

Physikalisches Anfängerpraktikum - P1

Das Oszilloskop als Messinstrument
R1-32,33,34

Protokoll von
Tobias Renz und **Raphael Schmager**

Gruppe: Do-28

Versuchsdatum: 03. November 2011



Versuche P1-32, 33, 34: Das Oszilloskop als Messinstrument

Raum F1-15

Wesentlicher Inhalt des Versuchs ist das Kennenlernen des universellen Messinstruments „Oszilloskop“ und seiner vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten. Ein Oszilloskop ermöglicht es, elektrische Größen zeitabhängig zu untersuchen. Dies erfolgt in einer zweidimensionalen Darstellung der Messgröße als Funktion der Zeit. Die Zeitbasis wird dabei durch eine zeitlineare Sägezahnspannung realisiert. Wird diese Zeitbasis durch eine andere variable Spannung gebildet (X-Y-Betrieb), so kann man auch $U_Y = f(U_X)$ darstellen.

Das klassische Oszilloskop, *Analogoszilloskop*, besteht im Wesentlichen aus einer Elektronenstrahlröhre als Anzeigeelement, Verstärkern für die Eingangssignale, einer Zeitablenkung und einer Triggereinheit. Die analog verstärkte Eingangsspannung und die zeitlineare Sägezahnspannung steuern die Elektronenstrahlröhre (siehe Blockschaltbild). Analoge Oszilloskope werden mehr und mehr von Digitaloszilloskopen verdrängt.

Mit der Entwicklung von Analog/Digital-Wandlern (converter: ADC) können analoge Signale in digitale gewandelt werden. Wird ein analoges Signal vielfach – in festen Zeitschritten – abgetastet und digitalisiert, so erhält man ein digitales Abbild des analogen Signals (siehe Blockschaltbild).

Beim *Combiscope* wird das im Speicher abgelegte digitale Abbild wieder ausgelesen, in ein analoges Signal zurück gewandelt und zur Ansteuerung der Kathodenstrahlröhre eingesetzt. Die Speicherung des digitalen Abbilds gibt dem *Combiscope* einige interessante Vorteile. Da das Einschreiben und Auslesen des Speichers nicht synchron erfolgt, ist es möglich, langsame Signale, die sonst nur als laufende Leuchtpunkte zu betrachten sind, als geschlossene Signalform darzustellen. Außerdem kann das digitalisierte Signal noch ausgewertet werden, auch wenn die Quelle nicht mehr anliegt (Einzelereignis oder Single). Ein typischer Vertreter dieser Kategorie ist das HAMEG HM507, das bei diesem Experiment zu Einsatz kommt.

Die ständige Weiterentwicklung der A/D-Wandler führt zu immer höheren **Abtastraten**, Raten von 1 GS/s (S/s = Samples pro Sekunde = Abtastungen pro Sekunde) und mehr sind heute möglich, so dass reine *Digitaloszilloskope* für den Anwender interessant geworden sind. Die Kathodenstrahlröhre samt HV-Baugruppe wird durch eine preiswerte LCD-Anzeige ersetzt. Dadurch sind sehr kompakte und leichte Geräte herzustellen. Zudem stellen die immer schnelleren Prozessoren und geeignete Software einen nutzbaren Mehrwert dar, insbesondere für exotische **Triggerbedingungen** oder mathematische Weiterverarbeitung der „gesampten“ Signalformen. Inzwischen ist die **Bandbreite**, also die maximal auflösbare Signalfrequenz, weit in den Gigahertz Bereich vorgedrungen. Durch immer schnellere Speicherbausteine ist auch die **Erfassungsrate** nahe an die der Analogtechnik herangekommen. Letztlich ermöglichen es die gesunkenen Preise, dass man sogar im Anfängerpraktikum hier und da ein Digitaloszilloskop finden kann ☺.

Allgemeiner Hinweis: Ein heller ruhender Leuchtpunkt am Schirm des Oszilloskops ist zu vermeiden, da sonst nach kurzer Zeit an dieser Stelle der Schirm einbrennt, d.h. die Leuchtschicht dauerhaft zerstört wird.

Nach dem Einschalten des Oszilloskops oder bei total verstellten Einstellparametern können Sie durch Drücken der „Autoset“-Taste wieder zu einem brauchbaren Satz von Parameterwerten gelangen.

Aufgaben:

1. Kennenlernen der Bedienelemente:

Machen Sie sich zunächst mit den wichtigsten Einstellschaltern auf der Frontplatte des Gerätes und der Menüsteuerung vertraut.

- Eingangsempfindlichkeit (Volt/Division) des Verstärkers,
- Signaleinkopplung (AC, DC, GND)
- Zeitablenkung (Time/Division)
- Triggerkopplung, Triggerlevel, Slope (positive oder negative Flanke)

Stellen Sie auf einem der beiden Eingangskanäle ein stehendes Bild eines Sinussignals dar. Verwenden Sie die im Menü zur Verfügung stehenden Werkzeuge zur Messung Anstiegszeit, Frequenz und Amplitude. Beobachten Sie ein 10 Hz Signal im Analog- und Digitalbetrieb des Oszilloskops.

Hinweis: Die Taste *hold* schaltet bei „Langtastung“ zwischen Analog- und Digitalbetrieb um.

Messwerkzeuge können durch Drücken der Tasten *Select Cursor* und *Measure* angewählt werden.

2. Messungen im Zweikanalbetrieb:

Stellen Sie jeweils zwei Signale über derselben Zeitachse dar. Erproben und diskutieren Sie dabei die Bedeutung von CHOP, DUAL, ADD und TRIG-I/II.

2.1 Eingangssignal (Sinus) und Ausgangssignal eines **Si-Dioden-Einweggleichrichters** mit $1\text{k}\Omega$ Lastwiderstand und mit / ohne Ladekondensator. Untersuchen Sie die Wirkung des Gleichrichters bei verschiedenen Eingangsspannungen (V_{SS} etwa 0,5V; 1V; 8V).

2.2 Eingangssignal (Dreieck, Periodendauer T) und Ausgangssignal eines **RC-Differenziergliedes** ($T \ll RC$, $T \approx RC$, $T \gg RC$).

