

GPET Versuch 9 — Julius Edgar Lilienfeld

Gruppe: Dienstag14

Tim Luchterhand, Paul Nykiel
tim.luchterhand@uni-ulm.de, paul.nykiel@uni-ulm.de

13. Juni 2017

4.2 Messung der Kennlinienfelder

In diesem ersten Versuchsteil sollen verschiedene Kennlinien für zwei unterschiedliche Transistoren aufgenommen werden.

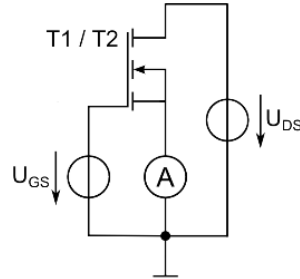


Abbildung 4.1: Messaufbau zur Charakterisierung der FETs.

Hierzu verwenden Sie die Messschaltung nach Abb. 4.1 T1 bezeichnet den Transistor BS270 und T2 den IPP60R950C6 von Infineon. Nehmen Sie die Kennlinie

$I_D = f(U_{GS})|_{U_{DS}}$ auf. D.h. Sie messen den Drainstrom in Abhängigkeit von U_{GS} bei konstanter Drain-Source-Spannung U_{DS} . Den Drainstrom I_D messen Sie mit einem Multimeter und achten Sie darauf einen Strom von $I_{D,\max} = 400\text{mA}$ nicht zu überschreiten. U_{DS} halten Sie dabei konstant auf 3V (T1). Nehmen Sie für beide Transistoren 10 geeignete Messwerte auf und stellen Sie diese in einem Diagramm dar. (Bei T2 legen Sie für U_{DS} konstant 4V an).

1. Wie groß ist jeweils U_{TH} ?
2. Bestimmen Sie Steilheit des Transistors T1 bei 40mA ... 80mA.

Im Weiteren nehmen Sie die Ausgangskennlinie $I_D = f(U_{DS})|_{U_{GS}}$ der beiden Transistoren auf. Diesmal halten Sie U_{GS} auf konstant 3V (T1) und erhöhen U_{DS} schrittweise von 0 bis 8V. Überschreiten Sie 8V jedoch nicht und erzeugen Sie keine negativen U_{DS} . Nehmen Sie auch hier für beide Transistoren 10 geeignete Messwerte auf und stellen Sie diese in einem Diagramm dar. (Bei T2 müssen für U_{GS} 4V anliegen). Sollten Sie einen Abriss der Kennlinie beobachten, ist dies entweder auf Überhitzung oder falsche Beschaltung zurückzuführen.

Bestimmen Sie den Ausgangswiderstand r_{DS} von T1 (Hinweis: Sättigungsbereich).

Protokoll

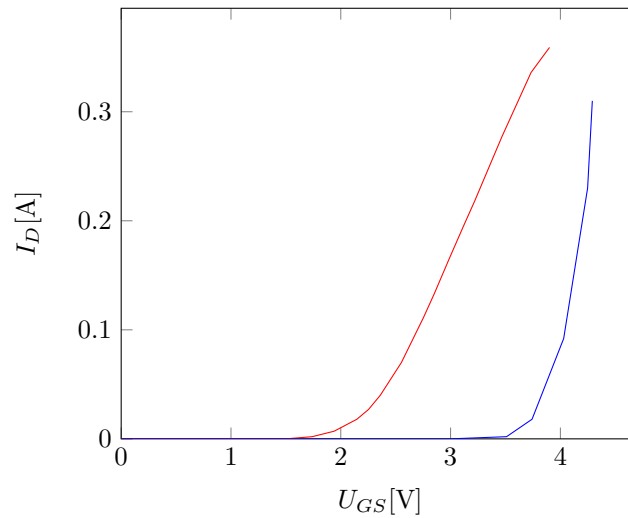


Abbildung 4.2: Eingangskennlinie. T1 in Rot, T2 in blau.

