

Versuchsvorbereitung P1-34: Oszilloskop

Michael Walz
Gruppe 10

13. Januar 2008

Inhaltsverzeichnis

1	Kennenlernen des Oszilloskops	2
2	Messungen im Zweikanalbetrieb	2
2.1	Si-Dioden-Einweggleichrichter	3
2.2	RC-Differenzierglied	3
2.3	RC-Integrierglied	3
2.4	RC-Phasenschieber	4
2.5	Frequenzmodulierte Schwingung	4
2.6	Überlagerung von Schwingung	4
3	X-Y-Darstellung	5
3.1	Lissajous-Figuren	5
3.2	Kenmlinien	5
3.2.1	Z-Diode	5
3.2.2	Kondensator	5
3.3	Komponententester	5
4	Speichern eines Einmalvorgangs	5

1 Kennenlernen des Oszilloskops

Ein Oszilloskop besteht im Wesentlichen aus einer Braun'schen Röhre, an deren Ablenkplatte die zu untersuchenden Spannungen angelegt werden. An eine der beiden Ablenkplatte ist standardmäßig eine zeitlineare Sägezahnspannung angelegt, sodass eine Achse als Zeitachse genutzt werden kann. Legt man an beide Platten eigene Spannungen an, so wird im Endeffekt die Funktion $U_y(U_x)$ dargestellt. Im ersten Versuchsteil soll man sich mit den wichtigsten Einstellschaltern auf der Frontplatte des Gerätes vertraut machen.

Eingangsempfindlichkeit und Zeitablenkung: Über zwei Drehregel lässt sich die Skalierung der Achsen in Volt/Längeneinheit bzw. Zeit/Längeneinheit einstellen.

Signaleinkopplung: Es gibt drei verschiedene Arten der Signaleinkopplung:

AC (Wechselstrom): Dieser Modus ist dafür gedacht, um Wechselstrom zu untersuchen. Deshalb wird der eingehende Gleichstromanteil durch einen Hochpass (einen Kondensator) unterdrückt.

DC (Gleichstrom): Das eingehende Signal wird möglichst unverfälscht am Oszilloskop angezeigt.

GND (Ground): Hierbei wird nicht das eigentliche Signal, sondern die Masse angelegt. Damit ist der Spannungsunterschied an den Ablenkplatten Null, sodass keine Ablenkung auf dem Schirm zu sehen ist.

Trigger: Der Trigger ist notwendig, wenn die x-Achse als Zeitachse benutzt werden soll. Damit kann gesteuert werden, wann der Elektronenstrahl in x-Richtung ausgelenkt wird. In Normalfall wird der Trigger ausgelöst, wenn das Y-Signal das Nullniveau verlässt. Über den Triggerlevel kann die Empfindlichkeit eingestellt werden. Über den Slope kann eingestellt werden, ob der Trigger beim Anstieg oder Abfall auslöst.

Es soll das stehende Bild eines 10-Hz-Sinussignals dargestellt werden und im Analog- wie auch Digitalbetrieb (Umschaltung über langes Drücken von HOLD) betrachtet werden. Über die Messwerkzeuge (SELECT CURSOR und MEASURE) sollen Anstiegszeit, Frequenz und Amplitude bestimmt werden.

2 Messungen im Zweikanalbetrieb

In diesem Aufgabenteil sollen immer zwei Signale (meist die Eingangsspannung U_E und Ausgangsspannung U_A) gleichzeitig über der selben Zeitachse dargestellt werden. Dabei sollen die Schalterstellungen CHOPPED, DUAL, ADD und TRIG I/II getestet werden.

DUAL: Hierbei werden die beiden Signale gleichzeitig auf dem Bildschirm dargestellt. Entweder wird zuerst das eine Signal eine Periode lang geschrieben und dann das andere oder man stellt zusätzlich CHOPPED ein. Dann hüpft der Elektronenstrahl immer zwischen beiden Kurven hin und her, sodass leicht gehackte Bilder entstehen. Vorteil der zweiten Methode ist, dass die Phasenverschiebung korrekt ablesbar ist, während bei der ersten die Bilder phasenverschoben aufgetragen werden können.

TRIG I/II: Hiermit wird einfach zwischen den beiden Kanälen hin und her geschaltet, aber jeweils immer nur ein Signal angezeigt.

ADD: Damit können die beiden Signale addiert werden oder mit Hinzunahme von INVERT auch subtrahiert werden. Das kann zum Beispiel nützlich sein, um Schwebungen darzustellen.

