

GPET Versuch 8 — Karl-Ferdinand-Braun-Versuch

Gruppe: Dienstag14

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

15. Juni 2017

3.1 Kennlinien von Ge- und Si-Dioden

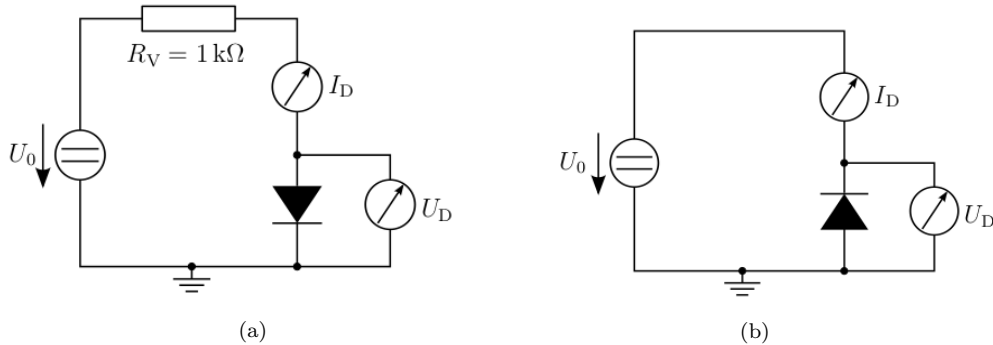


Abbildung 3.13: Messaufbau für die Kennlinienbestimmung im (a) Durchlassbereich und (b) Sperrbereich.

Nehmen Sie zunächst die Kennlinien einer Ge- und einer Si-Diode im Durchlassbereich auf. Da die im Praktikum verwendeten Multimeter *Agilent U1232A* im Bereich von $600\mu\text{A}$ bis 10mA sehr ungenaue Messwerte ausgeben müssen Sie stattdessen die Schaltung aus Vorbereitungsaufgabe 2.2 verwenden, bei der Sie die Messschaltung aus Abbildung 3.13a für die Spannungsmessung angepasst haben. Verwenden Sie auf alle Fälle einen Vorwiderstand $R_V = 1\text{k}\Omega$, da die Dioden sonst zerstört werden können. Verwenden Sie Kanal CH1 oder CH2 der Spannungsquelle und achten Sie auf einen maximalen Diodenstrom von 20mA . Bei einem Vorwiderstand $R_V = 1\text{k}\Omega$ bedeutet dies, dass Sie maximal eine Spannung von 20V anlegen dürfen. Sollten Sie mit dem Aufbau unsicher sein, sprechen Sie Ihren Betreuer an.

Um die Messungen zu beschleunigen, sollten Sie das automatisierte Messskript, das in Abschnitt 1.5 vorgestellt wurde, verwenden. Nehmen Sie pro Diode mindestens 30 Messwerte auf.

Nehmen Sie anschließend die Kennlinien der beiden Diodentypen im Sperrbereich unter Verwendung des Messaufbaus aus Abbildung 3.13b auf. Stellen Sie das Multimeter dabei auf den Messbereich μA . Achten Sie darauf, dass maximal $600\mu\text{A}$ fließen und die Diodenspannung 30V nicht übersteigt. Wenn Sie die Polarität der Multimeter richtig wählen, erhalten Sie von vornherein das richtige Vorzeichen der Messwerte für Ihre Diodenkennlinie.

Kombinieren Sie die Messwerte für Sperr- und Durchlassbereich und tragen Sie die Diodenkennlinien unter Verwendung von MATLAB oder EXCEL in linearer Darstellung in ein gemeinsames Diagramm ein. Zeichnen Sie außerdem ein weiteres Diagramm, das nur den Durchlassbereich zeigt und bestimmen Sie die Schwellenspannung U_S bei der 1mA Strom fließt. Welche Unterschiede zwischen Ge- und Si-Dioden fallen Ihnen auf? Tragen Sie nun jeweils die Kennlinien für den Durchlassbereich in halblogarithmischer Darstellung auf. Bestimmen Sie nun den Emissionskoeffizienten n für die beiden

Dioden- typen. Betrachten Sie hierfür zunächst die halblogarithmische Kennlinie und begründen Sie, warum Sie nur Messpunkte mit geringen Strömen ($I_D < 100\mu\text{A}$) für die Bestimmung des Serienwiderstandes wählen dürfen. Welchen weiteren Effekt könnten Sie mit einem Messpunkt bei höheren Strömen berechnen?

