

Praktikumsbericht

Versuch 1

LV: Elektronik 1 Praktikum

Versuchsdurchführung: 30. November 2020

Studierende **Cassel, Niclas** (1110348)
Wechler, Tim-Jonas (1137877)

Rüsselsheim am Main, 1. Dezember 2020



Inhaltsverzeichnis

1	Vorbereitung	1
1.1	Ziele des Versuchs	1
1.2	Begriffserklärung	1
1.2.1	Gleichspannung und Wechselspannung	1
1.2.2	Effektivwert und Spitzenwert	2
1.2.3	Spannungsteiler und Potentiometer	2
1.3	Berechnung des Effektivwerts	3
1.3.1	Allgemeiner Ansatz	3
1.3.2	Rechteckförmige Wechselspannung	4
1.3.3	dreieckförmige Wechselspannung	4
1.3.4	Spannungsteiler	5
2	Aufgaben	6
2.1	Signalquellen	6
2.1.1	Gleichspannungsquelle	7
2.1.2	Signussignal	7
2.1.3	Symmetrisches Rechtecksignal	8
2.1.4	Unsymmetrisches Rechtecksignal	9
2.1.5	Dreiecksignal	9
2.1.6	Sägezahnsignal	10
2.2	Spannungsteiler	12
2.2.1	Unbelasteter Spannungsteiler	12
2.2.2	Belasteter Spannungsteiler	13
2.3	Potentiometer	14
3	Fazit	15

Vorbereitung

Für eine zielorientierte Durchführung des Versuchs 1 in Elektronik 1 Praktikum haben wir das Ziel definiert.

1.1 Ziele des Versuchs

Das Ziel des Versuchs ist, der grundsätzliche Umgang mit LTspice zu lernen. Damit ist gemeint dass, mit Beendigung des Versuchs erlangte Wissen aus der Simulation auf praktische Schaltungen angewendet werden kann.

1.2 Begriffserklärung

Im Folgenden werden einige Begriffe näher erklärt die essentiell für diesen Versuch sind. Als erstes werden die Begriffe Gleich- und Wechselspannung erklärt und auf die Unterschiede hingewiesen. Im Anschluss werden dann die Begriffe Effektivwert und Spitzenwert erklärt. Zum Schluss wird dann noch auf Spannungsteiler und Potentiometer eingegangen.

1.2.1 Gleichspannung und Wechselspannung

Um die Begriffe Gleichspannung und Wechselspannung zu erklären nehmen zunächst einen Schaltkreis (siehe Abb. 1.1 links). Redet man von **Gleichspannung**, so liefert die Spannungsquelle(U_1) eine konstante Spannung (siehe Abb. 1.2 links, Seite 2) durch ein Potentialunterschied an dem Ein- und Ausgang der Spannungsquelle. Bei der **Wechselspannung**, wie der Name schon sagt, wechselt die Spannung. Das Schaltbild unterscheidet sich im wesentlichen nur von der Spannungsquelle (siehe Abb. 1.1 rechts, Seite 1). Das abwechsel der Spannung ist im Normalfall mit einer festen Frequenz in einem sinuförmigen Verlauf (siehe Abb. 1.2 rechts).

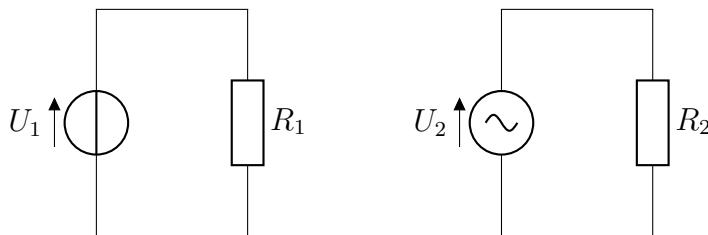


Abbildung 1.1: Stromkreis mit einer Spannungsquelle(U) und einem Verbraucher(R)
links: Gleichspannung, rechts: Wechselspannung

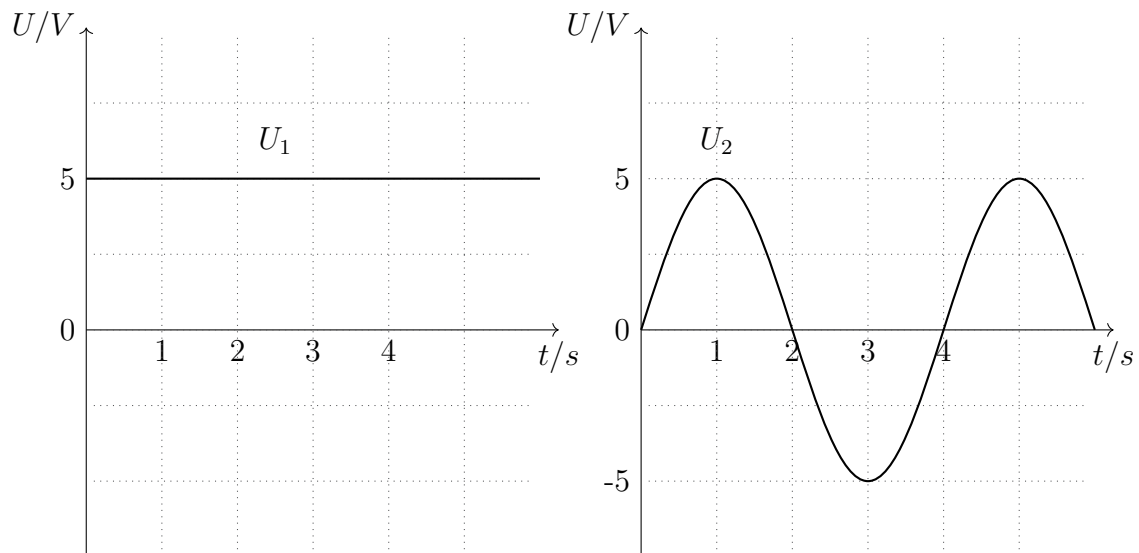


Abbildung 1.2: links: Spannungsverlauf bei Gleichspannung, rechts: Spannungsverlauf bei Wechselspannung

1.2.2 Effektivwert und Spitzenwert

Der **Effektivwert** beschreibt den quadratischen Mittelwert physikalischer Größen, die sich über die Zeit verändern. Hat man ein Schaltkreis mit Wechselspannung (siehe Abb. 1.1 rechts, Seite 1), so beschreibt der Effektivwert die gleiche Leistung, die über den Verbraucher abfällt, wie bei einem Schaltkreis mit Gleichspannung (siehe Abb. 1.1 links, Seite 1). Der **Spitzenwert** ist der Wert für die Amplitudenauslenkung, von einem Hochpunkt bis zu einem Tiefpunkt. Auch dieser Wert taucht nur bei Verwendung von Wechselspannung auf. Als Beispiel in einer Wechselspannung mit 5 V (siehe Abb. 1.2 rechts, Seite 2) liegt der Wert bei 10 V.

