



Elektronik 2
Praktikum 4

2021

Leistungsverstärker

20. Juni 2021

Florian Tietjen

Torsten Möller

Eric Antosch

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	2
Tabellenverzeichnis	2
1 Einleitung	3
2 Inbetriebnahme	3
2.1 Vorbereitung	3
2.2 Durchführung	3
2.3 Auswertung	4
3 Übertragungskennlinie $U_a=f(U_e)$, Übernahmeverzerrung	4
3.1 Vorbereitung	4
3.2 Durchführung	4
3.3 Auswertung	5
4 Aufgenommene Leistung, Ausgangsleistung, Verlustleistung	5
4.1 Vorbereitung	5
4.2 Durchführung	5
4.3 Auswertung	5

Abbildungsverzeichnis

1 Grundsaltung des Leistungsverstärkers	3
2 Messung der Inbetriebnahme	4
3 Messung der Schalterstellung A	5
4 Messung der Schalterstellung B	5
5 Erwartungen von den zu untersuchenden Werten aus der Vorlesung	5
6 Plot der Leistungen	6
7 Plot des Wirkungsgrades	6

Tabellenverzeichnis

1 Messergebnisse der zu untersuchenden Werte	6
--	---

1 Einleitung

In diesem Laborversuch wollen wir uns mit der Wirkweise und den Eigenschaften eines Leistungsverstärkers auf der Basis eines Operationverstärkers (OPA551) beschäftigen. Die Inbetriebnahme, die Übernahmeverzerrung, Leistungsaufnahme und der Klirrfaktor sind dabei Gegenstand der Überlegungen und Untersuchungen.

2 Inbetriebnahme

Aufgabe 2.0

In der ersten Aufgabe wollen wir den Leistungsverstärker in Betrieb nehmen. Dazu wählen wir die Schalterstellung B (siehe 1) und drehen die Strombegrenzung stark zurück, sodass die Ruhestromaufnahme nur einige mA beträgt. Wir vergrößern langsam die Strombegrenzung auf 80% und speisen ein Eingangssignal von $U_e = 0,1V$ mit $f = 1kHz$ ein. Am R_L sollte eine Spannung von $1V$ erscheinen.

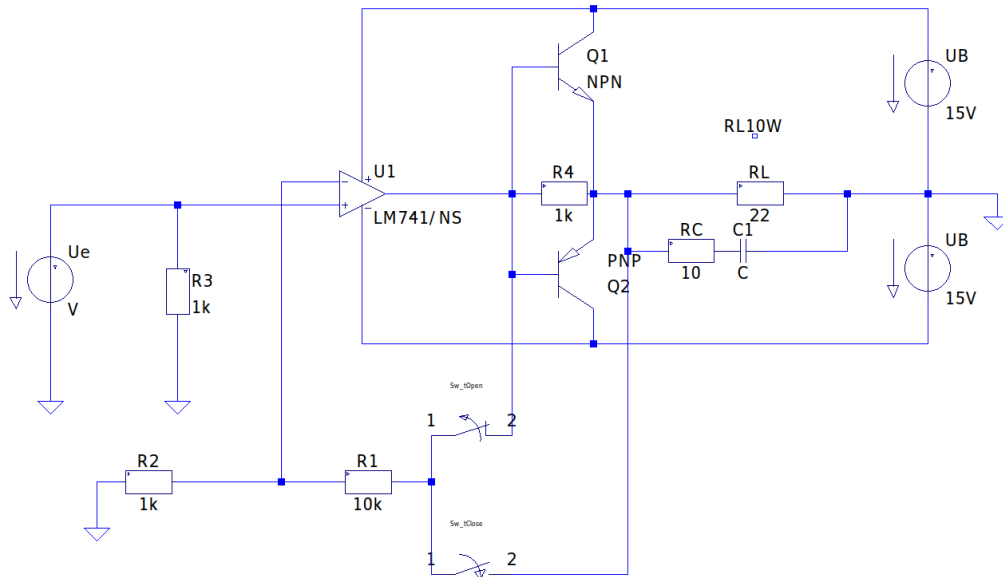


Abbildung 1: Grundsaltung des Leistungsverstärkers

2.1 Vorbereitung

Wir wollen zudem erst einmal die theoretische Verstärkung des Leistungsverstärkers berechnen. Dafür machen wir uns bewusst, dass es sich hier um eine rückgekoppelte nicht-invertierende Verstärkerschaltung handelt. Es folgt:

$$A_u = \frac{R_1 + R_2}{R_2} = \frac{10k\Omega + 1k\Omega}{1k\Omega} = 11 \quad (1)$$

Wir erwarten daher eine Verstärkung von $U_e = 0,1V$ zu $U_a = A_u \cdot U_e = 11 \cdot 0,1V = 1,1V$.

2.2 Durchführung

Wir stellen eine Betriebsspannung von $U_B = 15V$ ein und stellen die Stromverstärkung vollständig zurück. Wir regen den Eingang mit einem sinusförmigen Signal $U_e = 0,1V$ an und die Strombe-

grenzung wird nun langsam auf 80% erhöht. Wir messen sowohl das Eingangs -und Ausgangssignal auf dem Oszilloskop.