2.3 Eingangssignal (Rechteck, Periodendauer T) und Ausgangssignal eines **RC-Integriergliedes** ($T \ll RC$, $T \approx RC$, $T \gg RC$).

2.4 Eingangssignal (Sinus an der Reihenschaltung von $R = 1\text{k}\Omega$ und $C = 0,47\mu\text{F}$) und Ausgangssignal (an R) eines **RC-Phasenschiebers**. Stellen Sie die Frequenz so ein, dass $u_{a0} = u_{e0}/2$ gilt. Berechnen Sie die einzustellende Frequenz sowie Vorzeichen und Betrag der erwarteten Phasenverschiebung schon während der Vorbereitung und vergleichen Sie mit den Messwerten.

2.5 Stellen Sie eine frequenzmodulierte Schwingung dar:

$$u(t) = u_0 \cdot \sin\varphi(t) = u_0 \cdot \sin(\Omega_0 \cdot t + (\Delta\omega / \omega) \cdot \sin\omega t + \varphi_0).$$

(u_0 ist die Amplitude der Trägerwelle, Ω_0 die Kreisfrequenz der Trägerwelle, ω die Modulationskreisfrequenz und $\Delta\omega / 2\pi$ der Frequenzhub).

Hinweis: Legen Sie dazu 50mV_{SS}-50Hz-Sinusspannung aus dem Generator 2 an die Buchse VC_{in} von Generator 1, der auf etwa 1,5kHz eingestellt sein soll. Stellen Sie zunächst ein Übersichtsbild mit einigen Modulationsperioden und dann nur Momentanperioden des Trägers dar (AUTO-Triggerung, die nahe beim Nulldurchgang auslöst). Bestimmen Sie den Frequenzhub $\Delta\omega$. Momentankreisfrequenz = $\Omega(t) = d\varphi/dt = \Omega_0 + \Delta\omega \cdot \cos\omega t$.

2.6 Addieren Sie mit Hilfe der ADD-Möglichkeit des Oszilloskops - und **subtrahieren** Sie in wenigstens einem der Fälle mittels zusätzlich INVERT - zwei Signale mit verschiedener / gleicher Amplitude und verschiedener / fast gleicher / gleicher Frequenz aus unabhängigen Generatoren.

Hinweis: Fast gleiche Frequenz führt zu Schwebungen. Gleiche Frequenz wird erreicht mit Hilfe der Möglichkeit, den einen Generator (Generator 2) durch ein Ausgangssignal des anderen Generators (Generator 1) zu synchronisieren.

3 X-Y-Darstellungen

Der Zeitbasisgenerator wird bei 3.1 und 3.2 durch eines der zwei Eingangssignale ersetzt.

3.1 Stellen Sie **Lissajous-Figuren** mit Signalen wie bei Aufgabe 2.6 dar.

Hinweis: Die Phasenverschiebung kann sowohl bei Y-t-Darstellung aus der Zeitdifferenz (siehe Aufgabe 2.4) als auch bei X-Y-Darstellung aus charakteristischen Ellipsenwerten (siehe dazu 'Czech: Oszillographenmeßtechnik') ermittelt werden.

3.2 Stellen Sie **Kennlinien** (Strom über Spannung) nach Schaltskizze 1 dar,
für eine **Z-Diode** (Zener-Diode),
für einen **Kondensator**

Verifizieren Sie die Kennlinie mit der Option Komponententester

4 Speichern Sie einen Einmalvorgang:

Speichern Sie den Spannungsverlauf beim Entladen eines $0,47\mu\text{F}$ -Kondensators

4.1 über den Eingangswiderstand des Oszilloskops (DC-Eingang! Warum?) und

4.2 über den Eingangswiderstand des 10:1-Tastkopfes am Oszilloskop.

Bestimmen Sie mit Hilfe des bekannten Kapazitätswert und den Speicherbildern die **Eingangswiderstände von Oszilloskop und Tastkopf**, und vergleichen Sie diese mit den Herstellerangaben.

Computer-Interface:

Das Oszilloskop ist ausgestattet mit einer RS232-Schnittstelle, die eine vollständige Fernbedienung des Oszilloskops und die Signalübertragung zum Computer ermöglicht. Das dazugehörige Programm wird durch die **SP107-Verknüpfung** aufgerufen.

Die nützlichsten Eigenschaften: Das Oszilloskopbild wird am Computerbildschirm reproduziert und kann auf dem Drucker ausgedruckt werden. Außerdem kann die Folge der Bildpunkte samt allerlei Zusatzinformation in eine EXCEL-Datei geschrieben werden.

Zubehör:

50MHz-Zweikanal-CombiScope HAMEG 507 (Handbuch in der Vorbereitungsmappe und am Platz)

Generator 1: Typ KH 1000 oder KH 1200 (1Hz bis 3MHz; Skaleneichung $\pm 20\%$; $\leq 21V_{ss}$ Ausgangsspannung; Sinus / Dreieck / Rechteck; VCO (Voltage controlled Oscillator), d.h. die Frequenz ist um eine eingestellte Frequenz herum durch eine Steuerspannung CV_{in} veränderlich)

Generator 2: Typ AG 761 oder SRG 418 (mindestens 20Hz bis 100kHz; Skalenteilung $\pm 2\%$; $\leq 20V_{ss}$ Sinus; $\leq 12V_{ss}$ Rechteck; synchronisierbar)

Steckbrett zum Zusammenstecken der Schaltungen

Steckelemente: Si-Diode; 4V-Z-Diode; $1k\Omega \pm 5\%$; $6,8k\Omega \pm 2\%$; $20k\Omega \pm 5\%$; $1M\Omega \pm 10\%$; $1nF \pm 10\%$; $0,47\mu F \pm 1\%$; $0,33H \pm 2\%$

Trenntrafo (1:1, max $50V_{ss}$, max. 5kHz)

verschiedene abgeschirmte Kabel (Koaxialkabel)

verschiedene BNC(Koaxial)-Bananenübergänge

10:1-Tastkopf ($R_e = 10M\Omega$)

Spannungsversorgung für die Kondensatorladung (Aufg. 4)

PC zur Datenerfassung

Literatur:

Czech: *Oszillographen-Messtechnik*

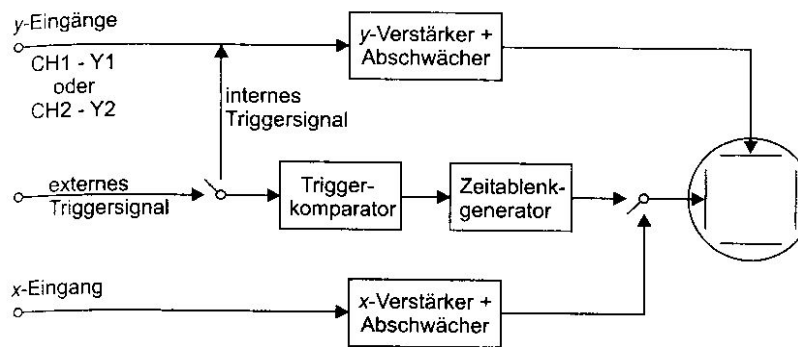
Carter, Schanz: *Kleine Oszillographenlehre*

Beerens, Kerkhofs: *101 Versuche mit dem Oszillographen*

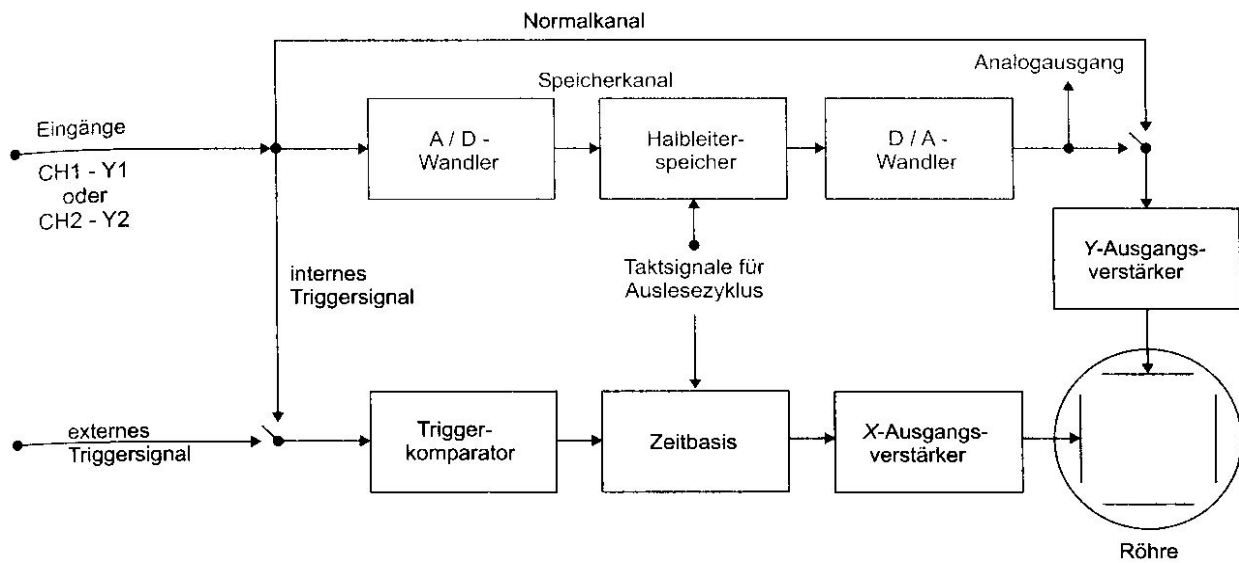
Bigalke: *Messtechnik des Elektronenstrahloszillographen*

Firma HAMEG: Bedienungsanleitung für das HAMEG-Oszilloskop 507

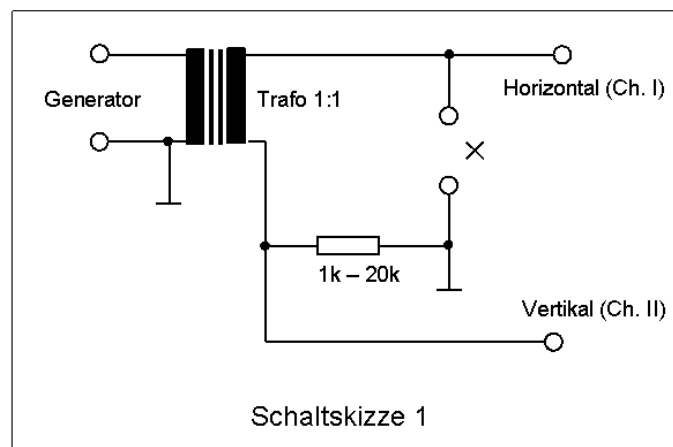
Firma HAMEG: Auszug aus der Beschreibung der 'Oscilloscope Software SP107'



Blockschaltbild eines Analogoszilloskops



Blockschaltbild eines Digitalskops



Physikalisches Anfängerpraktikum - P1

Das Oszilloskop als Messinstrument
P1-32,33,34

Versuchsvorbereitung von
Raphael Schmager

Gruppe: Do-28

Versuchsdatum: 03. November 2011

0 Das Oszilloskop als Messinstrument

Ein Oszilloskop ist ein vielfältiges Messinstrument. Man kann mit ihm sich zeitlich verändernde elektrische Größen messen. Will man Größen wie Stromstärke, Temperaturänderung oder Lichtleistung messen, müssen diese in eine Spannung umgewandelt werden.

Man unterscheidet Analogoszilloskope, die im wesentlichen aus einer Kathodenstrahlröhre, einem y-Verstärker bzw Abschwächer hinter dem Eingang und einer Trigger- sowie Zeitablenkeinheit bestehen. In der Kathodenstrahlröhre werden die an der Kathode emittierten Elektronen durch den Wehneltzylinder zur Anode beschleunigt. Dahinter befinden sich 2 Kondensatoren, die parallel der x- und y-Achse angeordnet sind. Sie dienen zur Ablenkung des Strahls. Auf dem Schrim wird ein 2D Bild erzeugt.