Die Threshold-Spannung U_{TH} ist die Spannung, ab dem ein Strom zu fließen beginnt und lässt sich aus der Eingangskennlinie bestimmen:

$$U_{T1,TH} = 1.74\text{V}$$

$$U_{T2,TH} = 3.51\text{V}$$

Bestimmung der Steilheit aus der Eingangskennlinie: Die Steilheit G_m entspricht der Steigung der Kennlinie unmittelbar nach U_{TH} . Zur Berechnung wurden Werte zwischen 40mA und 80mA verwendet.

$$G_m = \frac{0.07\text{A} - 0.04\text{A}}{2.552\text{V} - 2.360\text{V}} = 0.156\text{S}$$

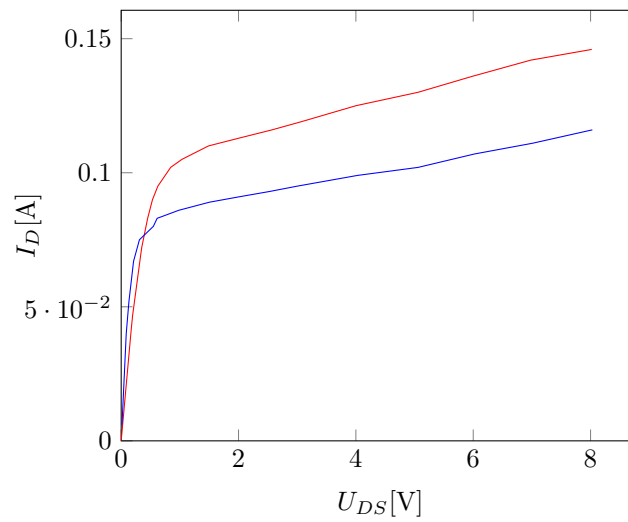


Abbildung 4.3: Ausgangskennlinie. T1 in Rot, T2 in blau.

Der Ausgangswiderstand R_{DS} lässt sich wie folgt bestimmen:

$$R_{DS} = \frac{1}{Y_{out}}$$

Wobei sich Y_{out} aus der Steigung der Kurve in der Ausgangskennlinie im Sättigungsbereich bestimmen lässt:

$$\begin{aligned} Y_{out} &= \frac{0.125\text{A} - 0.113\text{A}}{4\text{V} - 2.024\text{V}} = 0.0061\text{S} \\ \Rightarrow R_{DS} &= 164,67\Omega \end{aligned}$$

4.3 Verstärker

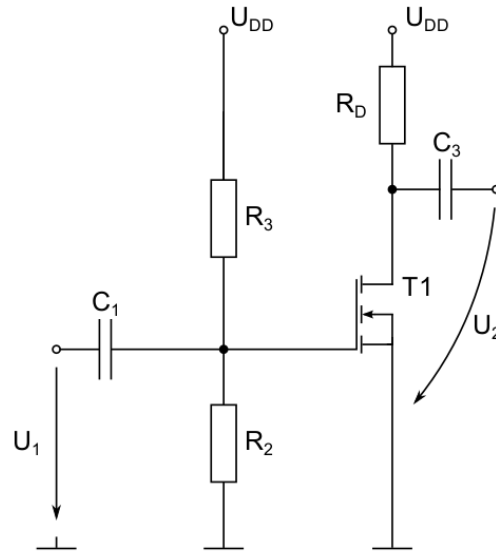


Abbildung 4.4: Verstärkernetzwerk

Bauen Sie nun die Verstärkerschaltung nach Abb. 4.4 mit dem Transistor T1 (BS270) auf. Der Arbeitspunkt soll eine minimale Verlustleistung, einen großen Aussteuerbereich und einen hohen Ausgangswiderstand aufweisen. Der Betriebsmodus ist durch die Schaltung vorgegeben. Bauen Sie die Schaltung mit den folgenden Bauteilen auf: $C_1 = C_3 = 2.2\mu\text{F}$, $R_D = 440\Omega$, $R_2 = 1.3\text{k}\Omega$, $R_3 = 10\text{k}\Omega$. Setzen Sie U_{DD} auf 24V. Bei korrekter Verschaltung sollte sich ein Drainstrom von ca. 50mA ergeben. Schließen Sie den externen Funktionsgenerator, das Oszilloskop und die Spannungsversorgung an, nachdem Sie alle drei Geräte korrekt konfiguriert haben. Achten Sie besonders auf die Strombegrenzung der Spannungsversorgung.

1. Messen Sie den Amplitudengang $20\text{dB} \cdot \log_{10} \left(\frac{U_2(f)}{U_1(f)} \right)$
 - a) für Frequenzen zwischen 100Hz und 4MHz.
 - b) mit 2 Messpunkten pro Dekade.
 - c) Frequenzgenerator: 100mV_{pp}, Sinus, deaktivierter Offset.
 - d) Achten Sie bei höheren Frequenzen auf einen möglichen Abfall dieser Eingangsamplitude. Regeln Sie bei Bedarf nach.
2. Stellen Sie den gemessenen Amplitudengang in einem Diagramm dar. Wie groß ist A_V bei 1kHz?

