

# Protokoll zum Versuch „Verwendung des Elektronenstrahl-Oszilloskops“

Kirstin Hübner      Armin Burgmeier      Gruppe 15

13. Oktober 2008

## 1 Kennenlernen der Bedienelemente

Wir haben den Ausgang eines Frequenzgenerators an Kanal 1 des Oszilloskops angeschlossen und eine 10Hz-Sinus-Wechselspannung angelegt. Durch interne Triggerung erzeugten wir im digitalen Modus ein stehendes Bild das wir durch Feineinstellung des Volt/Div-Reglers so eingestellt haben, dass es genau zwischen der 0%- und 100%-Marke lag. Die in der Aufgabenstellung gefragten Werte haben wir nun wie folgt mit den Werkzeugen des Oszilloskops gemessen. Bei allen Messungen haben wir die Zeitablenkung auf  $10^{\text{ms}}/\text{Div}$  und die vertikale Ablenkung auf  $> 500^{\text{mV}}/\text{Div}$  (Feineinstellung) eingestellt.

- Anstiegszeit: Nachdem wir den Cursor aktiviert haben konnten wir im Measure-Menü das Werkzeug  $\Delta t$  auswählen. Durch Verschieben der Cursor auf benachbarte Hoch- und Tiefpunkte ergab sich die Anstiegszeit  $\Delta t = 51,5\text{ms}$ .
- Frequenz: Hier entdeckten wir zwei Möglichkeiten der Bestimmung. Zum einen durch Ablesen auf dem Bildschirm des Oszilloskops und zum anderen das  $\frac{1}{\Delta t}$ -Werkzeug im Measure-Menü. Dabei ergaben sich Werte von 9,94Hz in der Anzeige bzw. 9,72Hz durch die explizite Messung. Die Abweichung lässt sich aus ungenauem Positionieren der Cursorlinien und schwankendem Eingangssignal erklären.
- Amplitude: Durch Auswahl der Peak+ und Peak-Peak Werkzeuge im Measure-Menü ließ sich die Amplitude messen. Bei Peak-Peak ist darauf zu achten, dass man die doppelte Amplitude misst, dafür ist bei der Peak+-Methode darauf zu achten, dass die 0-Volt-Linie genau auf der X-Achse liegt. Unsere Messungen ergaben 2,0V bei Peak+ und 3,98V bei Peak-Peak (also eine Amplitude von 1,99V).

Schaltet man nun vom digitalen in den analogen Betrieb, so ergibt sich wegen der niedrigen Frequenz kein stehendes Bild. Hier zeigt sich also einer der Vorteile des digitalen Oszilloskops.

## 2 Messungen im Zweikanalbetrieb

### 2.1 SI-Diode

Nachdem wir die Schaltung wie in den Vorbereitungen beschrieben aufgebaut haben legten wir eine Sinusspannung mit einer Frequenz von 1000Hz an. Dann untersuchten wir die Funktion der Diode bei verschiedenen Werten für  $V_{SS}$ .

- $V_{SS} = 500\text{mV}$ : Die Ausgangsspannung war fast identisch 0V, da die Eingangsspannung so gering war, dass wegen des Lastwiderstandes von  $1\text{k}\Omega$  kein Ausschlag mehr auf dem Oszilloskop zu erkennen war.
- $V_{SS} = 1\text{V}$ : Das Ausgangssignal weist kleine Amplituden bei jeder positiven Halbperiode des Eingangssignals auf. Verglichen mit der Eingangsspannung ist sie zwar sehr gering, aber erkennbar. Die vorhergesagte Funktion der Diode wurde verifiziert.
- $V_{SS} = 8\text{V}$ : Das Ausgangssignal ist in jeder zweiten Periode fast gleich dem Eingangssignal und dazwischen 0V.

Die ausgedruckten Signalverläufe finden Sie im Anhang. Zu beachten ist hierbei, dass die Diode bei den Messungen für 500mV und 1V anders herum geschaltet war als bei der 8V-Messung. Zudem war bei den ersten beiden Messungen die 0V-Linie nicht genau auf der X-Achse. Die jeweilig eingestellten Werte der Time/Div- und Volts/Div-Regler sind den Ausdrucken zu entnehmen.

Hier sieht man sehr schön die Funktionsweise der Diode, die entweder den positiven oder negativen Anteil der Wechselfspannung unterdrückt. Die Amplitude der Ausgangsspannung war niedriger als die der Eingangsspannung, da die Spannung über einem Lastwiderstand abgegriffen wurde.

