

Vorbereitung

Das Oszilloskop als Messinstrument

Versuch P1-32,33,34

Iris Conradi
Gruppe Mo-02

23. November 2010

Inhaltsverzeichnis

1	Kennenlernen der Bedienelemente	3
2	Messung im Zweikanalbetrieb	5
2.1	Einweggleichrichter	5
2.2	RC-Differenzierglied	5
2.3	RC-Integrierglied	6
2.4	RC-Phasenverschieber	7
2.5	Frequenzmodulation	8
2.6	Addition	8
3	X-Y-Darstellung	8
3.1	Lissajous-Figuren	9
3.2	Kennlinien	9
4	Speichern eines Einmalvorganges	10
5	Quellen	11

1 Kennenlernen der Bedienelemente

Ein Oszilloskop ist ein universelles Messinstrument, mit dem man elektrische Größen in Abhängigkeit der Zeit oder einer anderen Spannung darstellen kann. Anhand dieser Darstellung kann man auch markante Größen periodischer Abläufe ablesen. In diesem Versuch sollen grundlegende Einstellungen und Werkzeuge kennengelernt werden.

Das verwendete Combiscope kann sowohl im Digital- als auch im Analogbetrieb arbeiten. Im Digitalbetrieb werden die analog ankommenden Daten zuerst gewandelt. Dies hat den Nachteil, dass das kontinuierliche Signal diskret wird. In einem Digitaloszilloskop steht also nur eine gewisse Abtastrate zur Verfügung. Jedoch bietet ein Digitaloszilloskop den Vorteil, dass die ankommenden Daten gespeichert werden können und somit auch Einmalvorgänge betrachtet werden können.

Da das uns vorliegende Combiscope sowohl Analog- als auch Digitalbetrieb ermöglicht, wird zur Anzeige eine Kathodenstrahlröhre verwendet. Daher müssen im Digitalbetrieb die Daten wieder zurückgewandelt werden.

Eingangsempfindlichkeit des Verstärkers Die Spannung, die gemessen werden soll wird nicht direkt an die Ablenkplatten gegeben, sondern mit Hilfe eines Verstärkers/Ab-schwächers vorher der Bildschirmgröße entsprechend angepasst. An einem Drehschalter kann der Vorverstärker in Volt/Divison eingestellt. Man wählt also die Einteilung der Achsen indirekt, indem man das Signal verändert.

Signaleinkopplung Der Vorverstärker kann an GND angeschlossen werden oder an ein Signal. Das Signal kann jedoch nicht nur direkt (DC) sondern auch indirekt über einen Kondensator (AC) angeschlossen werden, so dass nur der Wechselspannungsanteil der Spannung dargestellt wird.

Zeitablenkung Wenn man eine elektrische Größe in Abhängigkeit der Zeit darstellen will, wird dies realisiert, in dem an die in x-Richtung befindlichen Ablenkplatten eine zeitlich veränderliche Spannung angelegt. So wird der Leuchtpunkt in x-Richtung bewegt. Es bietet sich an eine Sägezahnspannung zu wählen, da die Geschwindigkeit der Bewegung in x-Richtung dann konstant ist und am linken Rand sofort wieder zum rechten Rand gewechselt wird.

In dem man also die inverse Geschwindigkeit variiert, wählt man die Einteilung der x-Achse (Time/Divison).

Trigger Wenn ein periodisches Signal dargestellt werden soll, bietet es sich an ein stehendes Bild zu erzeugen. Dazu muss jedoch die Zeitablenkung so variiert werden, das nach dem Zurückspringen an den linken Rand erst dann wieder die Steigung der Sägezahnfunktion beginnt, wenn man die gleiche Spannung erreicht hat, wie zuvor am linken Rand.

Es gibt nun verschiedene Einstellungen, mit der man das Triggern beeinflussen kann.

Man kann das Triggerlevel einstellen, also die Schwelle der Spannung, ab der die Zeita-blenkung wieder beginnen soll. Außerdem kann man wählen, ob das Überschreiten oder das Unterschreiten dieser Schwelle ausgewertet werden soll.