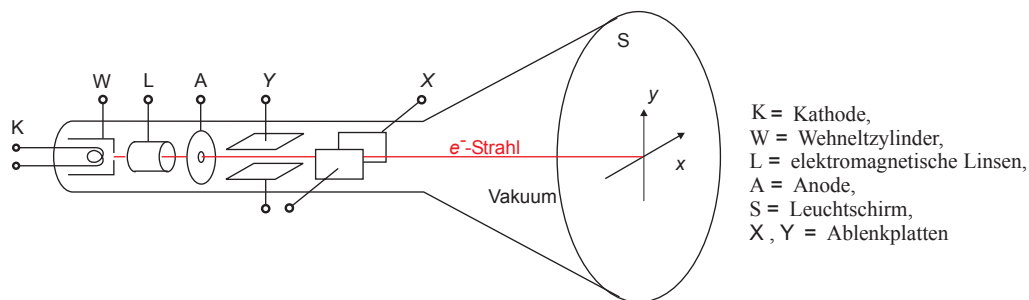


Abbildung 1: Kathodenstrahlröhre

In unserem Versuch verwenden wir ein Combiscope. Hier wird das Analogsignal mittels eines analog/digital- Wandler (ADC) in ein Digitalsignal umgewandelt. Das Signal wird nun an einen internen Speicher weitergegeben. Das Combiscope liest dann das digitale Abbild daraus aus und gibt die Information an die Kathodenstrahlröhre weiter. Ist man im Besitz eines kompletten Digitaloszilloskop, so ist dort die Kathodenstrahlröhre durch eine LCD Anzeige ersetzt.

Die Vorteile eines Combiscope sind ein asynchrones Ein- und Auslesen des Speichers. Damit können langsame Signale als geschlossene Signalform dargestellt werden. Auch Einmalvorgänge lassen sich durch die Speicherung besser untersuchen. Ein Nachteil ist die Begrenzung durch die Abtast- und Erfassungsrate. Das HAMEG 507 (aus dem Versuch) hat eine Abtastrate von 100MS/s und eine Bandbreite von 50MHz. Dies erfüllt gerade das Abtasttheorem, welches besagt, dass die Abtastrate mindestens zwei mal größer sein muss als die Grenzfrequenz (max Bandbreite), um ein Signal rekonstruieren zu können.

1 Kennenlernen der Bedienelemente

1.1 Begriffe und Bedienelemente

1.1.1 Eingangsempfindlichkeit des Verstärkers

Die zu messende Spannung wird nicht direkt an den Ablenkplatten angelegt, sondern wird durch einen vorgeschalteten Verstärker oder Abschwächer an die Bildschirmgröße angepasst. Dies lässt sich am Oszilloskop durch einen Drehschalter VOLTS/DIV einstellen.

1.1.2 Signaleinkopplung

Das Signal kann auf 3 verschiedene Arten eingekoppelt werden.

- **AC:** Geeignet um Wechselstrom zu untersuchen, der Gleichstromanteil wird durch einen Koppelkondensator unterdrückt.
- **DC:** Die Gleichspannung wird direkt an den Verstärker angelegt.
- **GND:** Hierbei wird nur die Masse (GND, Ground) angelegt. Durch die Erdung wird das Signal unterdrückt.

1.1.3 Zeitablenkung

Will man eine sich zeitlich ändernde Spannung untersuchen, zum Beispiel durch anlegen an Y, so würde man nur einen Punkt der sich auf der y-Achse bewegt erkennen. Da die meisten Signale schnell sind und das menschliche Auge ab einer gewissen Frequenz nur einen Strich beobachten würde, ist es sinnvoll in x-Richtung eine periodische Spannung anzulegen. Der Strahl wird nun abgelegt und man kann ein Bild erkennen. Dabei verwendet man die sogenannte Sägezahn- oder Kippspannung. Diese lässt sich durch einen Drehschalter TIME/DIV einstellen.

1.1.4 Triggerung

Die Triggerung wird notwendig, wenn man ein stehendes Bild einer periodischen Wechselspannung angezeigt haben möchte. Die x-Ablenkung (Sägezahnspannung), wird dabei so eingestellt, dass sie immer dann einsetzt, wenn U_y eine vorab eingestellte Höhe (Trigger Level) erreicht hat. Die x-Achse wird als Zeitachse genutzt.

Mit Slope stellt man ein, ob der Trigger bei Anstieg (pos. slope) oder Abfall (neg. slope) auslöst.

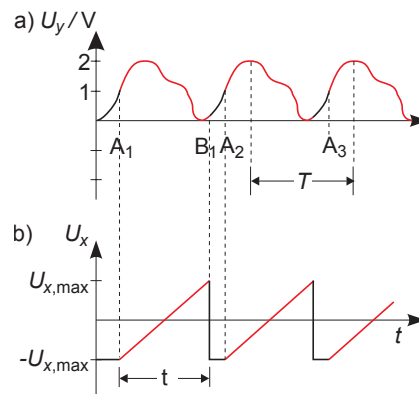


Abbildung 2: Prinzip der Triggerung

1.2 Stehendes Bild eines 10Hz Sinussignals

Es soll ein stehendes Bild eines Sinussignals erstellt werden. Dabei soll mit dem im Menü zur Verfügung stehenden Werkzeugen die Anstiegszeit, die Frequenz und die Amplitude gemessen

werden. Das Signal soll des weiteren im Analog- sowie im Digitalbetrieb des Oszilloskop betrachtet werden.

Ein stehendes Signal erreicht man durch Triggern. Durch Anpassung der Anstiegszeit kann man verschiedene Bereiche des Sinussignals darstellen. Wichtige Bedienelemente sind wohl Select Cursor und Measure. Mit der Taste Hold, kann man durch langes drücken zwischen Analog- und Digitalbetrieb wechseln.

2 Messung im Zweikanalbetrieb

Das Oszilloskop besitzt 2 Eingänge (CH1 und CH2). Die Signale können über der selben Zeitachse betrachtet werden. Es sollen die Bedeutungen von folgenden Begriffen erprobt werden.