Im zweiten Teil dieser Aufgabe schalteten wir parallel zum Lastwiderstand einen  $0,47\mu\text{F}$ -Kondensator und untersuchten den Spannungsverlauf dieser Schaltung wie oben.

- $V_{SS} = 500\text{mV}$ : Wie schon bei der Schaltung ohne Kondensator sieht man keine von 0V verschiedene Spannung an Kanal 2.
- $V_{SS} = 1\text{V}$ : Auch hier ergibt sich nahezu das gleiche Bild wie ohne Kondensator.
- $V_{SS} = 8\text{V}$ : Hier kann man nun sehr schön die Wirkung des Kondensators beobachten: In Durchlassrichtung wird der Kondensator aufgeladen, fließt der Strom aber in Sperrrichtung, so entlädt sich der Kondensator und die gemessene Spannung fällt daher nicht auf 0V zurück, d.h. die abschneidende Wirkung der Diode wird abgeschwächt.

Die Signalverläufe sind wieder angehängt. Bei den Messungen von  $V_{SS} = 500\text{mV}$  und  $V_{SS} = 1\text{V}$  ist die 0V-Linie wieder nicht genau auf der X-Achse.

## 2.2 RC-Differenzierglied

Die Schaltung haben wir wieder wie in den Vorbereitungen beschrieben aufgebaut und eine Dreiecksspannung angelegt. Aus der Bedingung  $R = \frac{1}{\omega C}$  findet man

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} \quad (1)$$

Wir haben nun die Funktionsweise der Schaltung untersucht bei verschwindendem ohmschen Widerstand, bei verschwindendem kapazitivem Widerstand und bei etwaig gleichen Widerständen. Folglich haben wir Messungen bei Frequenzen sehr viel kleiner als  $f_0$ , sehr viel größer als  $f_0$  und gleich  $f_0$  durchgeführt.

Bei  $R = 1\text{k}\Omega$  und  $C = 0,47\mu\text{F}$  ergibt sich  $f_0 \approx 330\text{Hz}$ .

- $f = 25\text{Hz}$ : Auf dem Ausdruck erkennt man die erwartete Rechteckspannung. Ihre Amplitude fällt sehr gering aus, da die Ausgangsspannung der nach der Zeit differenzierten Eingangsspannung multipliziert mit dem Faktor  $0,47 \cdot 10^{-3}\text{s}$  entspricht.
- $f = 330\text{Hz}$ : Hier erkennt man deutlich den Einfluss des Kondensators. Das Auf- und Entladen des Kondensators bewirkt eine Krümmung der Dreiecksflanken. Auch hier bestätigt sich also unsere Vermutung aus der Vorbereitung.
- $f = 3640\text{Hz}$ : Eingangs- und Ausgangssignal sind nahezu identisch, da bei dieser hohen Frequenz der Kondensator fast keinen Einfluss auf den Spannungsverlauf ausübt.

## 2.3 RC-Integrierglied

Vertauscht man nun in der Schaltung wie in der Vorbereitung beschrieben Kondensator und Widerstand, so erhält man ein Integrierglied. Zudem legen wir eine Rechteckspannung an. Analog zum Differenzierglied untersuchen wir wieder Frequenzen von 25Hz, 330Hz und 3640Hz.

- $f = 25\text{Hz}$ : Eingangs- und Ausgangssignal sind nahezu identisch. Auch dies haben wir erwartet, da der Kondensator bei jedem Umpolen der Spannung komplett dem Vorzeichen der Spannung entsprechend geladen wird.
- $f = 330\text{Hz}$ : Hier ergibt sich ein ähnliches Bild wie beim Differenzierglied für 330Hz, was durch die Wahl der 330Hz auch genau so zu erwarten war.
- $f = 3640\text{Hz}$ : Als Ausgangssignal beobachten wir ein deutlich ausgeprägtes Dreieckssignal, welches dem Integral des rechteckigen Eingangssignal entspricht. Wieder ist die Amplitude deutlich kleiner als die des Eingangssignals, was genau der Bedingung für die Funktion des Integrierglieds war.

Die ausgedruckten Graphiken befinden sich im Anhang.

## 2.4 RC-Phasenschieber

Nachdem wir die Schaltung gemäß Vorbereitung aufgebaut hatten haben wir eine Sinusspannung angelegt mit der in der Vorbereitung berechneten Frequenz von  $f = 195,5\text{Hz}$ . Auf dem Oszilloskop sahen wir zwei Sinuskurven gleicher Frequenz, die aber wie erwartet zueinander phasenverschoben waren.