1.2.3 Spannungsteiler und Potentiometer

Spannungsteiler gibt es in zwei Varianten. Zum einen den unbelasteten Spannungsteiler und den belasteten Spannungsteiler. Der unbelastete Spannungsteiler besteht aus zwei in Reihe geschalteten Widerständen. Die Verteilung von Strom und Spannung im unbelasteten Spannungsteiler ist mit der Reihenschaltung gleich zu setzen. Der belastete Spannungsteiler hat den Unterschied, dass bei einem der beiden vorherigen Widerstände ein weiterer parallel geschaltet wird. Dieser dritte Widerstand nennt man auch Lastwiderstand. Durch diesen weiteren Widerstand wird die Schaltung zu einer gemischten Schaltung aus Parallel- und Reihenschaltung. Durch eine Vergrößerung der Last an dem Lastwiderstand treten nun gewisse Veränderungen auf, die im Folgenden kurz genannt werden.

1. Der Gesamtwiderstand der Schaltung wird kleiner.
2. Der Gesamtstrom der Schaltung steigt an.
3. Die Teilspannung an dem parallel geschalteten Widerstand wird kleiner.
4. Die Teilspannung an dem in Reihe geschalteten Widerstand wird größer.

Ein **Potentiometer** ist ein verstellbarer Spannungsteiler. Hier wird durch drehen oder verschieben der Lastwiderstand verändert.

1.3 Berechnung des Effektivwerts

Als nächste wird der Effektivwert berechnet mit dem allgemeinen Ansatz, gefolgt von dem Effektivwert Bei einer symmetrischen rechteckförmigen Wechselspannung und einer symmetrischen dreieckförmigen Wechselspannung. Zum Schluss wird die Gleichung für den Spannungsteiler aufgestellt.

1.3.1 Allgemeiner Ansatz

Die allgemeine Formel für die Berechnung des Effektivwerts sieht wie folgt aus.

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_{t_0}^{t_0+T} u^2(t) dt} \quad (1.1)$$

Setzt man nun für $u(t) = \hat{u} \cdot \sin(\omega t)$ ein, erhält man folgendes.

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_{t_0}^{t_0+T} \hat{u}^2 \cdot \sin^2(\omega t) dt} \quad (1.2)$$

Jetzt kann man das Integral auflösen.

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{\hat{u}^2}{T} \cdot \left[\frac{t}{2} - \frac{\sin(2\omega t)}{4\omega} \right]_{t_0}^{t_0+T}} \quad (1.3)$$

Im Anschluss werden die Grenzen noch eingesetzt und vereinfacht.

$$t_0 = 0 \text{ s} \quad (1.4)$$

$$\omega = 2\pi \frac{1}{T} \quad (1.5)$$

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{\hat{u}^2}{T} \cdot \left(\frac{T}{2} - \frac{\sin\left(\frac{4\pi}{T}T\right)}{\frac{8\pi}{T}} \right)} \quad (1.6)$$

Da $\sin(0) = \sin(2\pi) = \sin(4\pi) = 0$ entspricht.

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{\hat{u}^2}{T} \cdot \frac{T}{2}} \quad (1.7)$$

$$U_{eff} = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} \quad (1.8)$$

$$U_{eff} = \frac{1 \text{ V}}{\sqrt{2}} = 0,707 \text{ V} \quad (1.9)$$

1.3.2 Rechteckförmige Wechselspannung

Unter Annahme für die rechteckigförmige Wechselspannung mit der Gleichung

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \left(\int_{t_0}^{t_0 + \frac{T}{2}} u^2(t) \partial t + \int_{t_0 + \frac{T}{2}}^{t_0 + T} u^2(t) \partial t \right)} \quad (1.10)$$

und dass

$$u(t) = \hat{u} \quad 0 \leq t \leq \frac{T}{2} \quad (1.11)$$

$$u(t) = 0 \quad \frac{T}{2} \leq t \leq T \quad (1.12)$$

erhält man allgemeingültig

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \left(\int_0^{\frac{T}{2}} u^2(t) \partial t + \int_{\frac{T}{2}}^T u^2(t) \partial t \right)} \quad (1.13)$$

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{\hat{u}^2}{T} \cdot \left(\int_0^{\frac{T}{2}} \partial t + \int_{\frac{T}{2}}^T \partial t \right)} \quad (1.14)$$

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{\hat{u}^2}{T} \cdot \left(\left[t \right]_0^{\frac{T}{2}} + \left[t \right]_{\frac{T}{2}}^T \right)} \quad (1.15)$$

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{\hat{u}^2}{T} \cdot \left(\frac{T}{2} + T - \frac{T}{2} \right)} \quad (1.16)$$

$$U_{eff} = \hat{u} \sqrt{1} = \hat{u} = 1V \quad (1.17)$$

1.3.3 dreieckförmige Wechselspannung

In diesem Fall gilt:

$$u(t) = \hat{u} \left(1 - \frac{2t}{T} \right) \quad 0 \leq t \leq \frac{T}{2} \quad (1.18)$$

$$u(t) = \hat{u} \left(\frac{2(t - \frac{T}{2})}{T} \right) \quad \frac{T}{2} \leq t \leq T \quad (1.19)$$

Für diese Betrachtung kann man die Gleichung 1.10 benutzen. Setzt man die Bedingung ein erhält man folgendes.