Es gibt auch die Möglichkeit nicht das Eingangssignal und das Triggerlevel miteinander abzugleichen, sondern ein externes Signal, welches man auch mit Pässen oder Kondensatoren koppel kann. Dies ermöglicht zum Beispiel, dass man mehr als eine Periode des Eingangssignals sichtbar ist. Jedoch ist es sinnvoll ein Signal zu verwenden, welches die gleiche Periode, bzw. ein ganzzahliges Vielfaches der Periode des Eingangssignals hat.

Im AUTO Betrieb wird falls kein Triggerereignis eingetreten ist, am linken Rand einfach trotzdem die Zeitablenkung gestartet. So ist immer ein Elektronenstrahl sichtbar.

2 Messung im Zweikanalbetrieb

In den folgenden Versuchen wird der Zweikanalbetrieb verwendet, um Ausgangs- und Eingangssignal verschiedener Schaltungen miteinander vergleichen zu können.

2.1 Einweggleichrichter

Eine Diode hat in Sperrichtung einen sehr hohen Widerstand. So wird nur der positive oder der negative Teil der Wechsellspannung über den Widerstand abgegriffen. In Abbildung 1 und 2 ist das Schaltbild eines Einweggleichrichters mit und ohne Ladekondensator dargestellt.

Durch das parallel schalten des Ladekondensators wird die Spannung die über den Widerstand abgegriffen wird geglättet, da sich der Kondensator auflädt, wenn Strom durch die Diode fließt. Wenn gerade kein Strom fließt entlädt sich der Kondensator über den Widerstand.

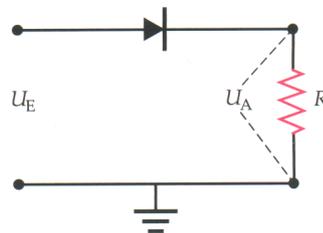


Abbildung 1: Einweggleichrichter ohne Ladekondensator

2.2 RC-Differenzierglied

In Abbildung 3 ist die Schaltung eines RC-Hochpasses gezeigt. Im Prinzip handelt es sich um einen Spannungsteiler, jedoch ist die Impedanz des Kondensators frequenzabhängig.

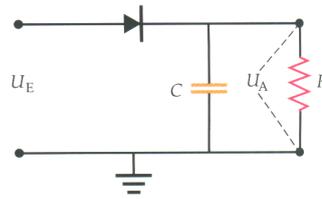


Abbildung 2: Einweggleichrichter mit Ladecondensator

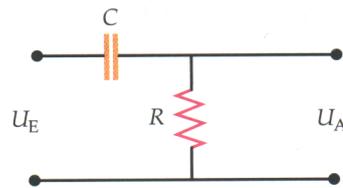


Abbildung 3: RC-Differenzierer bzw. Hochpass

Nur bei hohen Frequenzen ist die Impedanz des Widerstandes im Vergleich zur Impedanz des Kondensators so groß, dass über den Widerstand die meiste Spannung abfällt.

Man kann annehmen, dass die Spannung am Kondensator für kleine Frequenzen etwa so groß ist wie die Eingangsspannung.

Durch differenzieren der Gleichung $Q = C \cdot U_C$ ergibt sich:

$$I = C \cdot \frac{dU_C}{dt} \approx C \cdot \frac{dU_0}{dt}$$

Außerdem gilt $U_R = R \cdot I$ und somit:

$$U_R = R \cdot C \cdot \frac{dU_0}{dt} \quad (1)$$

Somit ist ersichtlich, dass die Ausgangsspannung, die ja über den Widerstand abgegriffen wird, für kleine Frequenzen etwa dem differenzierten Eingangssignal entspricht. Für hohe Frequenzen gilt dies jedoch nicht.