Protokoll

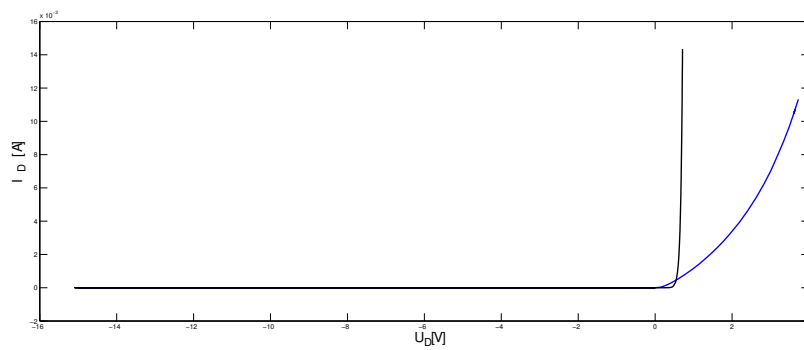


Abbildung 3.14: Vollständige Diodenkennlinie (Si-Diode in Schwarz, Ge-Diode in Blau)

Auffällig ist, dass der Diodenstrom bei der Germanium-Diode deutlich langsamer ansteigt, als bei der Silizium-Diode.

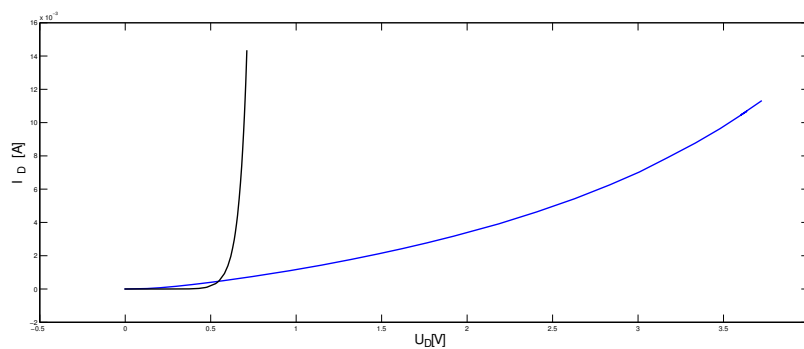


Abbildung 3.15: Diodenkennlinie im Durchlassbereich (Si-Diode in Schwarz, Ge-Diode in Blau)

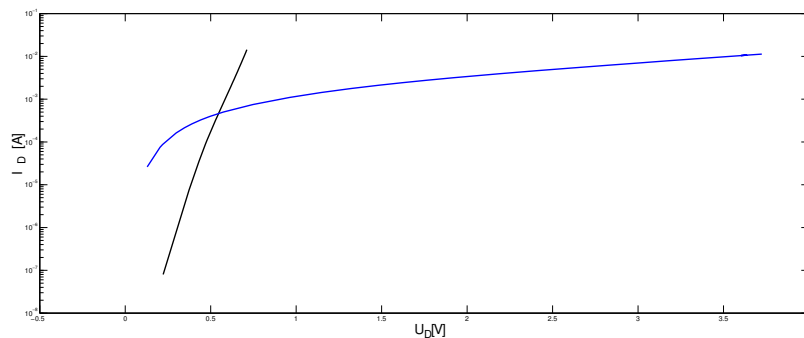


Abbildung 3.16: Logarithmische Diodenkennlinie in Durchlassrichtung (Si-Diode in Schwarz, Ge-Diode in Blau)

Der Emissionskoeffizient für die Germanium-Diode lässt sich folgendermaßen berechnen:

$$\begin{aligned}
 U_1 &= 0.15\text{V} \\
 U_2 &= 0.25\text{V} \\
 I_1 &= 1.15 \times 10^{-5}\text{ A} \\
 I_2 &= 1.8 \times 10^{-5}\text{ A} \\
 n &= \frac{U_2 - U_1}{U_T \ln\left(\frac{I_2}{I_1}\right)} = 8.58
 \end{aligned}$$

Für die Siliziumdiode ergibt sich folgendes:

$$\begin{aligned}
 U_1 &= 0.2\text{V} \\
 U_2 &= 0.5\text{V} \\
 I_1 &= 1.7 \times 10^{-8}\text{ A} \\
 I_2 &= 1.5 \times 10^{-5}\text{ A} \\
 n &= 1.7
 \end{aligned}$$

Bei der Bestimmung von n wurden nur Messpunkte betrachtet, bei denen der Diodendstrom kleiner als 10^{-4} A ist, betrachtet. Dies ist wichtig, da bei höheren Strömen der Bahnwiderstand der Diode ins Gewicht fällt und die Steigung der Kennlinie verändert (wie auch in 3.16 zu sehen).

