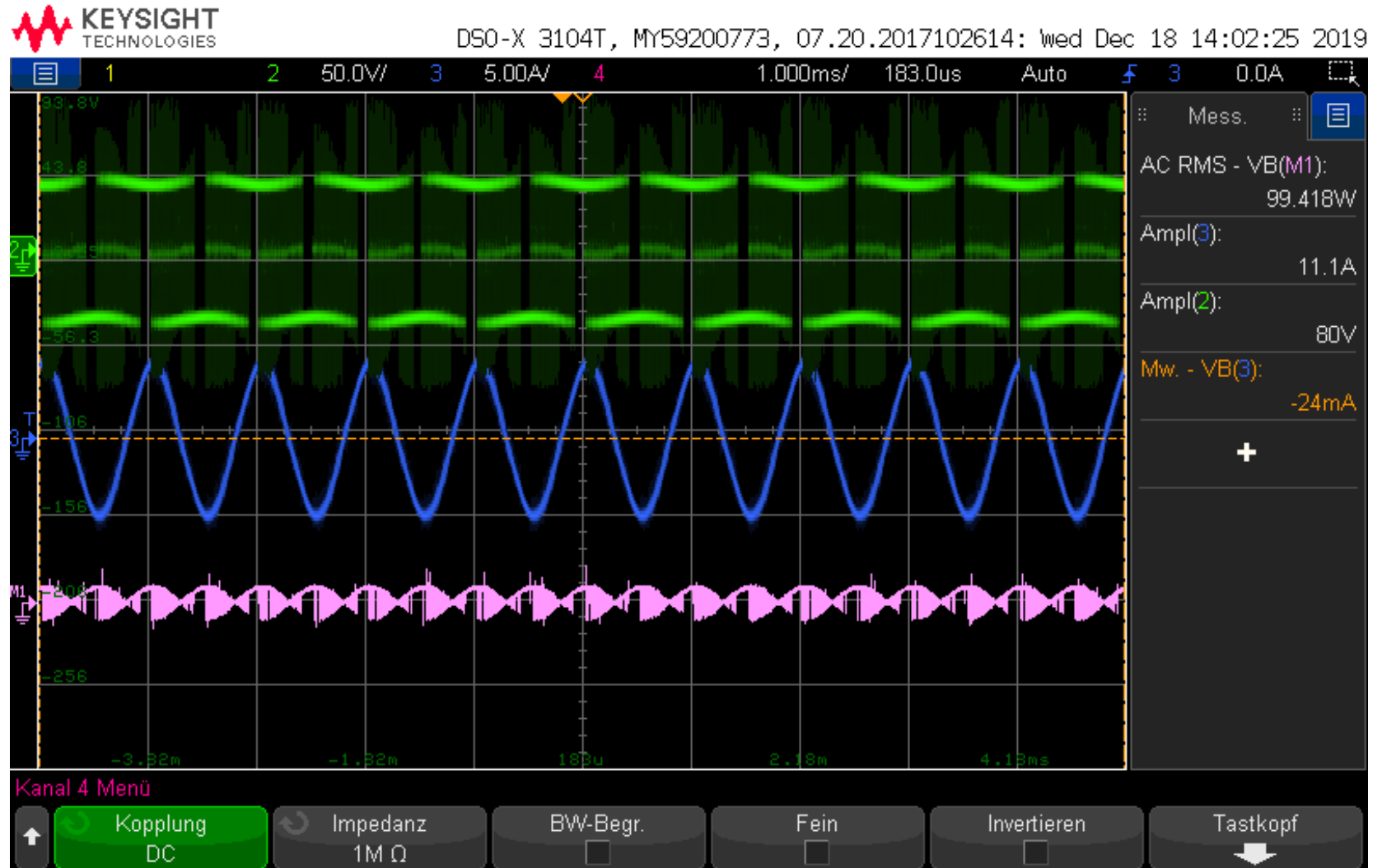


Messung der Steuerungsplatine (Modulationssignal)

Pulsweiten Modulation

Prinzip des Verstärkers:

- Eingangssignal 1 kHz Sinus
- Mittelwert der modulierten Eingangsspannung ergibt den dazu proportional treibenden Ausgangsstrom am Lautsprecher
- Spannungsspitzen lassen sich über Snubber reduzieren (Klang Qualität und THD verbessern sich)