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{\hat{u}^2}{T} \cdot \left(\int_0^{\frac{T}{2}} \left(1 - \frac{2t}{T}\right)^2 \partial t + \int_{\frac{T}{2}}^T \left(\frac{2(t - \frac{T}{2})}{T}\right)^2 \partial t \right)} \quad (1.20)$$

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{\hat{u}^2}{T} \cdot \left(\left[\frac{4t^3}{3T^2} - \frac{2t^2}{T} + t \right]_0^{\frac{T}{2}} + \left[\frac{4t^3}{3T^2} - \frac{2t^2}{T} + t \right]_{\frac{T}{2}}^T \right)} \quad (1.21)$$

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{\hat{u}^2}{T} \cdot \left(\frac{4T^3}{3T^2} - \frac{2T^2}{T} + T \right)} \quad (1.22)$$

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{\hat{u}^2}{T} \cdot \left(\frac{4}{3}T - 2T + T \right)} \quad (1.23)$$

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{\hat{u}^2}{3}} \quad (1.24)$$

$$U_{eff} = \frac{\hat{u}}{\sqrt{3}} \quad (1.25)$$

$$\Rightarrow U_{eff} = \frac{1 V}{\sqrt{3}} = 0,578 V \quad (1.26)$$

1.3.4 Spannungsteiler

Die Formel für den Spannungsteiler ist folgende.

$$\frac{U_2}{U} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (1.27)$$

Aufgaben

Bei den Aufgaben werden mit LTSpice Schaltungen zusammengestellt, welche dann praktisch im Labor nachgebaut werden können. In den folgenden Aufgaben werden verschiedene Schaltungen wie Signalquellen, Spannungsteiler und Potentiometer zusammengestellt.

2.1 Signalquellen

Hier ist der Aufbau einer einfachen Signalquelle zu sehen, welche eine Spannung von 1V besitzt.

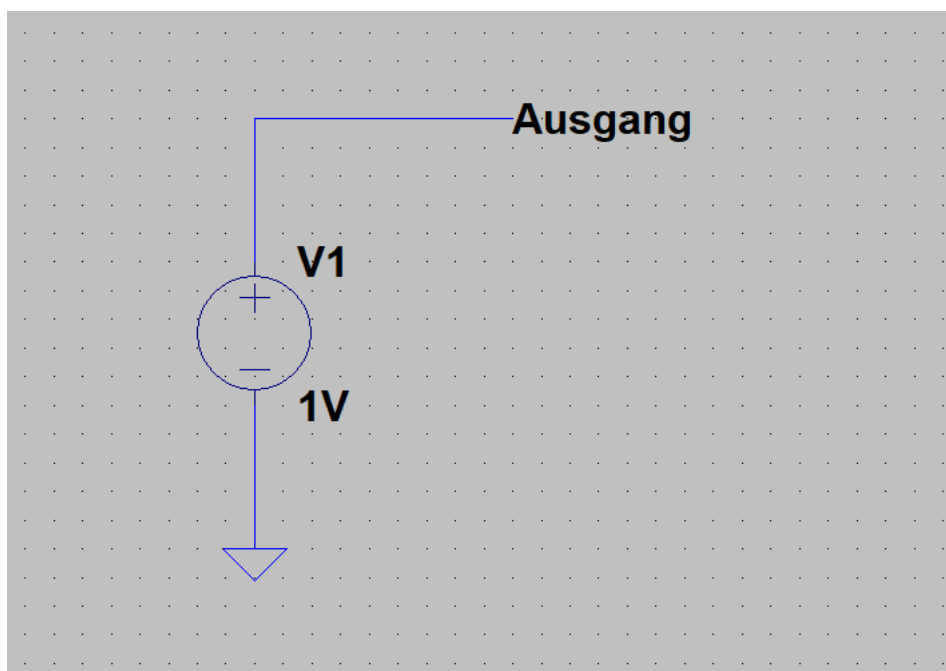


Abbildung 2.1: Darstellung einer Signalquelle in LTSpice

Im Folgenden werden mit der Schaltung (siehe Abb. 2.1), verschieden Kurvenformen dargestellt und mit den jeweiligen Werten in LTSpice simuliert:

2.1.1 Gleichspannungsquelle

Folgender LTSpice Simulation und Graph wird durch eine Gleichspannungsquelle erzeugt.

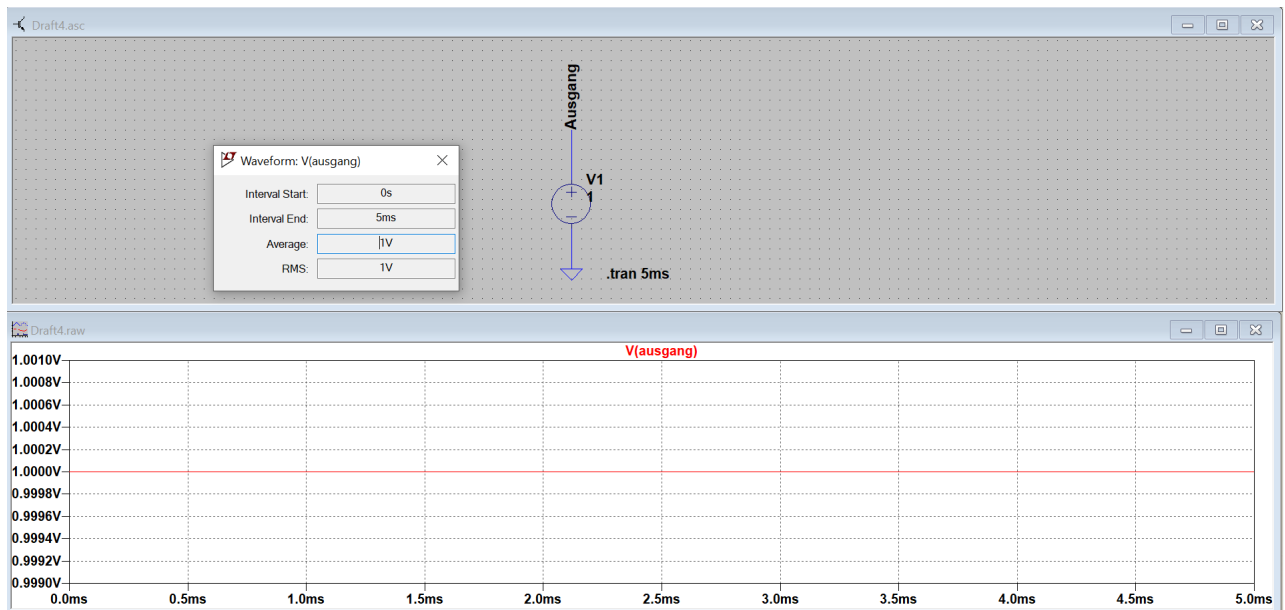


Abbildung 2.2: Gleichspannungsquelle $U = 1V$

2.1.2 Signussignal

Um bei der folgenden Simulation ein richtiges Signal heraus zu bekommen, muss die $Periode(T) = 1ms$ in die Frequenz f umgerechnet werden.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10^{-3}} = 1000Hz \quad (2.1)$$