3.2 Kennlinie einer Z-Diode

Nehmen Sie nun die Kennlinie der Zener-Diode auf und tragen Sie Sie in linearer Darstellung in ein Diagramm ein. Für den Durchlassbereich verwenden Sie die modifizierte Schaltung aus Aufgabe 2.2. Überlegen Sie wie die Messschaltung für die Zener-Diode

für den Sperrbereich aussehen muss und begründen Sie Ihre Entscheidung. Im Sperrbereich dürfen maximal 20mA fließen. Sollten Sie bezüglich des Messaufbaus unsicher sein, fragen Sie Ihren Betreuer, da die Dioden ansonsten zerstört werden können.

Protokoll Die Messschaltung muss im Sperrbereich identisch der Schaltung im Durchlassbereich sein, da die Diode auch für Spannungen kleiner der Durchbruchspannung leitet. Ohne den Widerstand würde die Diode sonst kurzgeschlossen. Im Durchlassbereich verhält sich die Z-Diode wie eine normale Diode.

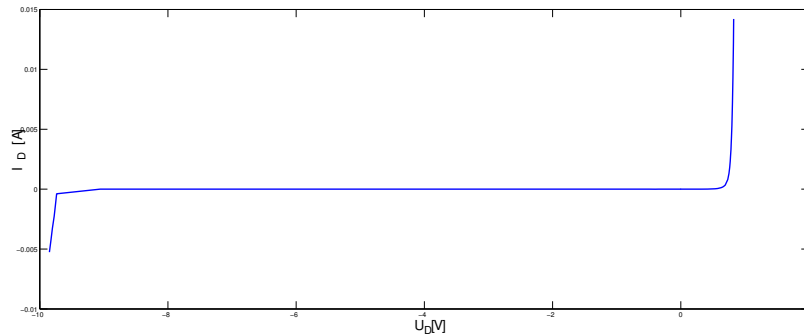


Abbildung 3.17: Diodenkennlinie der Zener-Diode

Bemerkung: Wie aus Diagramm 3.17 hervorgeht, besitzt die Z-Diode eine Durchbruchspannung von ca. -9V .

3.3 Begrenzerschaltungen

Bauen Sie die Begrenzerschaltung aus Abbildung 3.18 mit Silizium-Dioden auf und achten Sie darauf, den korrekten Vorwiderstand zu verwenden. Variieren Sie nun die Eingangsspannung U_{in} zwischen -15V bis 15V in Schritten von 1V und nehmen Sie mit Hilfe des Messkriptes sowohl die Eingangsspannung U_{in} als auch die Ausgangsspannung U_{out} mit Hilfe zweier Multimeter auf.

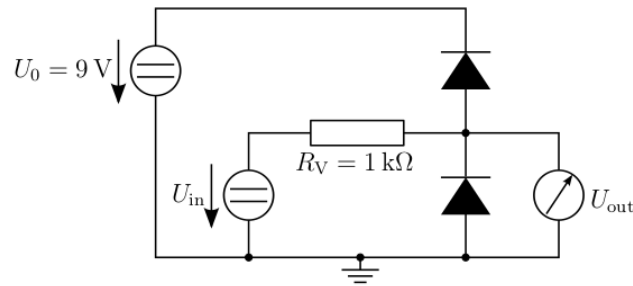


Abbildung 3.18: Begrenzerschaltung mit zwei Dioden.

In Aufgabe 2.3 haben Sie eine vereinfachte Form der Schaltung entworfen. Bauen Sie diese auf und verifizieren Sie die Funktionalität indem Sie auch hier die Ausgangsscharakteristik messen. Stellen für beide Schaltungen die Ausgangsspannung als Funktion der Eingangsspannung $U_{out}(U_{in})$ in einem gemeinsamen Diagramm dar. Erklären Sie, wozu eine solche Schaltung eingesetzt werden könnte.