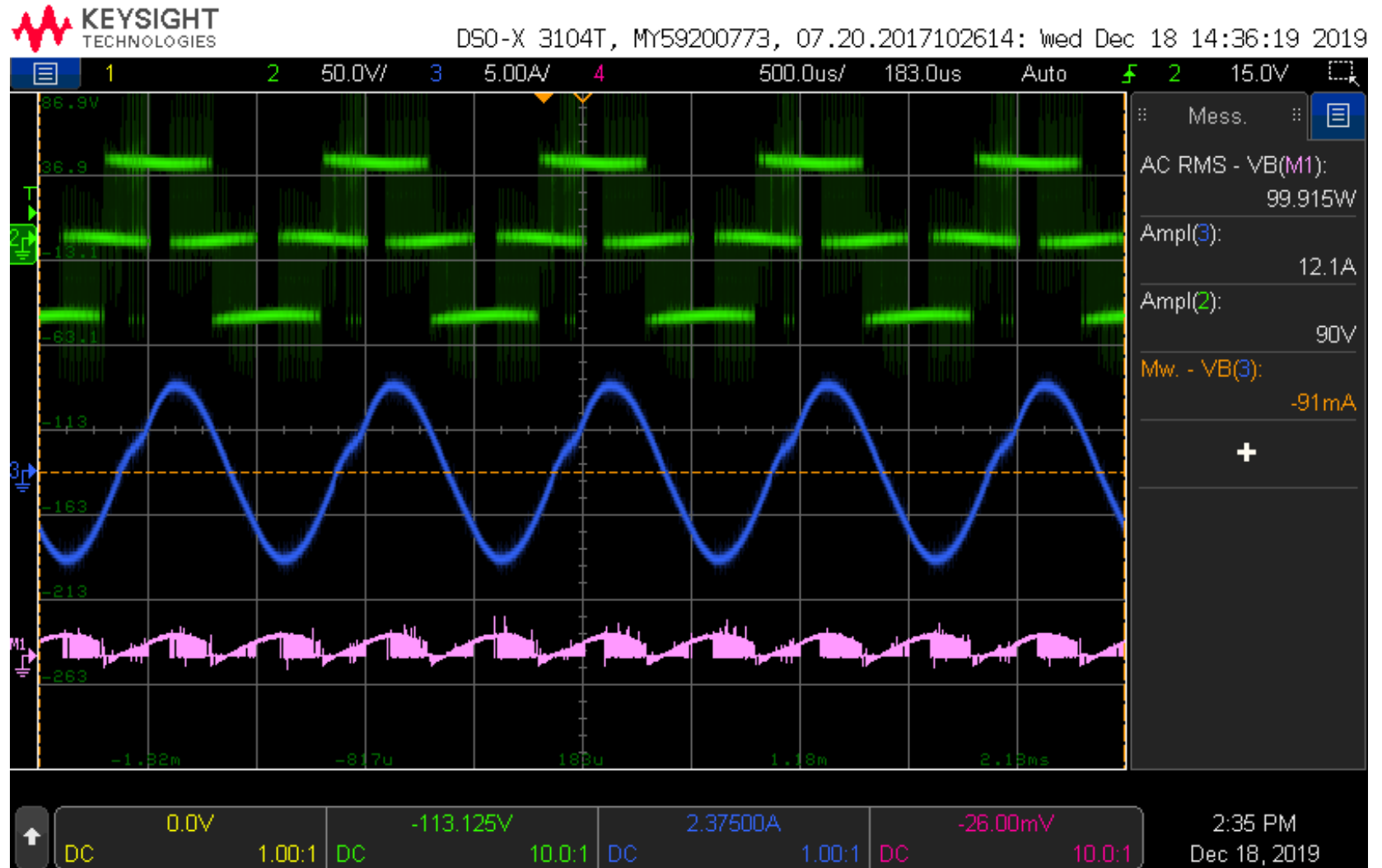


Dauertest Beidseitig-/Gleichzeitige Taktung

Pulsweiten Modulation

Prinzip des Verstärkers:

- Eingangssignal 1 kHz Sinus
- Mittelwert der modulierten Eingangsspannung ergibt den dazu proportional treibenden Ausgangsstrom am Lautsprecher
- Spannungsspitzen lassen sich über Snubber reduzieren (Klang Qualität und THD verbessern sich)