Folgender LTSpice Simulation und Graph wird durch die Werte erzeugt.

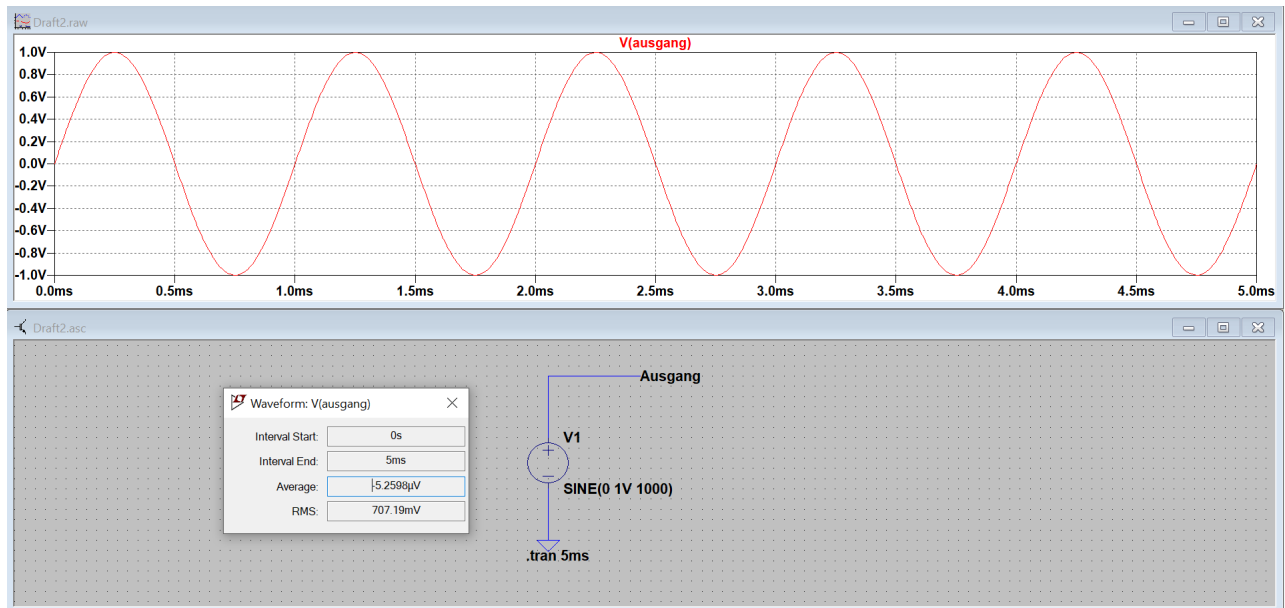


Abbildung 2.3: Sinussignal mit $\hat{U} = 1V$ und $T = 1ms$

2.1.3 Symmetrisches Rechtecksignal

Zum Darstellen eines symmetrischen Rechtecksignals wird der T_{rise} und T_{fall} Wert angepasst. Dieser liegt in der Simulation bei jeweils 1ns. Die Spannungsquelle wird in den Pulse-Mode gestellt und die Werte für \hat{U}, T_{on} und f eingetragen (siehe Abb. 2.4). Dabei ergibt sich folgende LTSpice Simulation und Graph.

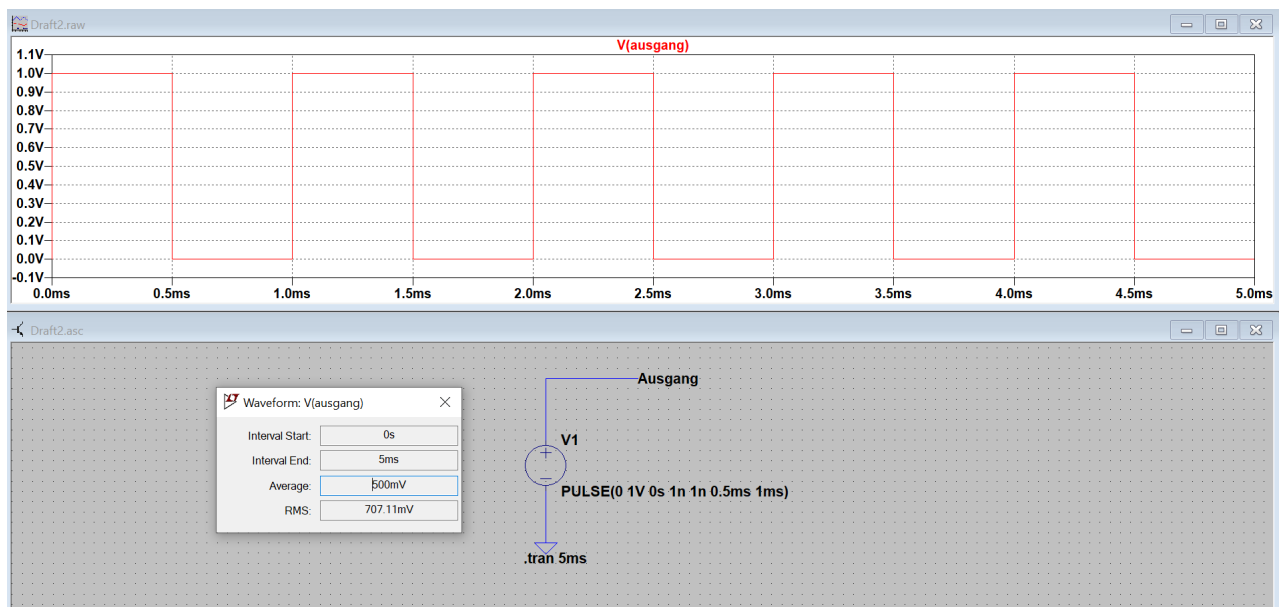


Abbildung 2.4: Symmetrisches Rechtecksignal mit $\hat{U} = 1V$, $T_{on} = 0,5ms$ und $f = 1ms$

