



Elektronik 2
Praktikum 4

2021

Leistungsverstärker

23. 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	5
3.1 Vorbereitung	5
3.2 Durchführung	5
3.3 Auswertung	5
4 Aufgenommene Leistung, Ausgangsleistung, Verlustleistung	6
4.1 Vorbereitung	6
4.2 Durchführung	6
4.3 Auswertung	7

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	6
6 Plot der Leistungen	8
7 Plot des Wirkungsgrades	9

Tabellenverzeichnis

1 Messergebnisse der zu untersuchenden Werte	7
--	---

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.

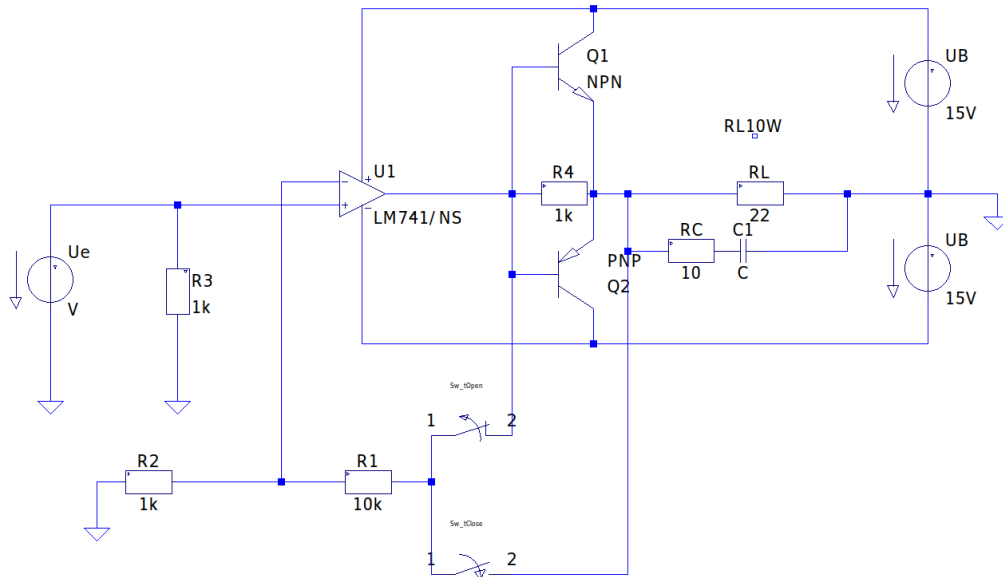


Abbildung 1: Grundsaltung des Leistungsverstärkers

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

$$A_u = \frac{U_a}{U_e} = \frac{1,034V}{94,5mV} = 11$$

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: Man erkennt deutlich auf dem U-T-Diagramm die Slew-Rate der Transistoren. Auch unsere Vorüberlegung wurde dadurch bestätigt, dass die Spannung unter einem Wert von $55mV$ kaum mehr zu messen ist, da die Transistoren nicht mehr vollständig durchsteuern können.

Schalterstellung B: Die Lissajous-Figur ist eine beinahe perfekte Gerade, da die Rückkopplung viel dazu beiträgt, dass die Endtransistoren durchgehend eine entsprechende Spannung U_{BE} bekommt und so eine Ausgangsspannung auch im kleinen mV -Bereich zu messen sind.

4 Aufgenommene Leistung, Ausgangsleistung, Verlustleistung

Aufgabe 4.0

Wir wollen nun als nächstes die Leistung unserer Schaltung untersuchen. Mit einer Schalterstellung 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:

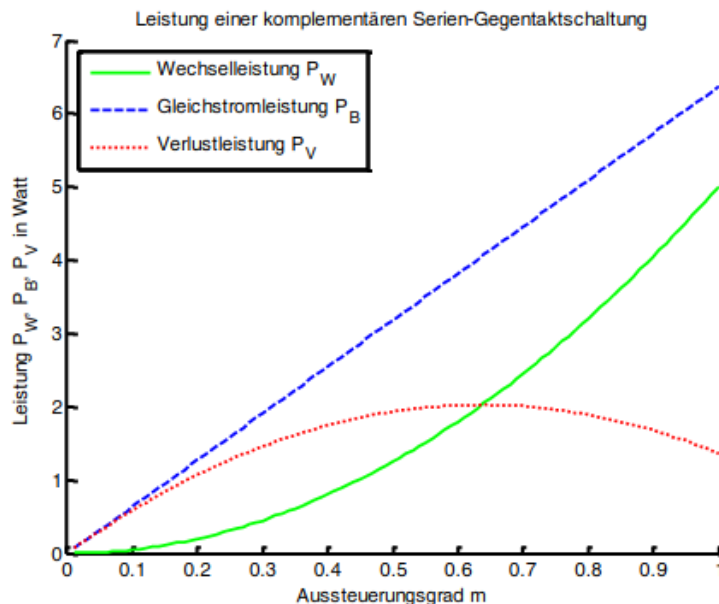


Abbildung 5: Erwartungen von den zu untersuchenden Werten aus der Vorlesung

4.2 Durchführung

Aus den Messergebnissen können wir folgende Graphen plotten:

U_e	U_a	I_C	P_A	P_B
50mV	516mV	12,7mA	0,0121W	0,3822W
100mV	1,03V	25,63mA	0,0482W	0,7689W
150mV	1,54V	38,6mA	0,1078W	1,15W
200mV	2,07V	51,5mA	0,1948W	1,54W
250mV	2,53V	61,3mA	0,2909W	1,83W
300mV	3,11V	77,2mA	0,4368W	2,31W
350mV	3,6V	89,9mA	0,5891W	2,69W
400mV	4,15V	102mA	0,7828W	3,06W
450mV	4,67V	115mA	0,9913W	3,45W
500mV	5,2V	128mA	1,2291W	3,84W
550mV	5,7V	141mA	1,4768W	4,23W
600mV	6,22V	153mA	1,75W	4,59W
650mV	6,74V	166mA	2,069W	4,98W
700mV	7,27V	180mA	2,404W	5,4W
780mV	8,1V	200mA	2,98W	6W