- **DUAL:** Beschreibt die normale 2 Kanalbetriebsart. CH1 und CH2 werden gleichzeitig dargestellt. Da es nur eine Kathodenstrahlröhre gibt, werden beide Signale mit hoher Frequenz alternierend gezeichnet. Das heißt bei einem Durchlauf zeichnet das Oszilloskop stets beide Kurven.
- **CHOP:** Das Signal wird “zerhackt”. Bei jedem horizontalem Durchlauf des Elektronenstrahls wird abwechselnd entweder das Signal des ersten oder zweiten Kanals gezeichnet.
- **ADD:** Hiermit lassen sich die Signale addieren bzw. mit invert auch subtrahieren.
- **TRIG-I/II:** Damit werden die Kanäle gewechselt. Also entweder CH1 oder CH2 angezeigt.

2.1 SI-Dioden-Einweggleichrichter

- **Eingangssignal:** Sinus
- **Ausgangssignal:** SI-Dioden-Einweggleichrichter

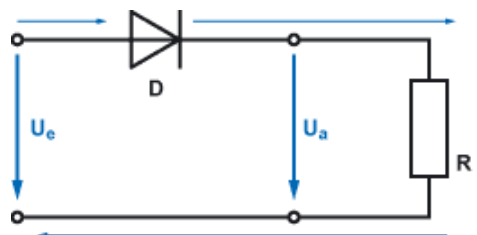


Abbildung 3: Schaltskizze: SI-Dioden-Einweggleichrichter

Beide Signale sollen am Oszilloskop dargestellt werden. Der SI-Dioden-Einweggleichrichter besteht aus einem $1k\Omega$ Lastwiderstand. Dieser belastet das Quellgerät, welches die Spannung liefert. Die Ausgangsspannung wird über dem Widerstand abgegriffen. Die SI-Diode lässt den Strom ab einer gewissen Spannung (Schwellenspannung) nur in eine Richtung (Durchflussrichtung) passieren.

Die Eingangsspannung soll variiert werden (z.B. 0,5V, 1V und 8V). Durch die Eigenschaften

der SI-Diode wird bei kleiner Spannung wohl kein Ausgangssignal zu beobachten sein. Außerdem soll noch ein Ladekondensator dazwischengeschaltet werden. Dieser wird das Signal bei hohen Frequenzen glätten, bei niedrigen hat der Kondensator einen großen Widerstand und man wird wohl nichts beobachten.

2.2 RC-Differenzierglied

- **Eingangssignal:** Dreieck mit Periodendauer T
- **Ausgangssignal:** RC-Differenzierer

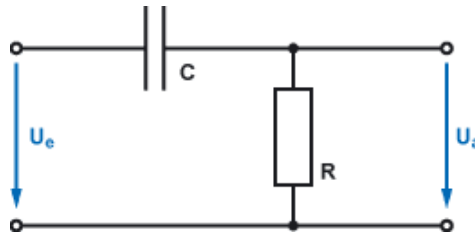


Abbildung 4: Schaltskizze: RC-Differenzierglied

Hierzu wird eine RC-Schaltung aufgebaut. Also eine in Reihe geschalteter Kondensator und Ohmscher Widerstand. Die Ausgangsspannung U_A wird über dem Ohmschen Widerstand R gemessen. Die Spannung die über ihm abfällt hängt nun je nach Eingangsfrequenz von der Spannung $U = \frac{Q}{C}$ des Kondensators ab.

$$U_A = RI = R\dot{Q} = RC\dot{U} \quad (1)$$

Es sollen folgende Fälle untersucht werden:

- $T \ll RC$: Die Periodendauer ist klein. Der Kondensator hat nicht genügend Zeit um sich komplett auf- bzw zu entladen. Fast die komplette Spannung fällt somit am Ohmschen Widerstand ab ($U_E \approx U_R$).
- $T \approx RC$: Die beiden Impedanzen haben etwa die gleiche Größe. Es entsteht ein gedämpftes und phasenverschobenes Signal bei dem der Lade und Entladevorgang zu sehen ist.
- $T \gg RC$: Hier differenziert die Schaltung. Fast die ganze Spannung fällt am Kondensator ab $U_E \approx U_C$. Aus dem Dreieck-Eingangssignal wird eine Rechteckspannung.

2.3 RC-Integrierglied

- **Eingangssignal:** Rechteck mit Periodendauer T
- **Ausgangssignal:** RC-Integrierer

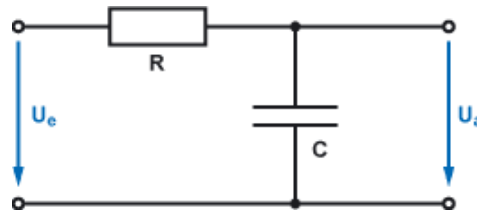


Abbildung 5: Schaltskizze: RC-Integrierglied

Im Prinzip ist die Schaltung wie beim RC-Differenzzierglied. Nun werden nur Kondensator und Ohmscher Widerstand getauscht, so dass die Ausgangsspannung über dem Kondensator abgegriffen wird. Zur Herleitung:

$$U_A = \frac{Q}{C} = \frac{1}{C} \int I dt = \frac{1}{RC} \int U_E dt \quad (2)$$

Es sollen nun wieder folgende Fälle untersucht werden:

- $T \ll RC$: Fast die ganze Spannung fällt über dem Ohmschen Widerstand ab. $U_R \approx U_E$. Die Schaltung integriert nun. Das Rechtecksignal wird zu einem Dreiecksignal.
- $T \approx RC$: Sind die Widerstände gleich groß, so wird das Eingangssignal, wie schon beim RC-Differenzierer gedämpft und Phasenverschoben.
- $T \gg RC$: Fast die gesamte Spannung fällt über dem Kondensator ab. Die Ausgangsspannung entspricht wohl der gedämpften Eingangsspannung

2.4 RC-Phasenschieber

- **Eingangssignal:** Sinusförmige Wechselspannung
- **Ausgangssignal:** RC-Phasenschieber

Die Schaltung ist die des RC-Differenzzierglieds. Die Spannung wird also über dem Ohmschen Widerstand gemessen. Für Eingangs- und Ausgangsspannung gilt folgender Zusammenhang:

$$U_E = Z_{Ges} \cdot I \quad (3)$$

$$U_A = RI \quad (4)$$

Es soll nun die Frequenz $f = \frac{\omega}{2\pi}$ so bestimmt werden, dass gilt:

$$U_A = \frac{U_E}{2} \quad (5)$$

Hieraus ergibt sich dann:

$$U_A = RI = \frac{U_E R}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}} \Rightarrow f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{3}} \quad (6)$$

Setzt man nun den Ohmsche Widerstand $R = 1k\Omega$ und die Kapazität von $C = 0,47\mu F$ ein, so ergibt sich eine Frequenz von $f = 195,5Hz$.