2.1.4 Unsymmetrisches Rechtecksignal

Zum Darstellen eines unsymmetrischen Rechtecksignals wird ebenfalls der T_{rise} und T_{fall} Wert angepasst. Der liegt bei dieser Simulation bei jeweils 1ns. Durch eintragen der restlichen Werte (siehe Abb. 2.5), ergibt sich folgende LTSpice Simulation und Graph.

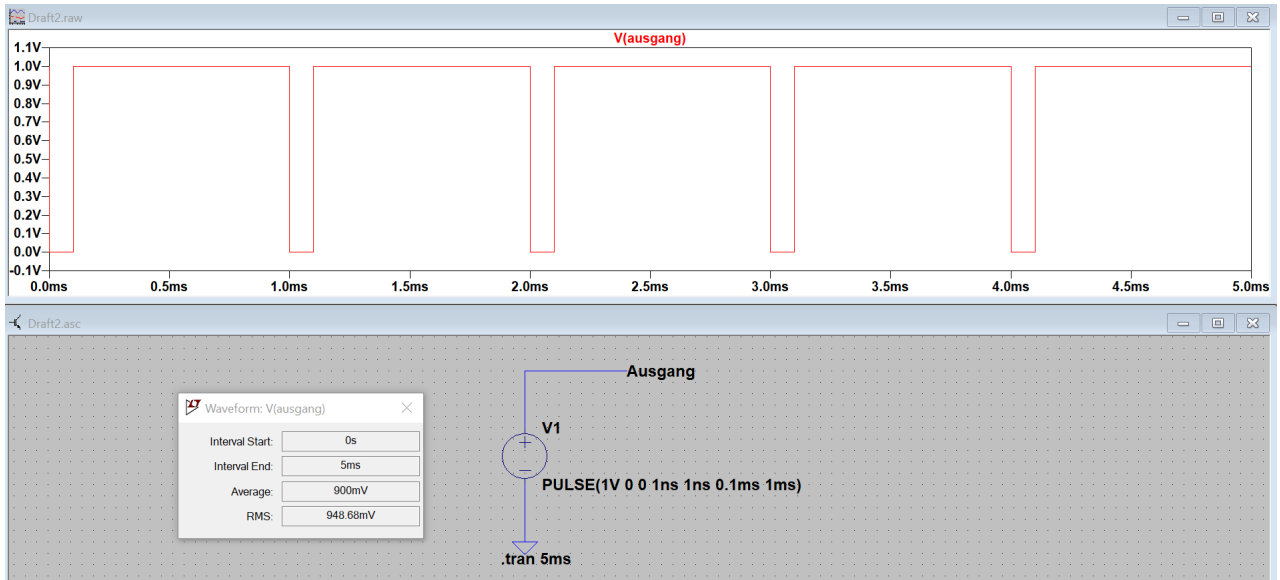


Abbildung 2.5: Unsymmetrisches Rechtecksignal mit $\hat{U} = 1V$, $T_{on} = 0,1ms$ und $f = 1ms$

2.1.5 Dreiecksignal

Damit bei der Simulation mit LTSpice ein Dreiecksignal herauskommt, werden die Werte für T_{rise} , T_{fall} und T_{on} angepasst.

$$T_{rise} = 0.5ms$$

$$T_{fall} = 0.5ms$$

$$T_{on} = 0ms$$

Durch das einfügen der restlichen Werte (siehe Abb. 2.6), ergibt sich folgende LTSpice Simulation und Graph.

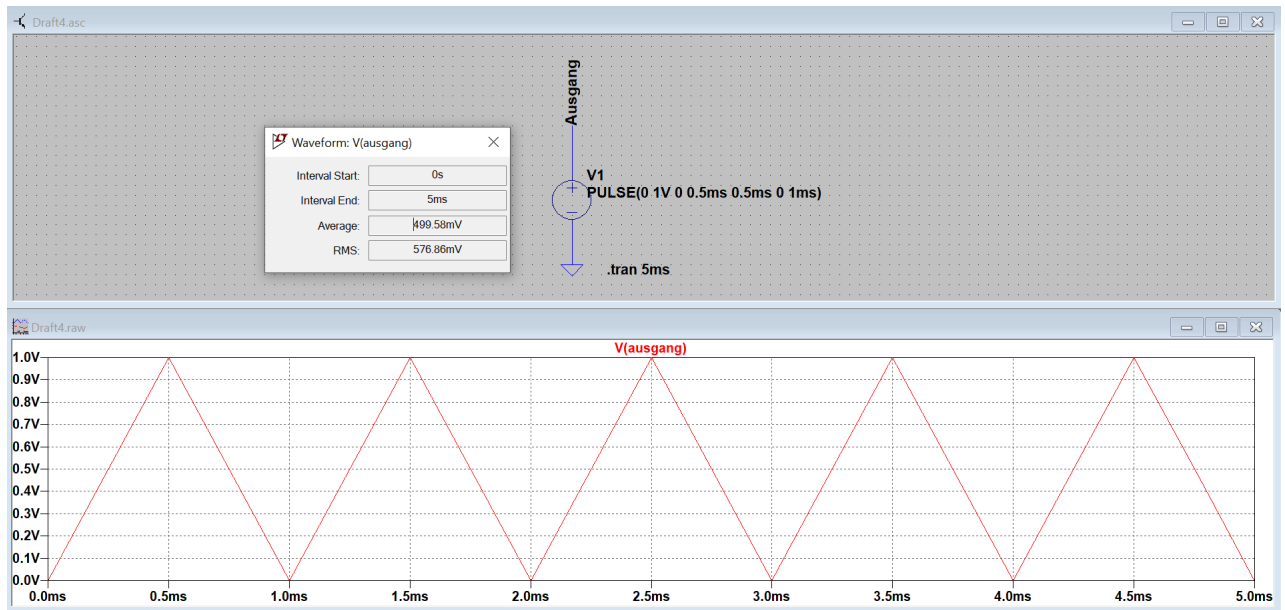


Abbildung 2.6: Dreiecksignal mit $\hat{U} = 1V$, $T = 1ms$

2.1.6 Sägezahnsignal

Damit bei der Simulation mit LTSpice ein Dreiecksignal herauskommt, werden die Werte für T_{rise} , T_{fall} und T_{on} angepasst.