2.3 RC-Integrierglied

Abbildung 4 zeigt einen Tiefpass. Auch er wirkt als frequenzabhängiger Spannungsteiler. Nur wird hier die Ausgangsspannung über den Kondensator abgegriffen, sodass für

niedrige Frequenzen Eingangs- und Ausgangsspannung etwa gleich sind.

Die Maschenregel lautet hier (unter Verwendung von $U = RI$ und $I = C \cdot \frac{dU_C}{dt}$)

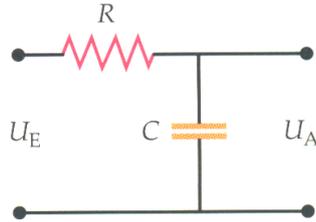


Abbildung 4: RC-Integrierer bzw. Tiefpass

$$U_0 = R \cdot C \cdot \frac{dU_C}{dt} + U_C$$

Für hohe Frequenzen kann man annehmen dass U_C vernachlässigbar klein ist, sodass sich durch Integrieren ergibt:

$$\frac{1}{RC} \int U_0 dt = U_C \quad (2)$$

Das heißt also, dass für hohe Frequenzen die Ausgangsspannung etwa dem Integral der Eingangsspannung entspricht. Für tiefe Frequenzen gilt dies nicht.

2.4 RC-Phasenverschieber

Für die Spannungen am RC-Glied, bei dem die Ausgangsspannung über den Widerstand gemessen wird, gilt:

$$U_A = U_E \frac{R}{R + 1/i\omega C} \quad (3)$$

$$(4)$$

Es soll gelten: $|U_A| = 1/2|U_E|$. Somit folgt:

$$\frac{1}{2} = \left| \frac{R}{R + \frac{1}{i\omega C}} \right| \quad (5)$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{3}RC} \quad (6)$$

Damit ergibt sich $f \approx 196\text{Hz}$.

Die Phasenverschiebung ergibt sich aus der Gesamtimpedanz:

$$\varphi = \arg Z_{ges} = \arctan \frac{-1}{R\omega C} = \arctan -\sqrt{3} = -60^\circ \quad (7)$$

2.5 Frequenzmodulation

Bei diesem Versuch wird durch das „Hintereinanderschalten“ von zwei Sinusgeneratoren eine Frequenzmodulation durchgeführt. Der Modulierte Sinus hat folgende Form:

$$u(t) = u_0 \sin \varphi(t) = u_0 \sin \left(\Omega_0 t + \frac{\Delta\omega}{\omega} \sin \omega t + \varphi_0 \right) \quad (8)$$

Die Kreisfrequenz der modulierten Schwingung beträgt also

$$\Omega(t) = \frac{d\varphi}{dt} = \Omega_0 + \Delta\omega \cos \omega t \quad (9)$$

Da am Nulldurchgang getriggert wird, erscheinen die verschiedenen Schwinungen mit den unterschiedlichen Kreisfrequenzen alle übereinander. Sie beginnen alle mit einem Nulldurchgang am linken Rand des Bildschirms und am rechten Rand fächern sie auf, so dass man aus der Differenz der Enden der ersten Periode $2\Delta T$ ablesen kann. Damit kann dann der Frequenzhub berechnet werden.

2.6 Addition

In diesem Versuch sollen mit Hilfe der ADD Funktion des Oszilloskops zwei unabhängige Spannungsverläufe addiert werden. Unter Verwendung der INVERT-Taste ist auch eine Subtraktion möglich.

So können die verschiedenen auftretenden Effekte, wie Schwebung, Auslöschen etc. beobachtet werden.

3 X-Y-Darstellung

Nun sollen nicht mehr Signale in Abhängigkeit der Zeit dargestellt werden, sondern in Abhängigkeit einer anderen messbaren Größe. Auch damit lassen sich bestimmte Kennwerte messen

3.1 Lissajous-Figuren

Wenn man zwei Schwingungen gleicher Frequenz gegeneinander aufträgt entsteht im Allgemeinen eine Ellipse. An der Form und Lage dieser Ellipse lässt sich auf Phasenverschiebung und Amplitudenverhältnis Rückschlüsse ziehen.