Als letztes soll noch die Phasenverschiebung bestimmt werden:

$$\tan \phi = \frac{\Im Z}{\Re Z} \Rightarrow \phi = \arctan\left(\frac{-1}{\omega CR}\right) \Rightarrow \phi = -60^\circ \quad (7)$$

2.5 Frequenzmodulierte Schwingung

Es soll eine frequenzmodulierte Schwingung dargestellt werden. Dies wird erreicht, indem man die zwei Generatoren hintereinander schaltet. Generator 2 (50mV-50Hz) an Buchse VC_{in} von Generator 1 (etwa 1,5kHz). Das Signal hat die Form:

$$u(t) = u_0 \sin \phi(t) = u_0 \sin(\Omega_0 t + (\frac{\Delta\omega}{\omega}) \cdot \sin \omega t + \phi_0) \quad (8)$$

Gesucht ist nun der Frequenzhub $\Delta\omega$ und die Mometankreisfrequenz:

$$\Omega(t) = \frac{d\phi}{dt} = \Omega_0 + \Delta\omega_0 + const. \quad (9)$$

2.6 Addieren & Subtrahieren

Es soll mit der Add-Möglichkeit addiert und mit Invert mindestens einmal auch subtrahiert werden. Dabei sollen zwei Signale verschiedener / gleicher Amplituden und verschiedener / fast gleicher / gleicher Frequenz aus den 2 Generatoren verwendet werden. Bei gleichen Frequenzen wird die Synchronisation der Generatoren durch ein Ausgangssignal von Generator 1 zu Generator 2 erreicht.

Bei fast gleicher Frequenz tritt wahrscheinlich eine Schwebung auf, bei genau gleicher wohl eine Addition.

3 X-Y-Darstellung

Nun wird der Zeitbasisgenerator durch eines der zwei Eingangssignale ersetzt. Das heißt es wird CH1 über CH2 aufgetragen. Auf dem Oszillatorschirm wird damit $U_Y = f(U_X)$ dargestellt.

3.1 Lissajous-Figuren

Durch eine Phasendifferenz der Schwingung am x- und y-Eingang gibt es unterschiedliche Bilder. Sind beispielsweise die Frequenzen gleich und die Phasenverschiebung Null, so ergibt sich ein Kreis. Bei Variation der Phase einer Schwingung gibt es Ellipsen. $x(t)$ und $y(t)$ stellen somit die Parameterdarstellung einer Ellipse dar:

$$x(t) = a \sin(2\pi ft) \quad (10)$$

$$y(t) = b \sin(2\pi ft + \phi) \quad (11)$$

Bei gleichen Frequenzen ergeben sich folgende Lissajous-Figuren.

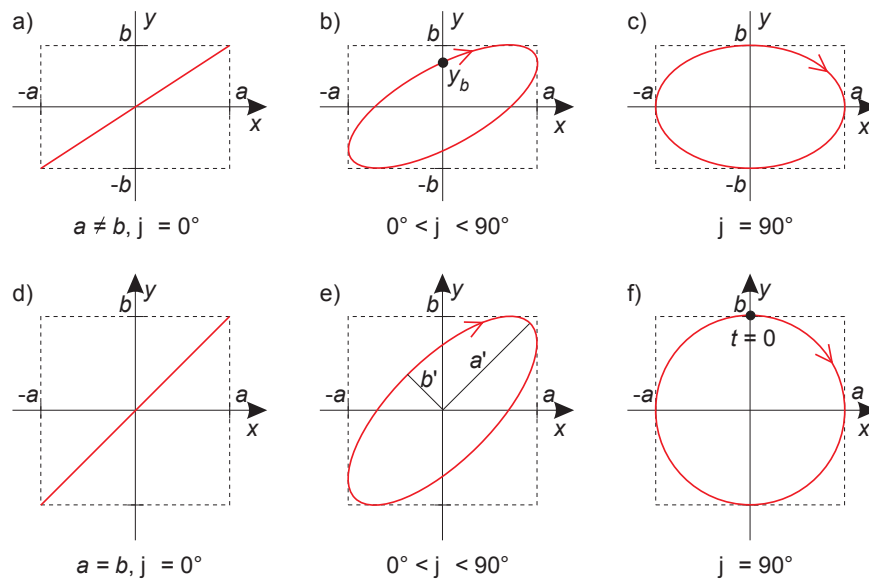


Abbildung 6: Lissajous-Figuren bei gleichen Frequenzen

Die Phasenverschiebung bei gleicher Frequenz lässt sich durch:

$$\sin \phi = \frac{y_b}{b} \quad (12)$$

berechnen.

Bei unterschiedlichen Frequenzen gibt es komplizierte Bilder. Stehen die angelegten Wechselspannungen in einem rationalen Verhältnis $\frac{m}{n}$, so ergeben sich stehende Figuren. Ist eine der Frequenzen bekannt, so ergibt sich die andere über:

$$f = \frac{m}{n} f_0 \quad (13)$$

Bestimmung von m und n:

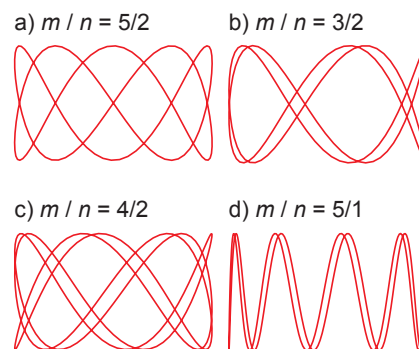


Abbildung 7: Lissajous-Figuren bei unterschiedlichen Frequenzen

- **m** Anzahl der Umkehrpunkte an oberen und unterem Rand
- **n** Anzahl der Umkehrpunkte an linkem und rechtem Rand

3.2 Kennlinien

Die Kennlinie beschreibt den charakteristischen Zusammenhang zwischen Strom und Spannung bei zweipoligen elektrischen Bauelementen. Dabei wird der Strom über der Spannung aufgetragen. Die zu untersuchende Bauteile sollen in Schaltung 1 eingesetzt werden.