Dauertest $T/2$ -Versetzte Taktung

Probleme

Erster Test mit Musik:

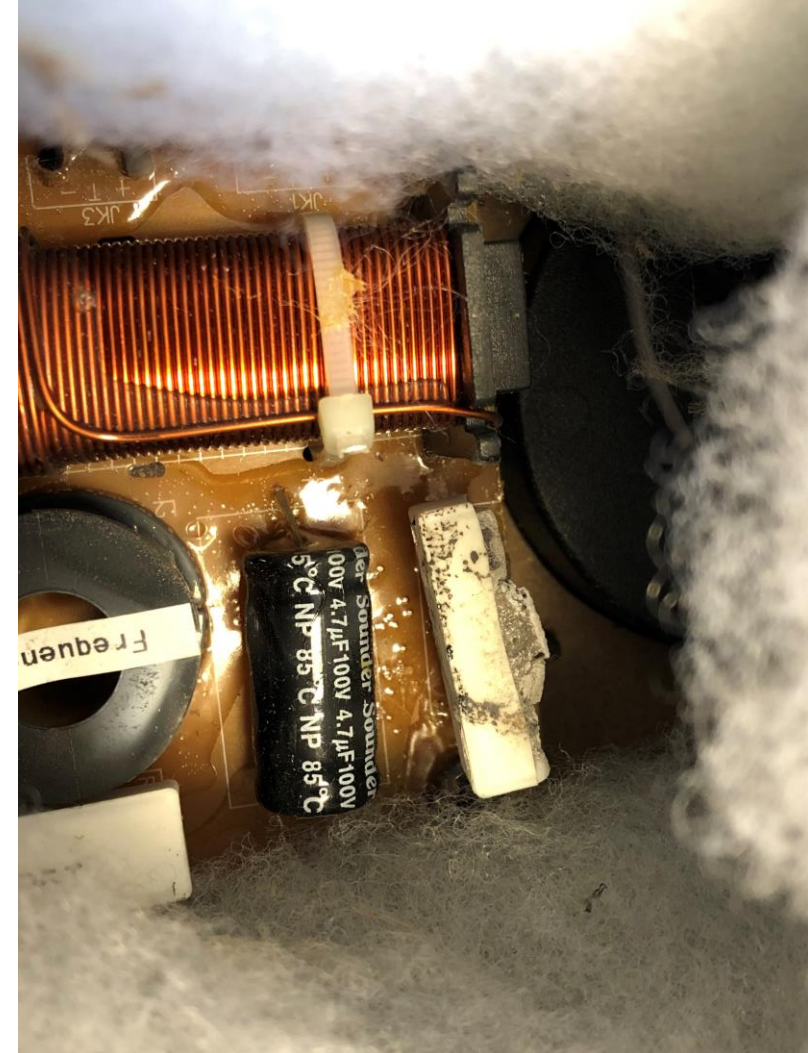
- Kurzzeitig relativ gute Performance
- Nach ca. 5min Defekt des Lautsprechers (Frequenzweiche)

Fehlersuche:

- RLC Schwingkreis?
- $f_{abtast} = 48 \text{ kHz}$ werden vom Lautsprecher in Wärme umgesetzt?

Lösung:

- Verwendung Tiefpassfilter/ Induktivität in Reihe
- $T/2$ -Versetzte Taktung erzeugt doppelte Frequenz $\rightarrow f_{abtast} = 96 \text{ kHz}$
Dadurch wird die kritische Frequenz von 48 kHz nicht am Lautsprecher angelegt.