2.1 Si-Dioden-Einweggleichrichter

Beim Si-Dioden-Einweggleichrichter wird eine Si-Diode mit einem $1\text{ k}\Omega$ -Widerstand in Reihe geschaltet und daran die Eingangsspannung U_E angelegt¹. Die Ausgangsspannung U_A wird über dem Widerstand abgegriffen, womit wir effektiv über $U = R \cdot I$ den Strom durch die Diode messen. Das Verhalten dieser Schaltung soll bei verschiedenen Amplituden der Eingangsspannung untersucht werden. Als Bild sollte eine nur der positive Teil des Eingangssignals zu sehen sein. Ebenso soll ein Ladekondensator in die Schaltung parallel zum Widerstand eingebaut werden und der Effekt untersucht werden. Der Ladekondensator wird das entstehende Bild glätten, indem er dann entladen wird, wenn gerade kein Strom durch die Diode fließen kann.

2.2 RC-Differenzierglied

Ein RC-Differenzierglied besteht aus einer Reihenschaltung eines Widerstandes und eines Kondensators. Die Ausgangsspannung U_A wird über dem Widerstand abgegriffen, womit eigentlich der Stromfluss durch den Kondensator bzw. die Ableitung der Kondensatorspannung U_C gemessen wird.

$$U_A = U_R = R \cdot I = R \cdot \dot{Q} = RC \cdot \dot{U}_C$$

Als Eingangssignal wird ein Dreiecksspannung gewählt, sodass die Ableitung dieser eine Rechteckspannung ist. Die charakteristische Größe des Schaltung beträgt bei einem $1\text{ k}\Omega$ -Widerstand und einem $47\text{ }\mu\text{F}$ -Kondensators: $RC = 0,47\text{ ms}$.

Der kapazitive Widerstand X_C des Kondensators beträgt:

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} \quad \text{mit der Frequenz } f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \text{ des anliegenden Signals}$$

Nun gibt es drei qualitativ unterschiedliche Fälle:

$X_C \gg R \Leftrightarrow \frac{1}{\omega} \gg R \cdot C$: Damit fällt fast die gesamte Spannung U_E am Kondensator ab ($U_E \approx U_C$), womit die Ableitung der Eingangsspannung gemessen wird.

$$U_A = RC \cdot \dot{U}_E$$

$X_C \ll R \Leftrightarrow \frac{1}{\omega} \ll R \cdot C$: Damit fällt fast die gesamte Spannung U_E am Widerstand ab ($U_E \approx U_A$), womit ein leicht gedämpftes Signal der Eingangsspannung gemessen wird.

$X_C \approx R \Leftrightarrow \frac{1}{\omega} \approx R \cdot C$: Nun zeigt sich die Wirkung von Widerstand und Kondensator. Die Ausgangsspannung ist immer noch die Ableitung der Kondensatorspannung. Diese ist nun allerdings im Vergleich zum Eingangssignal gedämpft (wegen des Widerstandes) und auch phasenverschoben.

2.3 RC-Integrierglied

Das RC-Integrierglied ist RC-Differenzierglied identisch, nur das die Ausgangsspannung U_A nun über dem Kondensator abgegriffen wird. Diesmal wird eine Rechteckspannung angelegt, sodass das Integral eine Dreiecksspannung ergäbe. Wie oben erhalten wir:

$$U_R = RC \cdot \dot{U}_C \Rightarrow U_A = U_C = \frac{1}{RC} \cdot \int U_R$$

Nun gibt es wieder drei qualitativ unterschiedliche Fälle:

¹Wie bei allen wichtigen Schaltungen befindet sich eine Skizze im Anhang.

$X_C \gg R \Leftrightarrow \frac{1}{\omega} \gg R \cdot C$: Damit fällt fast die gesamte Spannung U_E am Kondensator ab ($U_E \approx U_A$), womit ein leicht gedämpftes Signal der Eingangsspannung gemessen wird.

$X_C \ll R \Leftrightarrow \frac{1}{\omega} \ll R \cdot C$: Damit fällt fast die gesamte Spannung U_E am Widerstand ab ($U_E \approx U_R$), womit das Integral der Eingangsspannung gemessen wird.

$X_C \approx R \Leftrightarrow \frac{1}{\omega} \approx R \cdot C$: Nun zeigt sich die Wirkung von Widerstand und Kondensator. Die Ausgangsspannung ist immer noch das Integral über die Spannung am Widerstand. Diese ist nun allerdings im Vergleich zum Eingangssignal gedämpft (wegen des kapazitiven Widerstandes) und auch phasenverschoben.