Die Bandbreite eines Verstärkers ist definiert als 3 dB Abfall der Verstärkung im Vergleich zu niedrigen Frequenzen, die als DC angenommen werden können, bzw. als Reduzierung der Ausgangsspannung U_2 um den Faktor $\frac{1}{\sqrt{2}}$. Ein Betrieb des Verstärkers jenseits seiner Bandbreite ist gewöhnlich nicht zu empfehlen, da er seine Funktion in diesem Frequenzbereich nicht mehr erfüllen kann.

3. Wie groß ist die Bandbreite des Verstärkers?

Protokoll

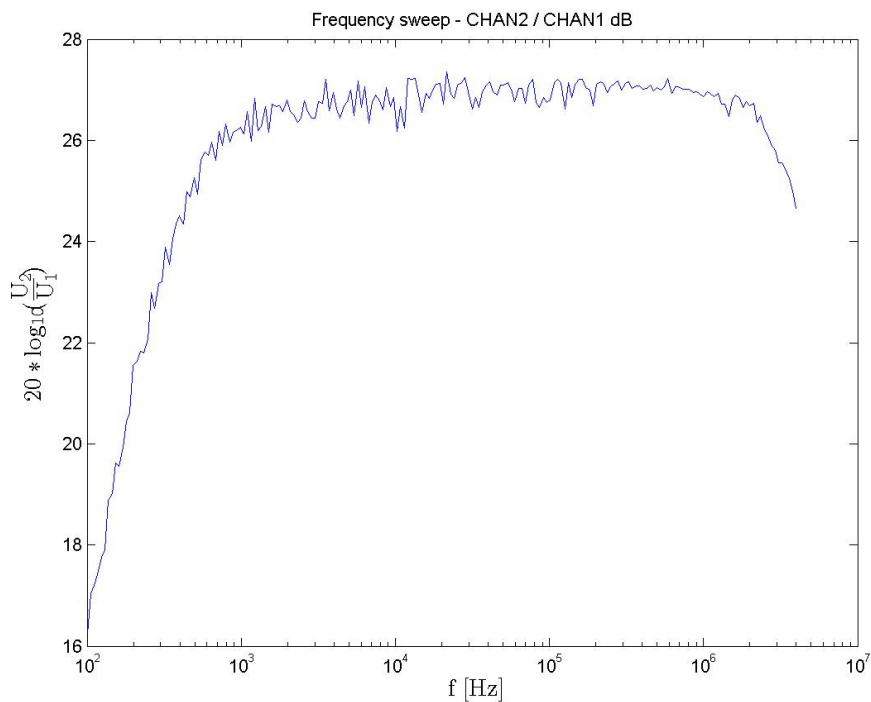


Abbildung 4.5: Frequenzgang des Verstärkers

Durch Ablesen erhält man:

$$A_v(1\text{kHz}) = 26.1\text{dB}$$

Die Bandbreite lässt sich folgendermaßen bestimmen: Die maximale Verstärkung beträgt ca. 27dB. Also ist die Bandbreite der Bereich, in dem die Verstärkung überhalb der 24dB Marke liegt. Dieser Bereich geht von ca. $1.25 \cdot 10^2\text{Hz}$ bis $1.3 \cdot 10^6\text{Hz}$.

4.4 Class-A Endstufe

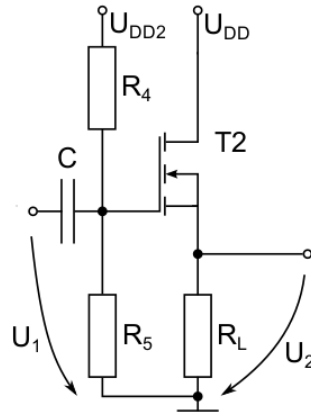


Abbildung 4.6: Class-A Endstufe

Bauen Sie nun die Endstufe nach Abb. 4.6 mit dem Transistor T2 (IPP 60) auf. Der Widerstand R_L der Kopfhörer beträgt 40Ω pro Kanal. Wählen Sie einen entsprechenden Widerstand von 47Ω für ihre Messungen. Erst im letzten Schritt wird der Sourcewiderstand durch den Kopfhörer ersetzt. Diese einfache Endstufe weist eine hohe Verlustleistung auf, die in der angeschlossenen Last in Wärme umgewandelt wird. Um die Kopfhörer nicht zu beschädigen, soll I_D auf 100mA begrenzt werden.