Protokoll

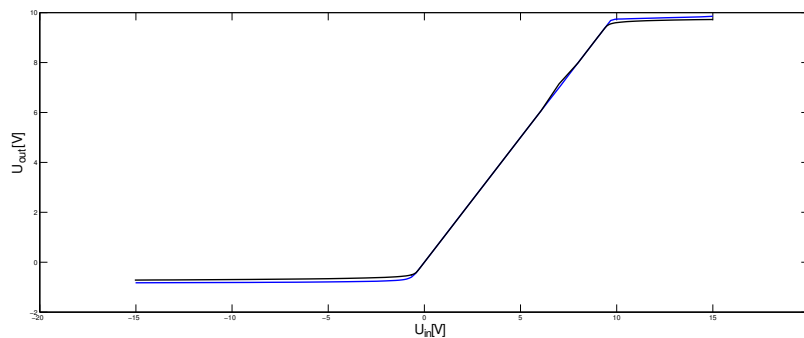


Abbildung 3.19: Begrenzerschaltung (vereinfacht in blau, kompliziert in schwarz)

Die Begrenzerschaltung begrenzt Spannungen nach oben auf einen vorher festgelegten Wert. Außerdem werden negative Spannungen unterdrückt. Dies ist z.B. dann sinnvoll, wenn man empfindliche Geräte, die kein zu hohen oder negative Spannungen vertragen, absichern will.

3.4 Graetz-Gleichrichter

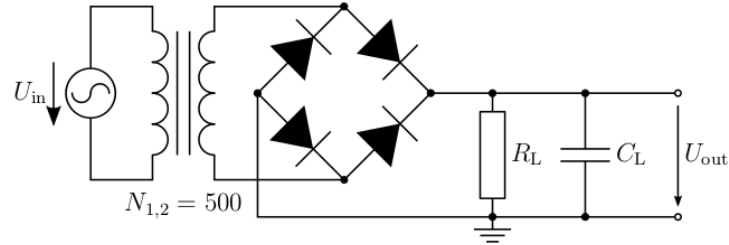


Abbildung 3.20: Messaufbau des Graetz-Gleichrichters mit Transformator.

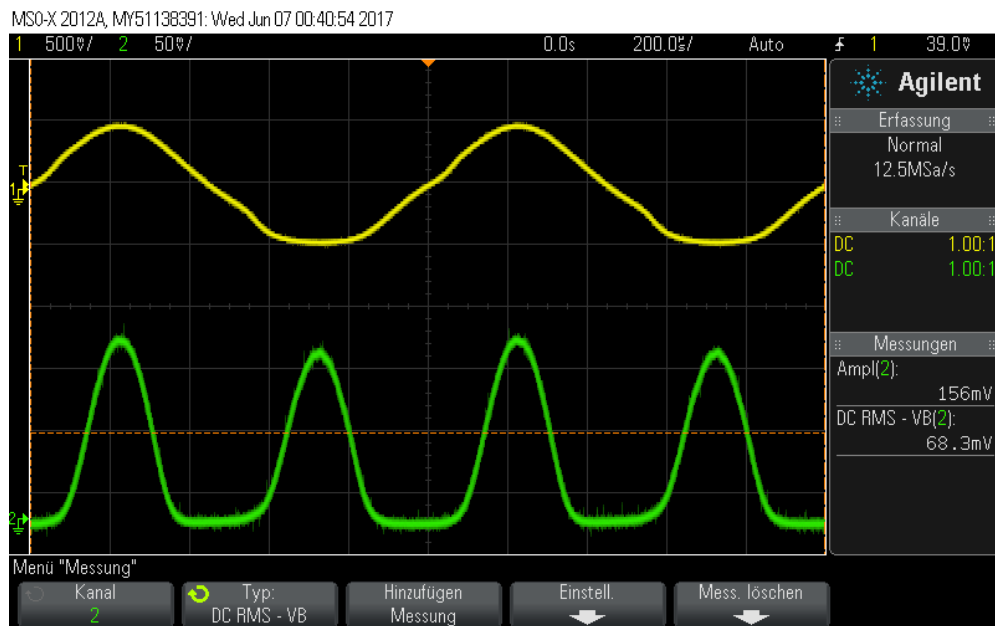
Bauen Sie den Brückengleichrichter nach Abbildung 3.20 mit Silizium-Dioden auf. Generieren Sie das Eingangssignal U_{in} mit Hilfe des Frequenzgenerators im Oszilloskop, stellen Sie dabei ein Sinussignal mit einer Amplitude von $U_{pp} = 5V$ und einer Frequenz von $f_{in} = 1kHz$ ein.