3.2.1 Kennlinie einer Z-Diode (Zener-Diode)

Die Z-Diode ist eine besonders dotierte SI-Diode mit einer geringen Sperrschicht. Das heißt sie arbeitet in Durchlassrichtung normal und in Sperrichtung wird sie ab einer bestimmten Spannung (Sperrspannung) niederohmig und lässt den Strom durch.

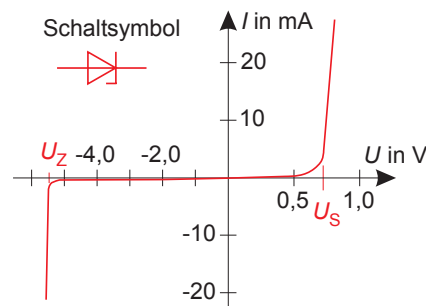


Abbildung 8: Kennlinie einer Z-Diode

3.2.2 Kennlinie eines Kondensators

Bei einem idealen Kondensator würde sich ein Kreis abzeichnen, da hier nur ein Blindwiderstand, aber kein Wirkwiderstand existiert. Hier wäre die Phasendifferenz also gerade $\phi = \frac{\pi}{2}$. Da wir jedoch einen Realen Kondensator haben wird sich wahrscheinlich eine (Art) Ellipse ergeben.

3.3 Verifizierung

Die Ergebnisse sollen nun mit der Option "Komponententester" verifiziert werden.

4 Speicherung eines Einmalvorgangs

Es soll der Spannungsverlauf beim Entladen eines $0,47\mu\text{F}$ Kondensators gespeichert werden.

- 1 Über den Eingangswiderstand des Oszilloskops am CD Eingang (DC, weil bei AC vor dem Verstärker noch ein Kopplungskondensator geschaltet ist).
- 2 Über den Eingangswiderstand des 10:1-Tastknopfs am Oszillator.

Mit Hilfe des bekannten Kapazitätswerts und den Speicherbilder können die Eingangswiderstände am Oszilloskop und Tastknopf bestimmt werden. Für den Entladevorgang gilt:

$$U(t) = U_0 e^{-\frac{t}{RC}} \Rightarrow R = -\frac{t}{\ln\left(\frac{U(t)}{U_0}\right) \cdot C} \quad (14)$$

Dem Datenblatt ist die Eingangsimpedanz von $1k\Omega$ zu entnehmen. Für den 10:1-Tastknopf ergibt sich somit ein Eingangswiderstand von $10M\Omega$.

5 Quellen

- H. J. Eichler H.-D. Kronfeldt J. Sahm, Das Neue Physikalische Grundpraktikum, 2. Auflage, Springer-Verlag
- Vorbereitungsmappe
- Schaltskizze Gleichrichter:
<https://www.elektronik-kompodium.de/sites/slt/0201071.htm> (Mi, 2.11. 22:30Uhr)
- Schaltskizze RC-Differenzierer und Integrierer:
<https://www.elektronik-kompodium.de/sites/slt/0206173.htm> (Mi, 2.11. 22:35Uhr)

Physik Praktikum 1

Geometrische Optik

Renz Tobias

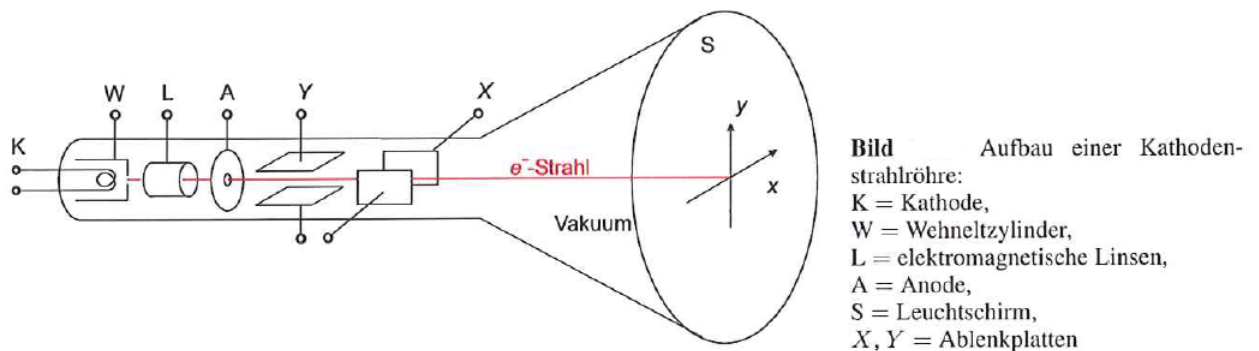
Matrikel Nr. 1581784

3.November 2011

Versuchsvorbereitung

Oszilloskop als Messinstrument

Ein Oszilloskop ist ein elektrisches Messinstrument, das universell eingesetzt werden kann. Mit Hilfe eines Oszilloskopes lassen sich elektrische Spannungen, die sich zeitlich schnell ändern, gut darstellen. Auch andere Größen, welche in Spannungen umgewandelt werden können, lassen sich damit darstellen. Sehr gut eignet es sich zur Darstellung periodischer Funktionen.



Ein Analogoszilloskop besteht im wesentlichen aus einer Kathodenstrahlröhre, Verstärkern für die Eingangsspannungen, einer Triggereinheit und einer Zeitablenkung. Die aus der Kathode austretenden Elektronen werden durch die Anodenspannung in Richtung des Schirmes beschleunigt. Treffen die Elektronen auf den Schirm erzeugen sie einen Leuchtfleck. Der Elektronenstrahl kann nun durch zwei senkrecht zueinander stehenden Plattenkondensatoren abgelenkt werden. In diesem Versuch verwenden wir kein analoges sondern ein digitales Oszilloskop. Bei einem digitalen Oszilloskop wird das analoge Signal vielfach abgetastet und mit Hilfe eines Analog/Digital-Wandlers in ein digitales Signal umgewandelt. Bei dem im Versuch verwendeten "Combiscope" wird das analoge Signal digitalisiert und abgespeichert. Dieses digitale Abbild wird dann ausgelesen und in ein analoges Signal zurück gewandelt um eine Kathodenstrahlröhre anzusteuern. Diese Speicherung gibt dem Oszilloskop bestimmte Vorteile. Zum einen können nicht mehr anliegende Signale trotzdem noch ausgewertet werden, zum anderen ist es möglich langsame Signale als geschlossenes Signalform darzustellen, da das Einschreiben und Auslesen nicht synchron erfolgt.