1. Bauen Sie die Schaltung auf mit $U_{DD} = 7\text{V}$, $U_{DD2} = 7\text{V}$, $Z_L = 47\Omega$, $R_5 = 1\text{M}\Omega$ und $R_4 = 100\text{k}\Omega$, $C = 2.2\mu\text{F}$, regeln Sie bei Bedarf U_{DD2} nach, um I_D auf 100mA zu beschränken.
2. Messen Sie die Verstärkung bei 20kHz und einer Ausgangsamplitude des Frequenzgenerators von 500mV ($1V_{pp}$), Sinus.
3. Bauen Sie nun einen vollständigen Signalpfad bestehend aus Verstärker und Endstufe, indem Sie den Ausgang des Verstärkers aus Teilaufgabe 4.3 mit dem Eingang der Endstufe über den Koppelkondensator C verbinden.
4. Ersetzen Sie den Sourcewiderstand durch den Kopfhörer (regeln Sie unter Umständen U_{DD2} nach, um I_D auf 100mA zu beschränken - achten Sie beim Verwenden der Kopfhörer auf die Lautstärke — setzen Sie die Kopfhörer erst auf, wenn die Schaltung funktioniert!) und fahren Sie langsam das Frequenzintervall $50\text{Hz} \dots 20\text{kHz}$ durch bei einer Lastamplitude von 500mV , Sinus. Sie sollten einen entsprechenden störfreien Ton hören. 440Hz entsprechen dem Kammerton 'a' (eingestrichenes a), der als Referenz zum Einstimmen von Musikinstrumenten verwendet wird.

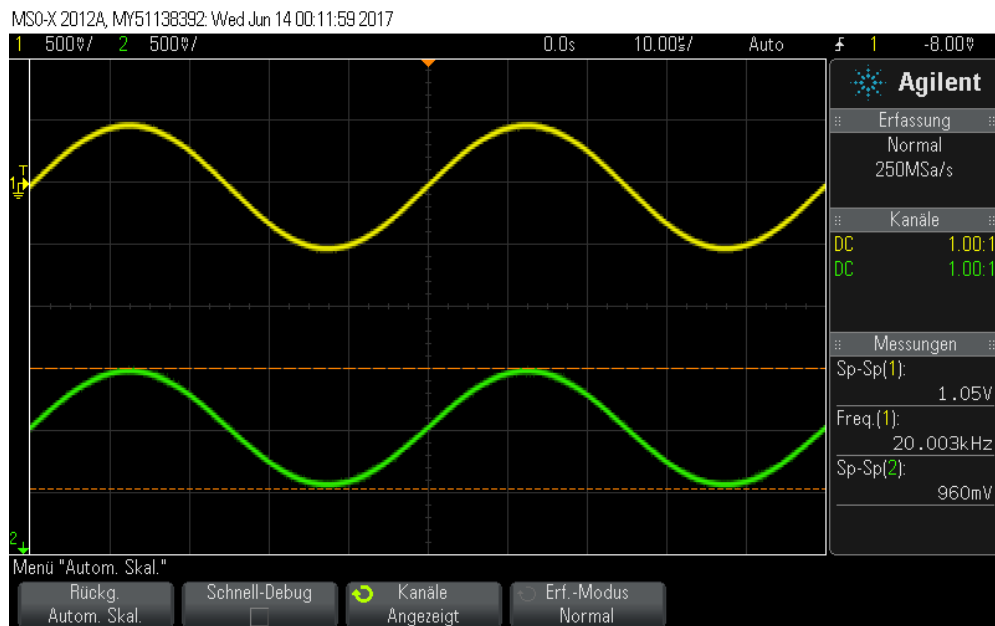


Abbildung 4.7: Verstärkung bei 20kHz

Protokoll Die Endstufe dient lediglich als Stromverstärker, um einen kleinen Lastwiderstand betreiben zu können, ohne die Funktionalität des Vorverstärkers zu beeinträchtigen. Die Endstufe verstärkt also nicht die Spannung. Dies ist auch in Abbildung 4.7 zu erkennen, da hier die Amplituden der Ein- und Ausgangssignale quasi gleich groß sind.