$$T_{rise} = 0.5ms$$

$$T_{fall} = 1ns$$

$$T_{on} = 0ms$$

Durch das Einfügen der restlichen Werte (siehe Abb. 2.7), ergibt sich folgende LTSpice Simulation und Graph.

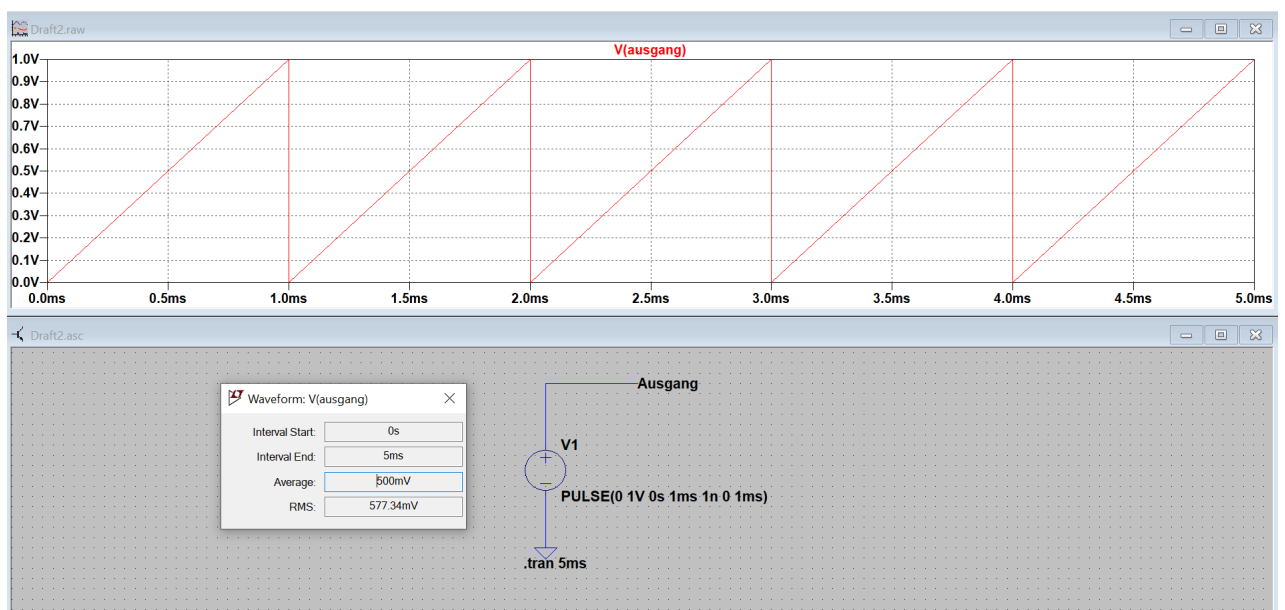


Abbildung 2.7: Sägezahnsignal mit $\hat{U} = 1V$, $T = 1ms$

Die von Hand ermittelten Effektivwerte (siehe Abschnitt 1.3) werden im Folgenden mit den Werten aus der Simulation verglichen. Die simulierten Effektivwerte sind auf den einzelnen Abbildungen 2.1 bis 2.7 in den kleinen Kästchen unter RMS zu finden.

Tabelle 2.1: Wertetabelle für die Effektivwerte

Signal	simulierte Effektivwerte	berechnete Effektiverte
Gleichspannungsquelle	1V	1V
Sinussignal	707,19mV	707mV
Symmetrisches Rechtecksignal	707,11mV	1V
Unsymmetrisches Rechtecksignal	948,68mV	1V
Dreiecksignal	576,86mV	578mV
Sägezahnsignal	577,34mV	578mV

Den Wert für das Sinussignal wurde in 1.3.1 Formel (1.9) berechnet. Der Wert für die Rechtecksignale sind in 1.3.2 Formel (1.17) und für die Dreiecksignale in 1.3.3 Formel (1.26) zu finden. In Tab. 2.1 sind diese nochmal nebeneinander gestellt. Beim Vergleichen der Effektivwerte durch Berechnen und durch die Simulation ist direkt zu sehen, dass es dort kleine Unterschiede gibt. Bei dem Sinussignal und dem Dreiecksignal sind die Werte annäherungsweise gleich. Jedoch gibt es bei den Rechtecksignalen Unterschiede zwischen den Effektivwerten. Der des unsymmetrischen Dreiecksignals ist noch annäherungsweise an den errechneten 1V dran, der Effektivwert des symmetrischen Rechtecksignals hat jedoch einen Unterschied von fast 300mV. Dieser Wert passt eher zu dem berechneten Effektivwert des Sinussignals.