Messen Sie für folgende Kombinationen aus R_L und C_L die zeitlichen Ausgangssignale mit dem Oszilloskop und stellen Sie es zusammen mit dem Eingangssignal dar. Sie können hierfür die MATLAB -GUI oder die Save-Funktion des Oszilloskopes nutzen. Bestimmen Sie außerdem für jedes Ausgangssignal die Amplitude $U_{out,pp}$ der Restwelligkeit und den RMS-Wert $U_{out,RMS}$ des Ausgangssignals.

1. $R_L = 10k\Omega$, C_L entfernt
2. $R_L = 10k\Omega$, $C_L = 100nF$ (Die 100nF Kondensatoren sind häufig aus einem früheren Versuch mit schwarzem Klebeband abgeklebt)
3. $R_L = 10k\Omega$, $C_L = 2.2\mu F$
4. $R_L = 1k\Omega$, $C_L = 2.2\mu F$

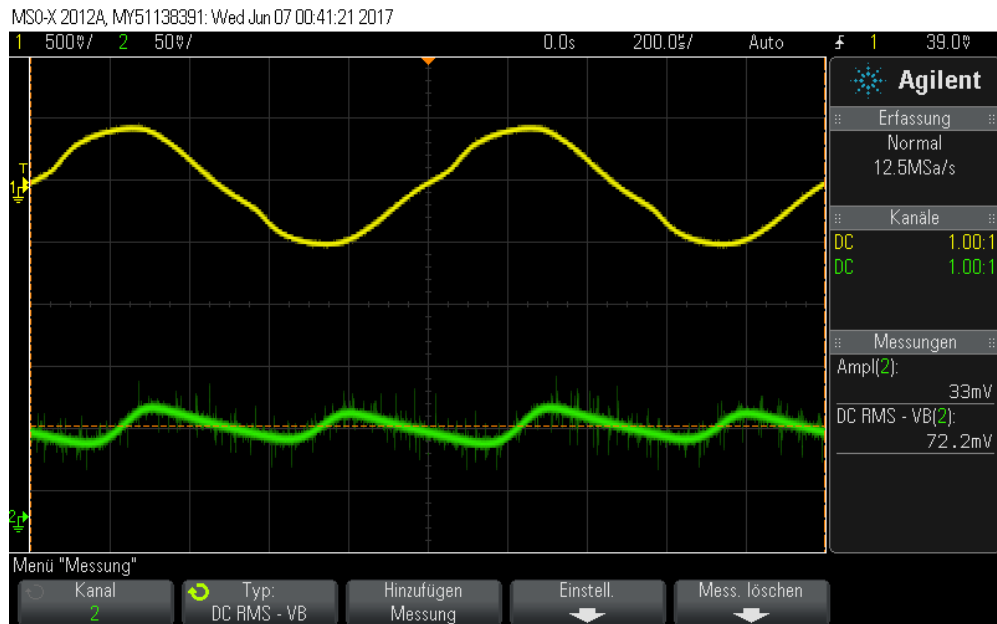
Erklären Sie die Messergebnisse. Wieso wird der Transformator für diesen Messaufbau benötigt?