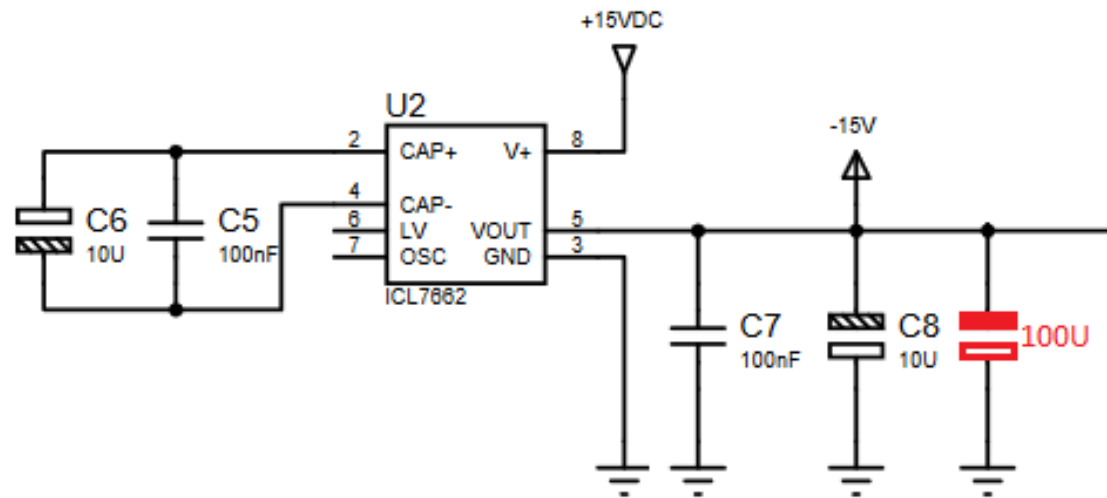
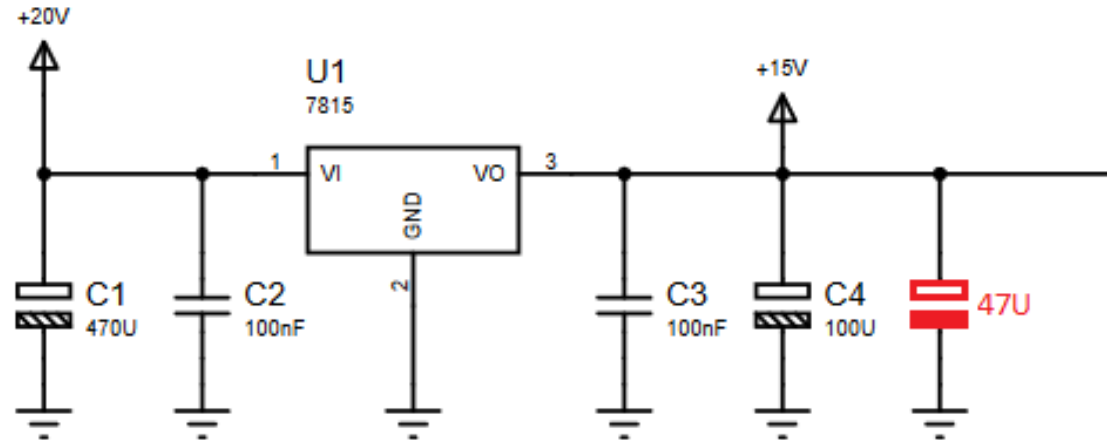
Optimierung

Optimierung:

- Starkes hörbares Rauschen bei ca. 3 kHz und 13 kHz
- Eingrenzung auf Ladungspumpe

Verbesserung:

- Deutliche Verbesserung nach hinzufügen der Stützkondensatoren



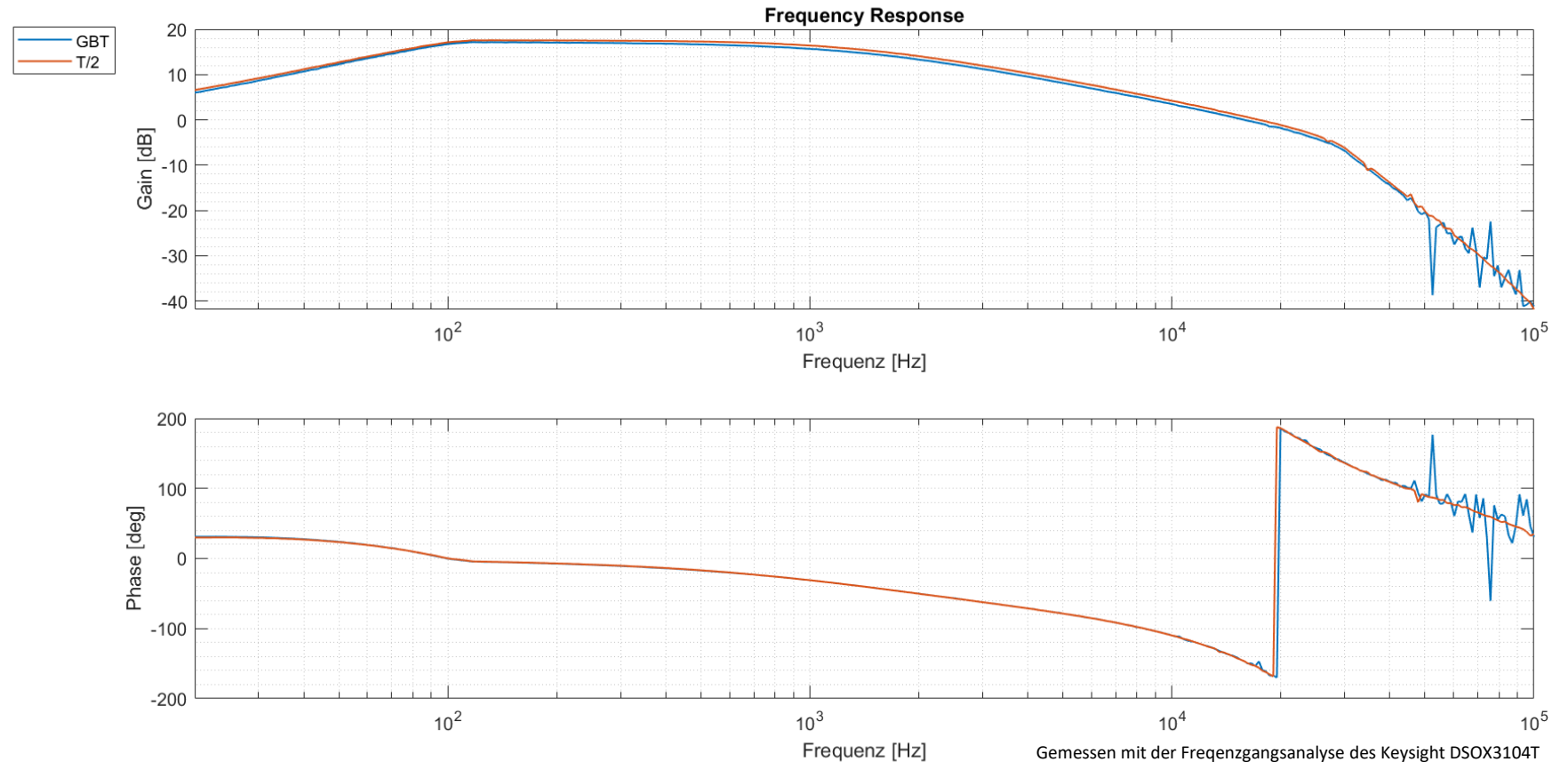
Vergleich der Frequenzgänge

Messung:

- Messung an Ersatzlautsprecher
- Messung bei $P = 100\text{ W}$
- Eingang: Spannung
Ausgang: Strom
→ dB Wert $\left[\frac{I}{U}\right]$

Messwerte:

- ✓ Frequenzverlauf ohne große Einbrüche, jedoch nicht sehr linear (vermutlich durch Messung an keiner rein ohmschen Last)



Fazit und Tipps

- Das Projekt konnte den Angaben entsprechend erfolgreich umgesetzt werden.
- Da der Lautsprecher im Labor $P_{RMS} = 70 W$ umsetzen kann, wurde für die $100 W$ Messung ein Ersatzlautsprecher aus Widerstand und Spule mit ähnlichen Werten erstellt.
- Es wurden zwei Leiterkarten verwendet.
- Es traten nur wenige Probleme auf, welche, wie zuvor beschrieben, gelöst/optimiert werden konnten.
- Die $T/2$ -Versetzte Taktung ist der Beidseitigen-/Gleichzeitigen Taktung mit der Verwendung von Snubbern klanglich und auf den Ruhestrom bezogen überlegen.
- Fokus auf $T/2$ -Versetzte Taktung mit Snubbern (Snubber unbedingt als SMD ausführen)
- Tiefpassfilter am Ausgang oder Höhere Abtastfrequenz wählen
- Massebahnen konsequent sternförmig aufteilen; Platine mit Masse „fluten“
- Da es sich um einen Prototyp handelt: SMD Bauteile vermeiden wo es geht
- Leiterbahnquerschnitt großzügig wählen
- Bauteile nur auf der Unterseite der Platine festgelötet. Oberes Layer für Brücken benutzen.
- Projekt gut durchstrukturieren