2.2 Spannungsteiler

2.2.1 Unbelasteter Spannungsteiler

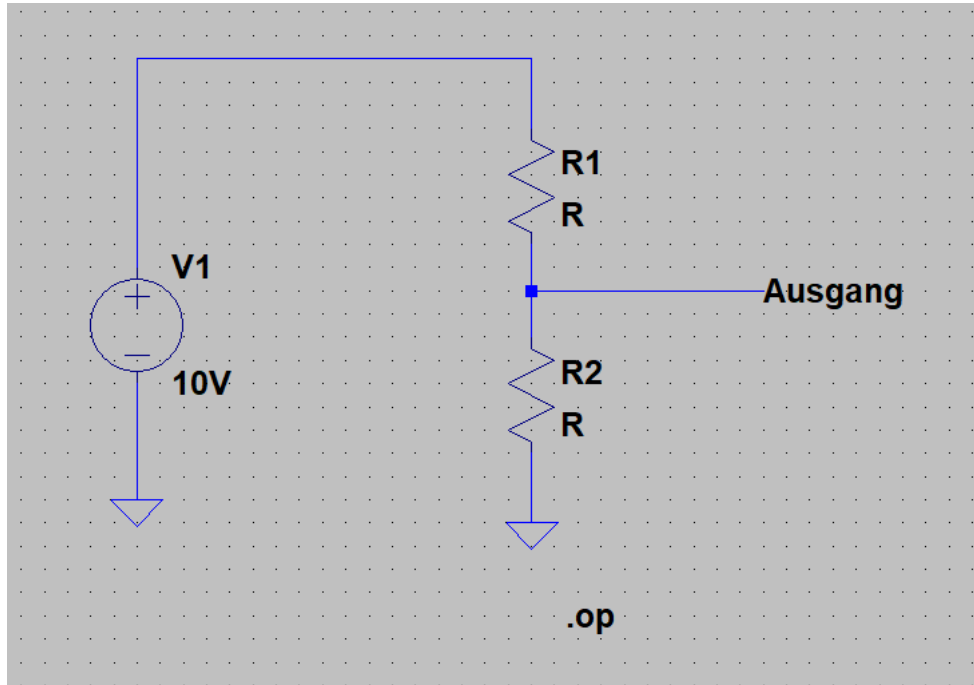


Abbildung 2.8: Unbelasteter Spannungsteiler

Beim unbelasteten Spannungsteiler (siehe Abb. 2.8) werden jetzt die einzelnen Werte für R_1 und R_2 verändert und in die Schaltung eingegeben.

Tabelle 2.2: Wertetabelle für den unbelasteten Spannungsteiler

R_1 in Ω	R_2 in Ω	V_{aus} Simulation in V	V_{aus} Spannungsteilerformel in V
4,7k	2,2k	3,18841	3,18841
47k	22k	3,18841	3,18841
470k	220k	3,18841	3,18841
4,7M	2,2M	3,18841	3,18841
47M	22M	3,18841	3,18841

Mit der Spannungsteilerformel

$$U_{aus} = U_{ges} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (2.2)$$

wird die Spannung am Ausgang von Hand berechnet. Dabei ist $U_{ges} = 10V$, die Werte für R_1 und R_2 sind aus der Tabelle 2.2 ablesbar. Die Ergebnisse der Simulation und die Ergebnisse aus der Spannungsteilerformel sind identisch. Desweiteren sind die Ergebnisse für die verschiedenen Werte von R_1 und R_2 gleich, da diese Vielfache voneinander sind und sich somit die erhöhten Werte ausgleichen.

2.2.2 Belasteter Spannungsteiler

Der belastete Spannungsteiler ist wie der unbelastete Spannungsteiler aufgebaut, jedoch wird an den Ausgang ein Innenwiderstand von $R_3 = 10M\Omega$ dazugeschaltet. Dies ist in Abb.2.9 veranschaulicht.

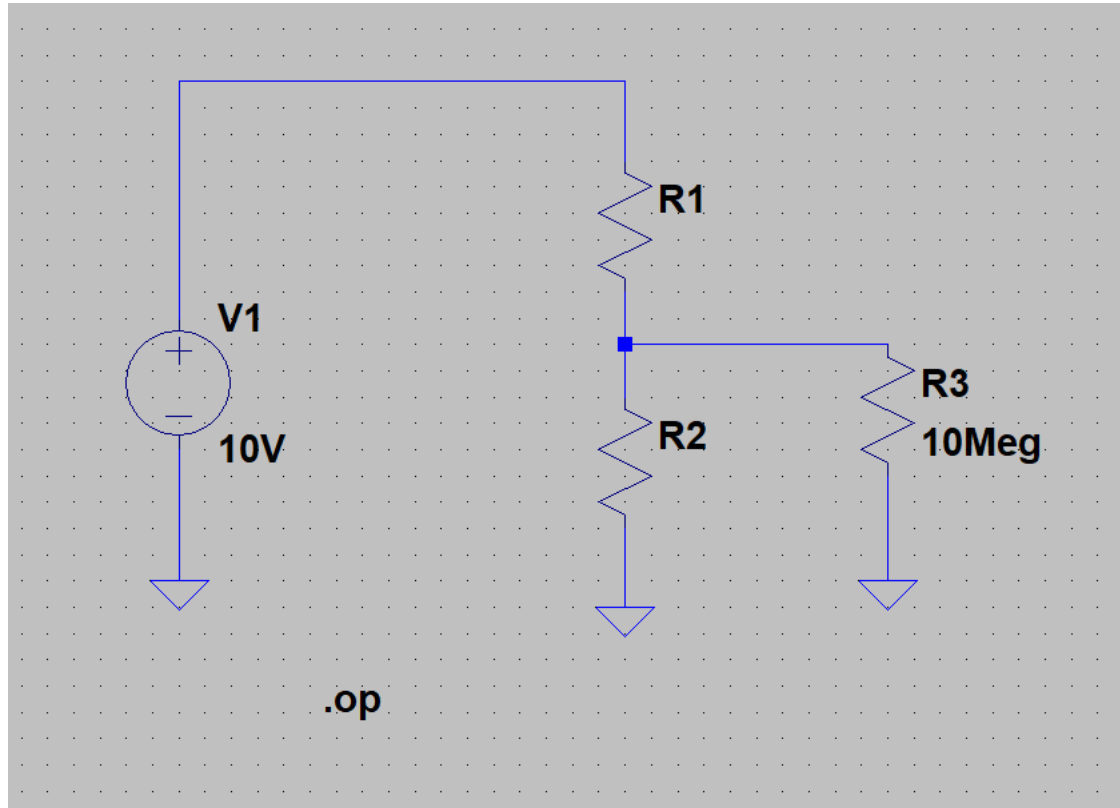


Abbildung 2.9: Belasteter Spannungsteiler

Tabelle 2.3: Wertetabelle für den unbelasteten Spannungsteiler

R_1 in Ω	R_2 in Ω	V_{aus} Simulation in V
4,7k	2,2k	3.18793
47k	22k	3.18363
470k	220k	3.14133
4,7M	2,2M	2.77288
47M	22M	1.2761