2.4 RC-Phasenschieber

Der RC-Phasenschieber ist wie das RC-Differenzierglied aufgebaut. Diesmal wird allerdings eine sinusförmige Wechselspannung angelegt. Es sollte gelten $U_{A,\text{eff}} = \frac{1}{2} \cdot U_{E,\text{eff}}$. Es gilt:

$$U_{A,\text{eff}} = R \cdot I = R \cdot \frac{U_{E,\text{eff}}}{|Z|} \quad \text{mit der Impedanz } Z = R - i \frac{1}{\omega C}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{R}{|Z|} \quad \Rightarrow \quad \omega = \frac{1}{\sqrt{3}RC}$$

Mit einem $1\text{ k}\Omega$ -Widerstand und einem $47\text{ }\mu\text{F}$ -Kondensators folgt

$$\omega = 1230 \frac{1}{\text{s}} \quad \Rightarrow \quad f = 196 \text{ Hz}$$

Die Phasenverschiebung ist gleich des Arguments der komplexen Impedanz:

$$\varphi = \arg(Z) = \arctan\left(\frac{-1}{R \cdot \omega C}\right) = \arctan(-\sqrt{3}) = -60^\circ$$

Am Oszilloskop lässt sich die Phasenverschiebung entweder beim CHOPPED-Modus ablesen oder über Lissajous-Figuren errechnen. Dies wird in Aufgabe 3 ausführlicher erläutert.

2.5 Frequenzmodulierte Schwingung

Über zwei hintereinander geschaltete Sinusgeneratoren wird ein Signal der Form

$$U(t) = U_0 \cdot \sin\left(\underbrace{\Omega_0 \cdot t + \frac{\Delta\omega}{\omega} \cdot \sin(\omega t)}_{\varphi(t)} + \varphi_0\right)$$

an das Oszilloskop gelegt. Die Kreisfrequenz Ω ergibt sich als Zeitableitung der Winkelfunktion $\varphi(t)$:

$$\Omega(t) = \Omega_0 + \Delta\omega \cdot \sin(\omega t)$$

Dadurch entsteht auf dem Oszilloskop keine einzelne stehende Welle, sondern lauter Sinuswellen mit unterschiedlicher Frequenz. Da aber wegen der Triggerung alle beim Nulldurchgang starten, kann der maximale Frequenzunterschied $2\Delta\omega^2$ abgelesen werden.

2.6 Überlagerung von Schwingung

Nun soll mittels ADD und INVERT verschiedene Signale gemischt werden. Dabei sollen gleiche und verschiedene Amplituden und gleich, fast gleiche und unterschiedliche Frequenzen aus unabhängigen Generatoren benutzt werden.

²eigentlich liest man ΔT ab und berechnet dann $\Delta\omega$

3 X-Y-Darstellung

3.1 Lissajous-Figuren

Mittels dem X-Y-Modus soll nun nicht mehr Spannungen über der Zeit, sondern zwei Spannungen gegeneinander aufgetragen werden. Sind Amplitude und Frequenz gleich und die Phasenverschiebung der Signale genau 90° , so entsteht ein Kreis. Änderung der Amplitude bewirkt eine Streckung entlang einer Achse; es entstehen Ellipsen. Änderung der Phasenverschiebung „drückt“ die Ellipse zusammen, sodass einer Gerade bei verschwindender Phasenverschiebung entsteht. Außerdem wird die Ellipse damit gedreht. Wird auch noch die Frequenz geändert, so entstehen Lissajous-Figuren, die erst nach einigen Perioden sich wiederholen. Die Phasenverschiebung lässt sich über

$$\sin(\varphi) = \frac{y_b}{b}$$

bestimmen. Dabei bezeichnet y_b den Y-Achsenabschnitt und b das Maximum der Ellipse.

3.2 Kennlinien

Über Schaltskizze 1 sollen Kennlinien erstellt werden. Die Auftragung des Strom erfolgt wieder indirekt über einem Widerstand und $U = R \cdot I$.

3.2.1 Z-Diode

Zuerst soll eine Zener-Diode untersucht werden. Zu erwarten ist ein rapider Anstieg von I , sobald die Schwellenspannung der Diode in Durchlassrichtung bzw. die Durchbruchspannung (auch Zener-Spannung) in Sperrrichtung erreicht ist.

3.2.2 Kondensator

Für den Kondensator erwarten wir eine Phasenverschiebung von bis zu 90° . Mit entsprechender Skalierung der Achsen sollte ein Kreis zu erkennen sein.

3.3 Komponententester

Diese Kennlinien sollen nun noch mit dem eingebauten Komponententester des Oszilloskops verifiziert werden.

4 Speichern eines Einmalvorgangs

Nun soll der Spannungsverlauf beim Entladen eines $0,47 \mu\text{F}$ -Kondensators gemessen und abgespeichert werden. Der Kondensator muss am DC-Eingang angeschlossen werden. Beim AC-Eingang ist ein Kondensator als Hochpass vorgeschaltet, um die Gleichstromkomponenten herauszufiltern. Dieser Kondensator würde das Messergebnis verfälschen. Die Messung soll mit dem Normalen Eingang und bei Betätigung des 10:1-Tastkopfes erfolgen. Über die theoretische Entladekurve

$$U(t) = U_0 \cdot \exp\left(-\frac{t}{RC}\right)$$

lässt sich der Eingangswiderstand R am Oszilloskop bestimmen. Interessante Tasten/Befehle für die Speicherung des Bildes sind STOR, HOLD I/II, SINGLE (Einzelbetrachtung), DOTJ (Interpolation).