Tabelle 1: Messergebnisse der zu untersuchenden Werte

4.3 Auswertung

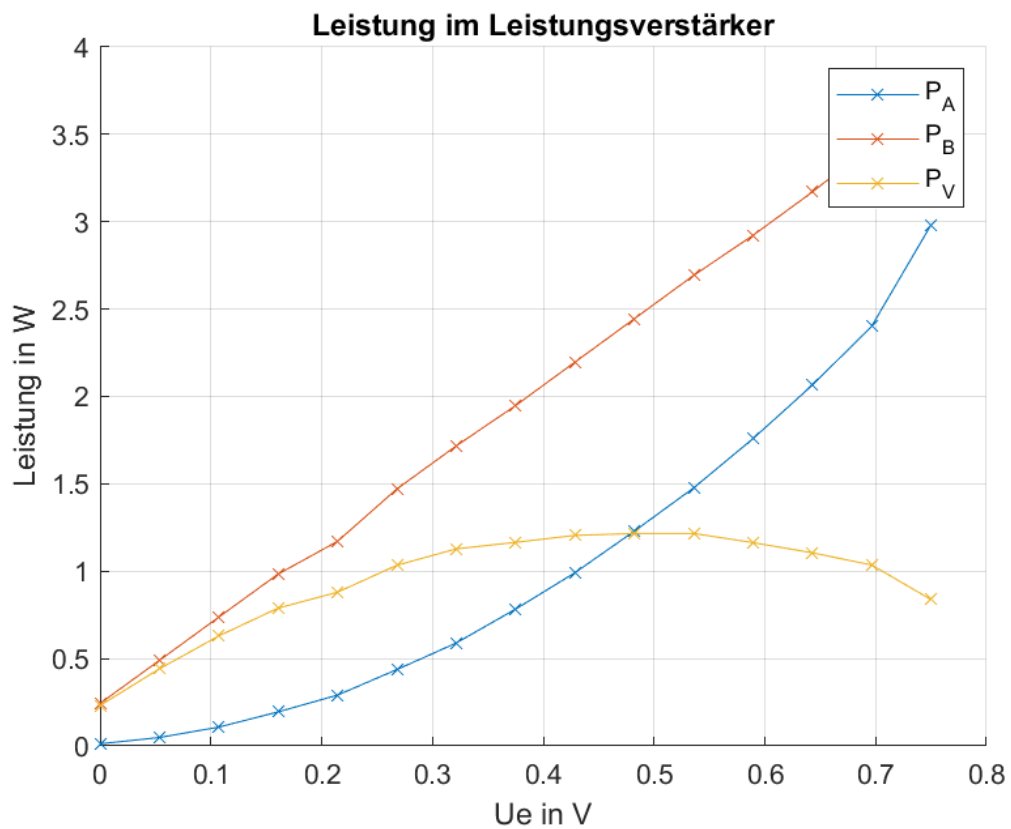


Abbildung 6: Plot der Leistungen

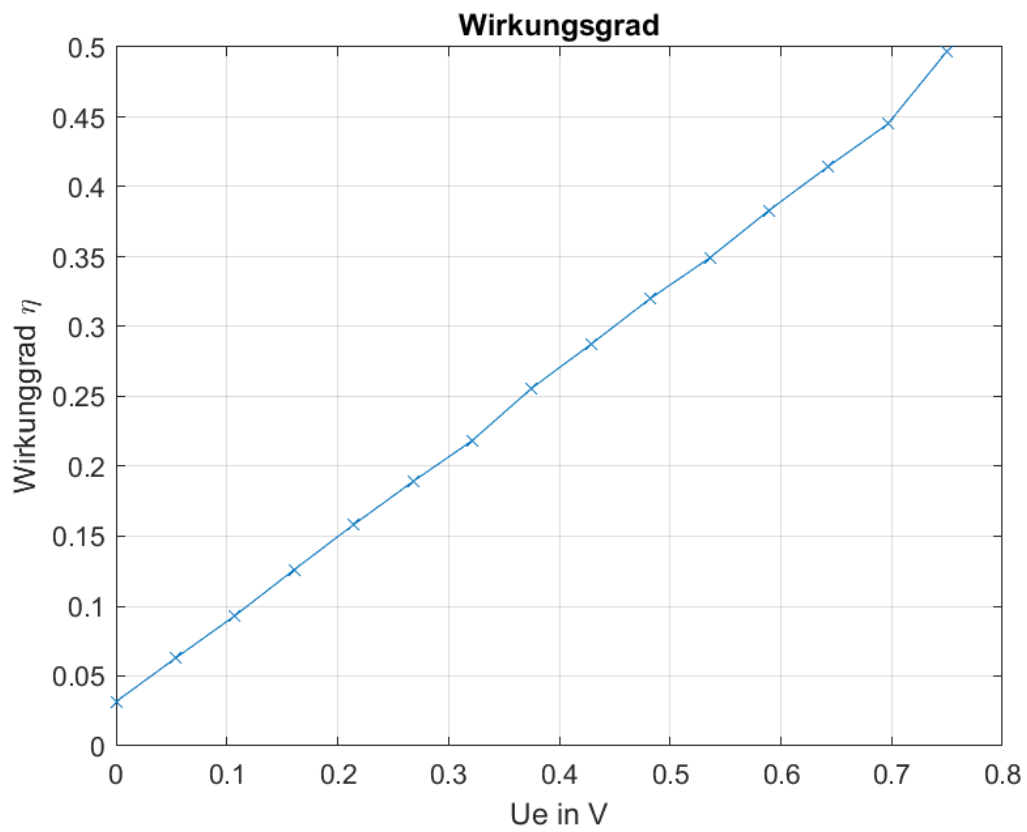


Abbildung 7: Plot des Wirkungsgrades