Abbildung 2: Messung der Inbetriebnahme

Wir erkennen nun, dass wir mit

$$A_u = \frac{U_a}{U_e} = \frac{1,04V}{91,2mV} = 11,04$$

eine sehr ähnliche Verstärkung erhalten, wie wir zuerst theoretisch betrachtet hatten.

2.3 Auswertung

Die Abweichung lässt sich auf die Bauteile und das Oszilloskop zurückführen. Dort können parasitäre Effekte der Leitungen, korrodierte Kontakte oder ähnliche Umstände einen Einfluss auf das Ergebnis nehmen.

3 Übertragungskennlinie $U_a=f(U_e)$, Übernahmeverzerrung

Aufgabe 3.0

In nächsten Schritt wollen wir uns nun auf die Übernahmeverzerrung der Schaltung beziehen. Dazu messen wir sowohl bei Schalterstellung A als auch bei Schalterstellung B mithilfe des X-Y-Betriebs des Oszilloskops die Ausgangsspannung in Abhängigkeit von der Eingangsspannung. Der Bereich der Ausgangsspannung liegt dabei bei ca. $\pm 1V$.

3.1 Vorbereitung

Durch die in der Schaltung verbauten Transistoren und den Operationsverstärker werden beide Halbwellen des sinusförmigen Eingangssignals verstärkt. Für die Schalterstellung A gilt, dass die Rückkopplung vor der Gegentakt-Endstufe mit $U_{BE} = 0,6V$, $A_u = 11$, $U_{a,op} = U_e \cdot A_u = U_e \cdot 11 \Rightarrow U_a = U_{a,op} - U_{BE}$. Daraus folgt dann, dass $U_a = U_e \cdot A_u - U_{BE} = 0,1V \cdot 11 - 0,6V = 0,5V$ (bei maximaler Verstärkung). Wir wollen nun noch heraus finden, in welchem Bereich eine Ausgangsspannung messbar ist. Dazu wissen wir, dass für die positive Halbwelle gilt $U_{a,op} \geq U_{BE}$. Daraus folgt:

$$\min(U_e) = \frac{\min(U_{a,op})}{A_u} = \frac{U_{BE}}{A_u} = \frac{0,6V}{11} = 55mV$$

Analog zu dieser Überlegung ergibt sich, dass die negative Halbwelle für einen Wert von bis zu $-55mV$ keine Ausgangsspannung liefert, da dort die Endtransistoren noch nicht durchsteuern.

Für die Schalterstellung B ist wie in Aufgabe 1 folgende Überlegung

$$U_{a,op} = U_a = U_e \cdot A_u = 0,1V \cdot 11 = 1,1V$$

Es ist also zu erwarten, dass bei der Schalterstellung A die Lissajous-Figur einen Bereich hat ($55mV - (-55mV)$), indem keine Y-Ablenkung auf das Signal von dem Kanal 1 zu erkennen ist. Wir erwarten bei Schalterstellung B eine durchgehende Linie, also ein Frequenzverhältnis von 1:1 und keine Phasenverschiebung.

3.2 Durchführung

Wir wollen zuerst die Signale, also das Ein- und Ausgangssignal mithilfe des Y-T-Betriebs sauber einstellen und dann im X-Y-Betrieb eine entsprechende Darstellung dokumentieren.

Abbildung 3: Messung der Schalterstellung A

Abbildung 4: Messung der Schalterstellung B

3.3 Auswertung

Schalterstellung A

Schalterstellung B

4 Aufgenommene Leistung, Ausgangsleistung, Verlustleistung

Aufgabe 4.0

Wir wollen nun als nächstes die Leistung unserer Schaltung untersuchen. Mit einer Schaltung B, $f = 1\text{kHz}$ und einer Strombegrenzung von 100% messen wir die Ausgangsspannung U_a und die Kollektorströme I_{C1} und I_{C2} für einen Eingangssignalbereich von $U_e = 0 \dots 0,5\text{V}$ dar. Im Anschluss wollen wir die Ausgangsleistung P_A , die aufgenommene Leistung der Endstufe P_B , die Verlustleistung der Endstufe P_V und den Wirkungsgrad der Endstufe η in Abhängigkeit von der Eingangsspannung grafisch darstellen.

4.1 Vorbereitung

Wir berechnen die Werte P_A , P_B , P_V und η wie in der Vorlesung angegeben:

$$P_A = \frac{U_A^2}{R_L}$$

$$P_B = (i_{C2} + i_{C1}) \cdot U_B$$

$$P_V = P_B - P_A$$

$$\eta = \frac{P_A}{P_B}$$

Wir erwarten dabei die in der Vorlesung erklärten Graphen:

Abbildung 5: Erwartungen von den zu untersuchenden Werten aus der Vorlesung

4.2 Durchführung

U_e	U_a	I_{C1}	I_{C2}	P_A	P_B	P_V	η
-------	-------	----------	----------	-------	-------	-------	--------

Tabelle 1: Messergebnisse der zu untersuchenden Werte

Aus den Messergebnissen können wir folgende Graphen plotten:

Abbildung 6: Plot der Leistungen

4.3 Auswertung

Abbildung 7: Plot des Wirkungsgrades