Wie in Aufgabe 1 beschrieben haben wir den zeitlichen Abstand zweier benachbarter Nulldurchgänge der beiden Signale zu  $\Delta t = 900\mu\text{s}$  gemessen. Daraus ergibt sich

$$\Delta\varphi = f\Delta t2\pi = 61,9^\circ$$

Berechnet hatten wir eine Phasenverschiebung von  $\varphi_b = 60^\circ$ . Die relative Abweichung beträgt also 3%, was sich durch unvermeidliche Fehler beim Einstellen der Cursor erklären lässt.

Wie auf dem Ausdruck zu erkennen ist, ist das Ausgangssignal gegenüber dem Eingangssignal (zeitlich) nach hinten verschoben.

## 2.5 Frequenzmodulierte Schwingung

Wir haben das 50Hz-Signal des zweiten Generators an den ersten Generator angeschlossen um eine frequenzmodulierte Schwingung zu erhalten. Der erste Generator, der an das Oszilloskop angeschlossen war, war auf 1500Hz eingestellt. Damit der zweite Generator  $V_{SS} = 50\text{mV}$  liefert wurde er vor dem Versuch separat an das Oszilloskop angeschlossen und entsprechend eingestellt.

Wie in der Vorbereitung beschrieben messen wir die minimale und maximale Dauer einer halben Periode um daraus den Frequenzhub  $\Delta\omega$  zu berechnen. Das Bild betrachteten wir im Analogbetrieb des Oszilloskops, da durch die ständige Bewegung der Kurve keine Messungen im Digitalbetrieb möglich waren. Daher konnten wir auch leider keinen Ausdruck anfertigen.

Wir haben  $T_{min} = 0,28\text{ms}$  und  $T_{max} = 0,39\text{ms}$  gemessen. Damit ergibt sich

$$\Delta\omega = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{T_{min}} - \frac{1}{T_{max}} \right) 2\pi = 3165\text{Hz}$$

und

$$f_{Hub} = \frac{\Delta\omega}{2\pi} = 504\text{Hz}$$

## 2.6 Addieren und Subtrahieren von Sinusspannungen

Wir haben je eine Sinusspannung an Kanal 1 und 2 angelegt und uns die Überlagerung durch Addition beider Signale anzeigen lassen. Es war kein stehendes Bild zu erzeugen, da das Oszilloskop immer nur auf eines der beiden Signale triggern kann. Auch die Subtraktion durch Invertieren eines der Signale haben wir erprobt, jedoch konnte man keinen großen Unterschied feststellen, da sich das Signal ständig veränderte.

Als letztes versuchten wir eine Schwebung zu erzeugen, was uns bei Frequenzen von  $f_1 = 435\text{Hz}$  und  $f_2 = 430\text{Hz}$  gelang. Einen Ausdruck dieser Kurve findet sich im Anhang.

Eine Schwebung ist eine Überlagerung zweier Schwingungen ähnlicher Frequenz:

$$U(t) = U_0 \sin(\omega t) + U_0 \sin((\omega + \Delta\omega)t) \quad (2)$$

Mit einem Additionstheorem lässt sich dies umschreiben:

$$U(t) = 2U_0 \sin\left(\left(\omega + \frac{\Delta\omega}{2}\right)t\right) \cos\left(\frac{\Delta\omega}{2}t\right) \quad (3)$$

In dieser Form lässt sich unser Ergebnis sehr schön erklären: Die Sinusfunktion hat eine hohe Frequenz und stellt die vielen Einzelschwingungen dar. Jedoch ist sie durch die sehr viel niederfrequenteren Kosinusfunktion amplitudenmoduliert und beschreibt somit das wellenförmige Gesamtbild des Schaubilds.

## 3 X-Y-Darstellungen

### 3.1 Lissajous-Figuren

Wir haben wie bei Aufgabe 2.6 zwei verschiedene Sinussignale an die beiden Eingangskanäle des Oszilloskops angeschlossen und dieses auf XY-Betrieb geschaltet. Zu unserer Überraschung war es nicht schwer einen Kreis zu erzeugen indem wir nahezu gleiche Frequenzen wählten, jedoch erhielten wir kein stehendes Bild sondern der Kreis drehte sich und verzog sich zur Ellipse, die irgendwann zum Stillstand kam und sich in entgegengesetzte Richtung weiterdrehte. Diesen Effekt hatten wir nicht erwartet, aber man kann ihn durch Ungleichmäßigkeiten bei der Erzeugung der Frequenzen in den jeweiligen Generatoren erklären.