Protokoll

Abbildung 3.21: $R_L = 10k\Omega$, C_L entfernt

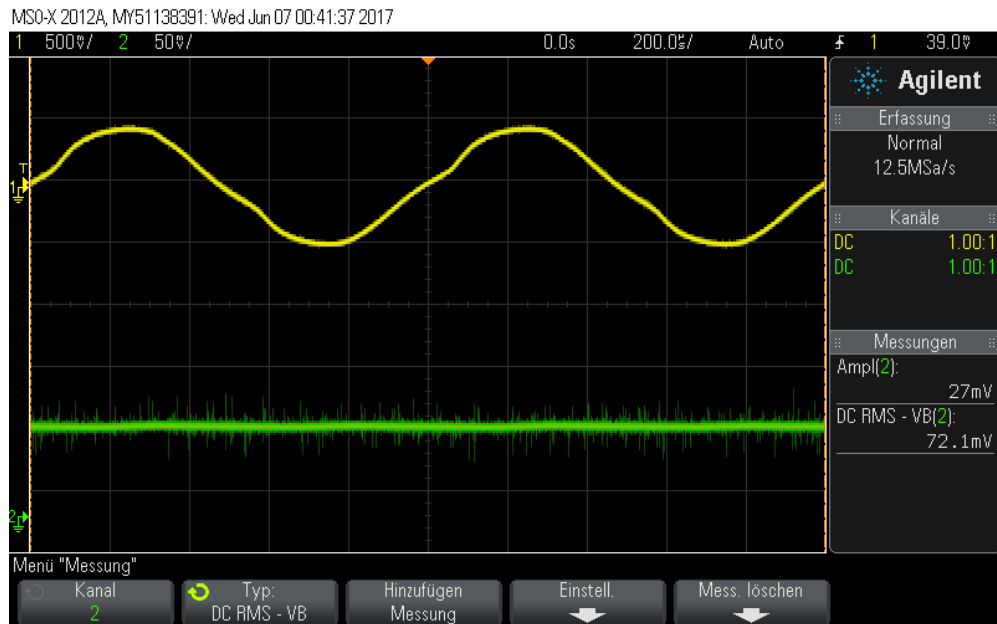
$$\begin{aligned}
 \hat{U} &= 156\text{mV} \\
 U_{RMS} &= 68.3\text{mV} \\
 \Rightarrow \omega &= \frac{\hat{U}}{2.5\text{V}} = 0.0624
 \end{aligned}$$

Ein idealer Gleichrichter ohne Glättung würde den Betrag des Eingangssignals ausgeben. Da aber die verwendeten Dioden erst ab einer gewissen Schwellspannung durchschalten, gehen Spannungen, die betragsmäßig kleiner sind als ca. 0.7V, verloren. Da hier zusätzlich kein Kondensator verwendet wurde, gibt es auch keine Glättung und das Ausgangssignal ist eine oszillierende positive Spannung.

Abbildung 3.22: $R_L = 10\text{k}\Omega$, $C_L = 100\text{nF}$

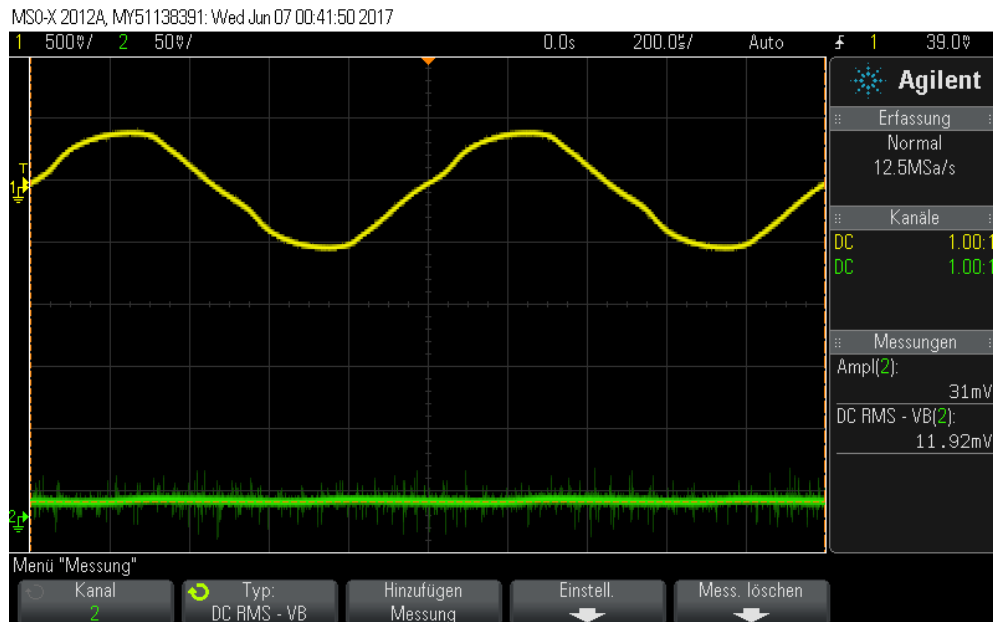
$$\begin{aligned}\hat{U} &= 33\text{mV} \\ U_{RMS} &= 72.2\text{mV} \\ \Rightarrow \omega &= \frac{\hat{U}}{2.5\text{V}} = 0.0132\end{aligned}$$

Durch einen relativ kleinen Kondensator wird das Ausgangssignal leicht geglättet.