Beim Vergleichen der Ausgangsspannung V_{aus} der Simulation (siehe Tab. 2.3 und 2.2) fällt auf, dass die Werte voneinander abweichen. Das liegt daran, dass ein nicht variabler Widerstand $R_3 = 10M\Omega$ (Innenwiderstand des Voltmeters) parallel zu R_2 dazugeschaltet ist. Da dieser immer den gleichen Wert besitzt, jedoch die Werte für R_1 und R_2 steigen, verändert sich auch die Spannung am Ausgang. Dies ist auch an der Formel für einen belasteten Spannungsteiler zu sehen.

$$U_{aus} = U_{ges} \cdot \frac{R_2 || R_3}{R_1 + (R_2 || R_3)} \quad (2.3)$$

Hier wird der Widerstand R_3 parallel zu R_2 geschaltet und mit dem festen Wert für R_3 gerechnet. Dadurch sinkt die Spannung bei höheren Widerstandswerten von R_1 und R_2 .

2.3 Potentiometer

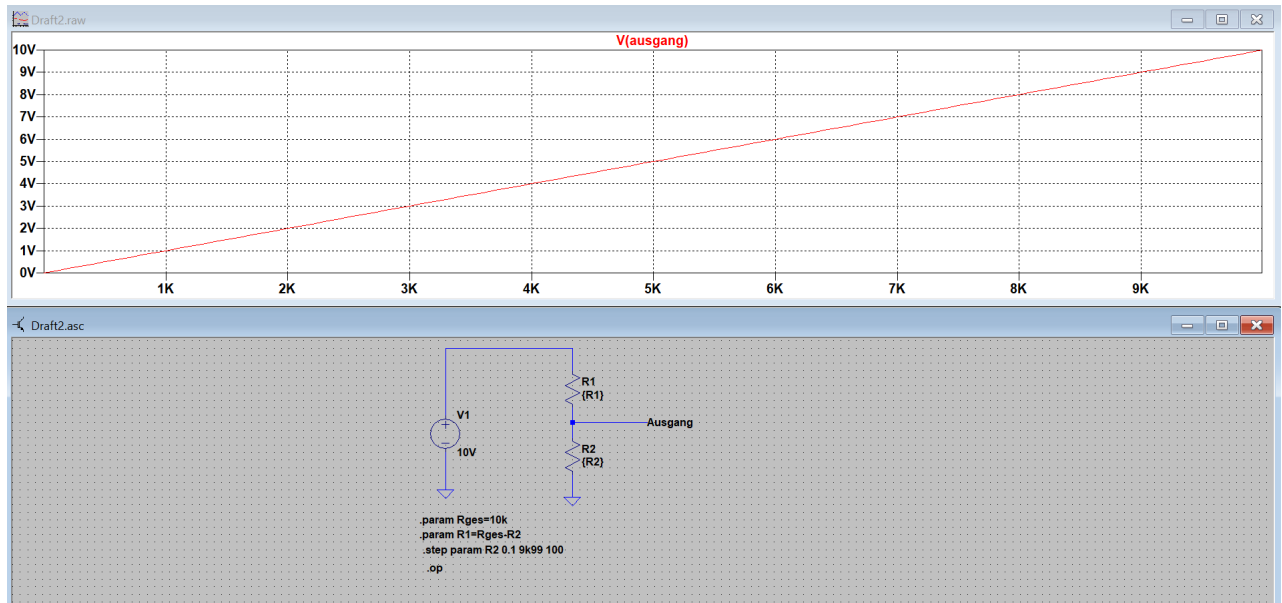


Abbildung 2.10: Darstellung eines Potentiometers

Die Schaltung in Abb. 2.10 sieht aus wie die Abb. 2.8 eines unbelasteten Spannungsteilers. Jedoch ist beim Potentiometer der Widerstand R_1 vom Widerstand R_2 abhängig.

$$R_1 = R_{ges} - R_2 \quad (2.4)$$

Die Werte von R_2 ändern sich dabei in 100Ω Schritten im Intervall von 0.1Ω bis $9k99\Omega$, unter der Bedingung:

$$0\Omega \leq R_2 \leq R_{ges}$$

Die Simulation beginnt mit 0.1Ω und endet mit $9k99\Omega$ damit R_1 nicht 0Ω wird. Im Graphen (siehe Abb. 2.10) ist zu sehen, dass mit steigendem R_2 auch die Ausgangsspannung V_{aus} steigt.

Fazit

Bei dem Versuch werden erstmal die Grundlegenden Begriffe der Gleich- und Wechselspannung erklärt. Diese sind dann durch ein Voltmeter in die Schaltungen eingebracht worden. Dabei sind Schaltungen wie der Spannungsteiler und das Potentiometer aufgebaut worden und durch LTSpice simuliert. Zum besseren Verständnis des Graphen wurde dann der Effektivwert sowie die Ausgangsspannung per Hand ausgerechnet und mit den von LTSpice simulierten Werten verglichen. Die Werte für den Spannungsteiler und den Potentiometer haben mit den zu erwarteten Werten wunderbar funktioniert. Bei dem Rechtecksignal einer Spannungsquelle sind jedoch zwischen simuliertem und berechneten Effektivwert Differenzen aufgetreten. Ursprung des Fehlers kann in der Rechnung liegen, obwohl diese öfters zum Überprüfen der Richtigkeit durchgeführt wurde. Der Fehler kann auch in der falschen Durchführung von LTSpice liegen. In der Aufgabenstellung von 2.1 (Signalquellen), war nicht genau ersichtlich ob das Voltmeter durch eine Wechselspannung oder Gleichspannung angetrieben wird. Durch eine Wechselspannung würde der Graph von -1V bis 1V gehen. Die simulierten Graphen in dem Bericht sind jedoch nur von 0V bis 1V aufgetragen. Durch die Wechselspannung sind die berechneten Werte aber auch nicht zu erzielen, da diese ebenfalls zur Lösung des Problems simuliert wurden und nicht mit den berechneten Werten übereinstimmen.