Neben dem Kreis erzeugten wir zudem Figuren mit Knoten die wir durch andere Verhältnisse der Frequenzen erhielten. Im Anhang befinden sich zwei unserer Figuren.

### 3.2 Kennlinien

#### 3.2.1 Z-Diode

Die Schaltung haben wir wie in der Vorbereitungshilfe angegeben aufgebaut und für den Widerstand  $6,8\text{k}\Omega$  gewählt. Die am Widerstand abfallende Spannung ist proportional zur Stromstärke und wurde daher als vertikale Ablenkung verwendet; die an der Diode abfallende Spannung als horizontale.

Die resultierende Kennlinie gestaltete sich wie erwartet: Ab einer bestimmten Durchschlagsspannung  $U_D$  ergibt sich ein hoher Stromfluss, davor sperrt die Diode. Aus der ausgedruckten Kennlinie ergibt sich  $U_D$  in einem Bereich von etwa  $0,5\text{V}$  bis  $0,7\text{V}$ .

### 3.2.2 Kondensator

In der Schaltung zur Bestimmung der Kennlinie der Z-Diode wurde diese durch einen Kondensator mit der Kapazität  $C = 0,47\mu\text{F}$  ersetzt. Wie auf dem Ausdruck im Anhang zu erkennen ist ergibt sich eine fast kreisförmige Kennlinie, die allerdings etwas höher als breit ist.

### 3.3 Komponententester

Der Komponententester führt prinzipiell den gleichen Versuch aus wie wir, jedoch muss man dazu nur das jeweilige Bauteil an den speziell dafür vorgesehenen Eingang anschließen. Erfreulicherweise stimmten die Schaubilder mit unseren überein.

## 4 Speichern eines Einmalvorgangs

Mithilfe einer sehr niederfrequenten Rechteckspannung haben wir den Kondensator aufgeladen. Zudem haben wir in die Schaltung einen Schalter eingebaut, bei dessen Öffnung sich der Kondensator über den zu bestimmenden Widerstand entladen hat. Um den Vorgang zu speichern haben wir den SINGLE-Modus des Speicheroszilloskops verwendet. Nach Drücken der RESET-Taste haben wir den Schaltkreis geschlossen bis das Oszilloskop ein Triggerereignis angezeigt hat. Danach wurde der Schalter wieder geöffnet und das Oszilloskop hat den Entladevorgang angezeigt. Bei der Versuchsdurchführung hat sich gezeigt, dass vor allem bei dem recht schnellen Entladevorgang über den Eingangswiderstand eine gute Reaktionszeit erforderlich war um eine vollständige Entladekurve sehen zu können.

### 4.1 Eingangswiderstand des Oszilloskops

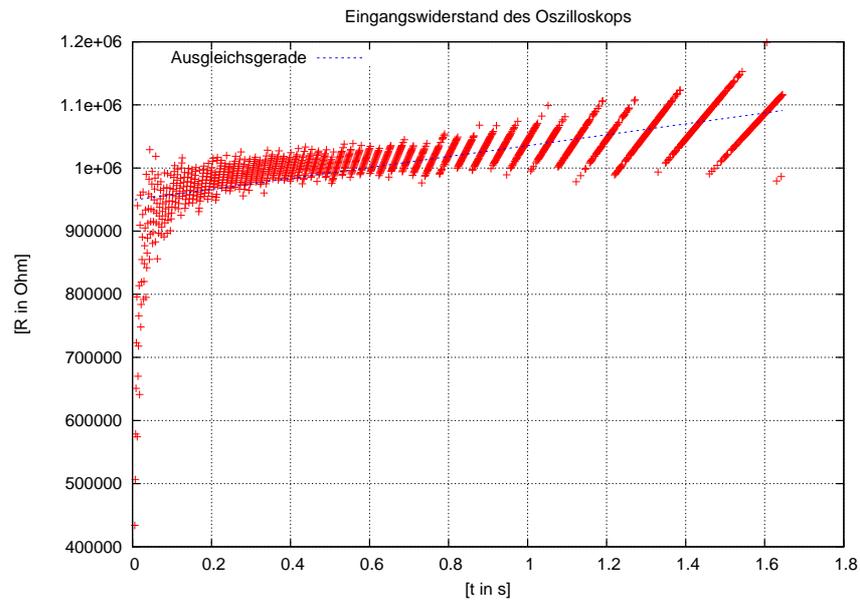
Wie oben beschrieben haben wir eine Messung aufgenommen. Um nun einen möglichst genauen Wert für den Widerstand zu bekommen haben wir die zur Kurve gehörende Wertetabelle gespeichert. Für jeden aufgenommenen Zeitpunkt haben wir den zugehörigen Widerstand wie in der Vorbereitung beschrieben berechnet, wobei der zweite für die Berechnung nötige Wert die Anfangsspannung bei  $t = 0$  war. Die nicht zur Entladekurve gehörenden Punkte am Anfang der Tabelle haben wir nicht berücksichtigt, da sie das Ergebnis verfälschen würden.