Abbildung 3.23: $R_L = 10\text{k}\Omega$, $C_L = 2.2\mu\text{F}$

$$\begin{aligned}\hat{U} &= 27\text{mV} \\ U_{RMS} &= 72.1\text{mV} \\ \Rightarrow \omega &= \frac{\hat{U}}{2.5\text{V}} = 0.0108\end{aligned}$$

Bei einem Kondensator mit $C_L = 2.2\mu\text{F}$ ist die Glättung so stark, dass nur noch ein fast konstantes Ausgangssignal gemessen wird.

Abbildung 3.24: $R_L = 1\text{k}\Omega$, $C_L = 2.2\mu\text{F}$

$$\begin{aligned}\hat{U} &= 31\text{mV} \\ U_{RMS} &= 11.92\text{mV} \\ \Rightarrow \omega &= \frac{\hat{U}}{2.5\text{V}} = 0.0124\end{aligned}$$

Im Vergleich zu 3.23 ist hier die Spannung des Ausgangssignals kleiner, da ein kleinerer Widerstand verwendet wurde. Dadurch ist aber auch die Amplitude und Restwelligkeit des Ausgangssignals höher.

3.5 Leuchtdioden

Messen Sie die Kennlinie einer LED im Durchlassbereich unter Verwendung der modifizierten Schaltung aus Aufgabe 2.2 mit einem maximalen Strom von 20mA und plotten Sie die Kennlinie in linearer Darstellung. Nehmen Sie nun an, Sie möchten zwei dieser LEDs mit einem Strom von 10mA an einer 5V Spannungsquelle betreiben. Schalten Sie die LEDs hierfür parallel oder seriell? Begründen Sie Ihre Entscheidung, berechnen Sie einen passenden Vorwiderstand für die LEDs und zeichnen Sie die fertige Schaltung auf.

3.5.1 Protokoll

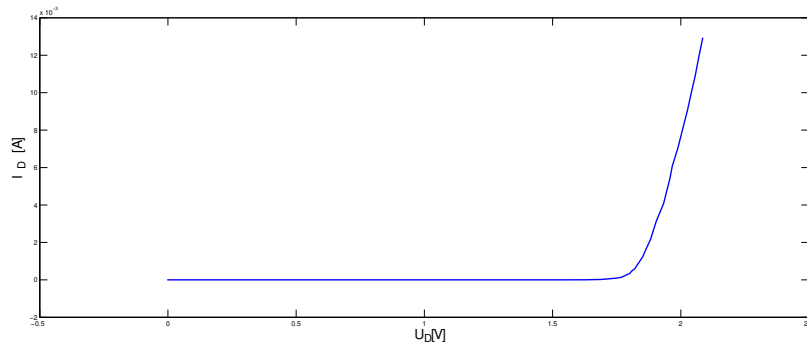


Abbildung 3.25: Kennlinie der LED

Wie aus Grafik 3.25 hervorgeht müssten an der Diode 2V anliegen, damit ein Strom von 10mA fließt. In einer Reihenschaltung von zwei Dioden müsste am Vorwiderstand 1V abfallen. Bei einem Diodenstrom $I_D = I_{ges} = 10\text{mA}$ ist dieser also $R_{vor} = 100\Omega$. Eine Reihenschaltung ist deshalb sinnvoll, da sich beide Dioden nicht perfekt gleich verhalten. Wenn z.B. eine der beiden Dioden bei einer niedrigeren Schwellspannung durchschaltet, würde der gesamte Strom nur über diese Diode fließen.

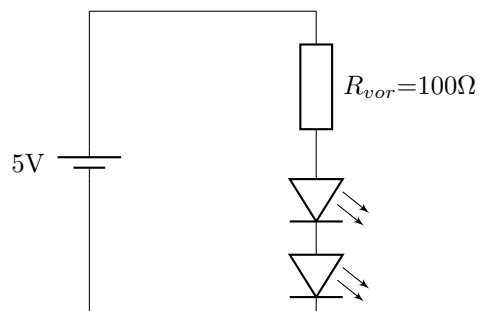


Abbildung 3.26: Schaltung