Wenn beispielsweise keine Phasenverschiebung vorliegt, sieht man eine Gerade. Wenn man eine Phasenverschiebung von 90° und gleiche Amplituden hat, sieht man einen Kreis.

Die Phasenverschiebung lässt sich im X-Y-Betrieb folgendermaßen ablesen (y_b bezeichnet den y-Achsenabschnitt) :

$$\varphi = \arcsin \frac{y_b}{b} \quad (10)$$

Bei Überlagerung von Schwingungen verschiedener Frequenzen treten kompliziertere Muster auf.

3.2 Kennlinien

Wenn man zu einem Bauteil Strom gegen Spannung aufträgt, lassen sich charakteristische Eigenschaften an der entstehenden Kurve erkennen. Diese Kurve bezeichnet man als Kennlinie.

Man muss jedoch beachten, dass man den Strom nur indirekt über seine Proportionalität zur Spannung über einen Widerstand am Oszilloskop betrachten kann.

Zener-Diode Zu erwarten ist eine Nulllinie um den Ursprung die an zwei Stellen plötzlich eine starke Steigung bekommt. Eine Zener-Diode sperrt bei niedrigen Spannungen in beide Richtungen. In Durchlassrichtung wird jedoch bei noch recht niedrigen Spannungen der Widerstand der Diode sehr niedrig, es fließt ein sehr hoher Strom. In Sperrichtung ist die nötige Spannung um einen Stromfluss zu erreichen deutlich höher. Jedoch hat auch diese Spannung einen definierten Wert. Eine 4V-Z-Diode beispielsweise hat diesen Punkt in Sperrichtung bei 4V. Im Vergleich zu normalen Dioden geht eine Zener-Diode nicht kaputt, wenn diese Spannung überschritten wird.

Kondensator Da ein Kondensator eine Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung bewirkt, wird man eine Ellipse erkennen. Durch Justieren an den Eingangsempfindlichkeiten wird man einen Kreis darstellen können.

Komponententester In den gerade beschriebenen Versuchen haben wir die Kennlinien der Bauteile selbst erzeugt, indem wir Schaltskizze 1 gefolgt sind. Das uns vorliegende Oszilloskop kann in der Funktion Komponententester selbsttätig Kennlinien von Bauteilen aufnehmen. Mit Hilfe dieser Funktion sollen die in den vorherigen Versuchen erhaltenen Kennlinien verifiziert werden.

4 Speichern eines Einmalvorganges

Nun soll im Digitalbetrieb die Speicherfunktion des Oszilloskops genutzt werden um, im Gegensatz zu allen vorhergehenden Versuchen, ein einmalig auftretendes Ereignis zu untersuchen. Aufgenommen wird die Entladekurve eines Kondensators. Durch lösen der Differentialgleichung die sich aus der Maschenregel eines RC-Gleids ergibt, erhält man die theoretische Entladekurve. Als Widerstand wirkt hier der Eingangswiderstand des Oszilloskop bzw. des verwendeten Tastkopfes.

$$U_C(t = 0) = U_0 \cdot e^{\frac{-t}{RC}} \quad (11)$$

5 Quellen

- Vorbereitungshilfe
- Eichler, Kronfeld, Sahm ; Das Neue Physikalische Grundpraktikum
- Institut für theoretische Elektrotechnik und Systemoptimierung (KIT); Skript zum Elektrotechnischen Grundlagenpraktikum WS2009/2010
- M. Siegel, E. Crocoll; Institut für Mikro- und Nanoelektronische Systeme (KIT); Skript zur Vorlesung Elektronische Schaltungen
- O. Dössel; Institut für Biomedizinische Technik (Uni Karlsruhe); Vorlesungsskript Lineare Elektrische Netze; Stand Oktober 2008
- Die Bilder wurden entnommen aus Tipler/Mosca 6.Auflage