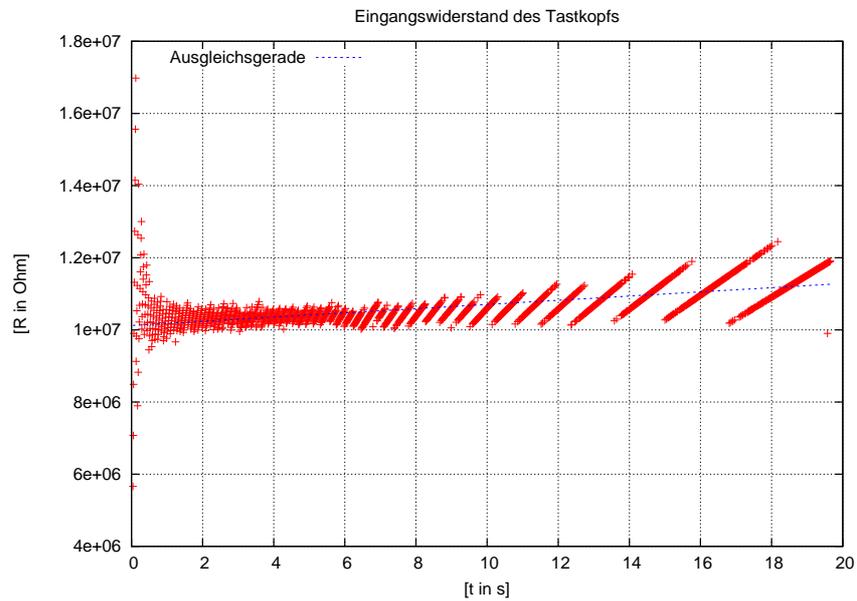
Wir haben durch die so gewonnene Punktmenge mit Hilfe linearer Regression eine Gerade gelegt. Als Messwert bezeichnen wir den Mittelwert der Geraden. Er ergibt sich zu  $R = 1,027\text{M}\Omega$ . Die Herstellerangabe belief sich auf  $R_H = 1\text{M}\Omega$ . Damit liegt unsere Messung mit einer Abweichung von 3% nahe bei der Herstellerangabe.

## 4.2 10:1-Tastkopf

Analog zur Bestimmung des Eingangswiderstandes des Oszilloskops haben wir den Widerstand des 10:1-Tastkopfs bestimmt. Widerrum ergab sich nach linearer Regression  $R = 10,705\text{M}\Omega$ . Aus der Zubehörliste aus der Vorbereitungsmappe entnehmen wir  $R_T = 10\text{M}\Omega$ . Die Abweichung beträgt 7%. Damit hat unsere Messung eine noch akzeptable Abweichung.

### 4.2.1 Diagramme





#### 4.2.2 Bemerkung

Bei beiden Diagrammen sind uns die „Punktstreifen“ gegen Ende des Entladevorgangs aufgefallen. Wir vermuten, dass dieser Effekt wegen der sehr geringen Spannungen, die nicht genügend differenziert werden können, auftritt. Zudem haben beide Ausgleichsgeraden eine positive Steigung. Ob dies zufällig oder generell so ist können wir aufgrund nur zweier Geraden nicht beurteilen.

## 5 Fazit

Dieser Versuch hat uns einen guten Einblick in das Arbeiten mit dem Oszilloskop vermittelt. Besonders erfreulich war, dass sich alle unsere Erwartungen bezüglich der verschiedenen erzeugten Bilder erfüllt haben. Auch die mit dem Oszilloskop durchgeführten Messungen haben zufriedenstellende Ergebnisse geliefert.