1 Kennenlernen der Bedienelemente:

Zu Beginn des Versuches soll man sich in dieser Aufgabe zunächst einmal mit den wichtigsten Bedienelementen vertraut machen.

1.1 Die wichtigsten Bedienelemente:

- Eingangsempfindlichkeit des Verstärkers:

Die zu messenden Spannungen werden nicht direkt an die Ablenkplatten gelegt, es wird ein kalibrierter Verstärker oder Abschwächer dazwischen geschaltet. Dadurch kann man die Spannungsempfindlichkeit mit dem Drehschalter Volt/Division verändert werden.

- Signaleinkopplung (AC,DC,GND):

Über diesen Regler kann zwischen drei verschiedenen Kopplungen gewählt werden. Bei der Stellung AC wird die Eingangsspannung über einen Koppelkondensator an den Vorverstärker gelegt. Dieser Kondensator unterdrückt den Gleichspannungsanteil und es kann der Wechselspannungsanteil gemessen werden.

Bei DC ist die Spannung direkt an den Verstärker angelegt.

Bei GND ist der zugehörige Spannungseingang geerdet und das Signal wird dadurch unterdrückt.

- Zeitablenkung:

Legt man eine zeitabhängige Spannung an einen Eingang (z.B. Y), dann bewegt sich der Leuchtpunkt in vertikaler Richtung. Bei schnell veränderlichen Spannungen würde man nur noch einen senkrechten Strich sehen. Um den zeitlichen Verlauf der Spannung darzustellen, legt man eine zusätzliche Spannung, dies sog. Sägezahnspannung, an den x-Eingang. Dadurch wird mit ansteigender U_x Spannung der Leuchtpunkt in horizontaler Richtung nach rechts abgelenkt. Nach der Zeit τ befindet sich der Leuchtpunkt am rechten Rand des Bildschirms. Die Zeit kann nun über Time/Division eingestellt werden.

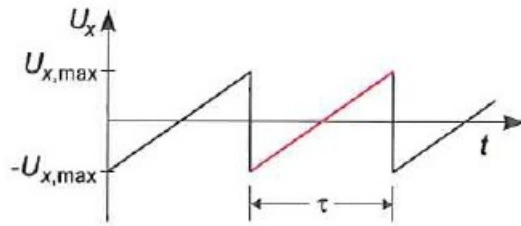


Bild Sägezahnspannung als Zeitablenkspannung in einem Oszilloskop

- Triggerkopplung:

Möchte man, dass die Zeitablenkung zu einem wohl definierten Zeitpunkt beginnt, benötigt man eine getriggerte Zeitablenkung. Dies erreicht man, indem man die x-Ablenkung (=Sägezahnspannung) immer dann einsetzen lässt, wenn die Spannung U_Y eine vorgegebene Höhe erreicht hat. Eine Triggerspannung kann entweder von außen (externe Triggerquelle) oder intern angelegt werden.

Es gibt zwei verschiedene Triggerarten, Normal und Auto, die eingestellt werden können.

Bei der Einstellung Auto wird die Ablenkung regelmäßig ausgelöst, wenn der Leuchtstrahl eine volle Auslenkung über den Bildschirm beendet hat.

Ist auf Normal eingestellt, dann setzt die Ablenkung genau dann ein wenn die Spannung einen bestimmten Wert überschreitet. Man kann dann noch zusätzlich einstellen ob die Darstellung auf der ansteigenden (positiven) Flanke oder der abfallenden Flanke beginnen soll.

1.2 Erstellen eines stehenden Bildes:

Es soll nun auf einem der Beiden Eingangskanäle ein stehendes Bild eines Sinussignals dargestellt werden und mit den im Menü zur Verfügung stehenden die Anstiegszeit, die Frequenz und die Amplitude gemessen werden. Ein stehendes Bild wird über Triggerung erreicht. Die Zeitablenkung wird bei einem bestimmten Wert gestartet und durchläuft in der Zeit τ (Sägezahnanstiegszeit) die Schirmbreite. Nach der Zeit τ befindet sich dann der Leuchtpunkt am rechten Rand des Schirmes und springt dann wieder auf $-U_{max}$ zurück. Das Signal steigt aber erst dann wieder an wenn der eingestellte Wert bei der nächsten Periode wieder erreicht wird. Dadurch wird immer ein gleicher Ausschnitt des

Signals als stehendes Bild dargestellt. Durch Änderung der Anstiegszeit τ können dann verschiedene Teile des Sinussignals auf dem Oszilloskop sichtbar gemacht werden. Ist $\tau = T$ (Periodenzeit) so erscheint eine Periode auf dem Schirm. Ist τ kleiner als T so ist nur ein Teil der Periode dargestellt.

Das Sinussignal soll sowohl im Analog- als auch Digitalbetrieb des Oszilloskop beobachtet werden. Über die Taste "Hold" kann zwischen Analog und Digital umgestellt werden.

2 Messung im Zweikanalbetrieb:

Das Oszilloskop kann zwei Signale (CH1 und CH2) über der selben Zeitachse darstellen. Dieses Oszilloskop hat zwar nur ein Einstrahlrohrsystem aber durch schnelle elektrische Umschaltung der Kanäle können beide Signale als durchgehende Linie dargestellt werden. Im Zweikanalbetrieb gibt es verschiedene Einstellungsmöglichkeiten:

- DUAL:

Alle Kanalbezogenen Bedienelement sind wirksam, das Gerät ist auf Zweikanalbetrieb eingestellt.

- chp:

In dieser Einstellung erfolgt die Kanalumstellung automatisch in den Zeitbereichen von $500\text{ms}/\text{div}$ bis $500\mu\text{s}/\text{div}$. Es wird ständig zwischen CH1 und CH2 gewechselt.

- ADD:

Im Additionsbetrieb werden die zwei Signale addiert bzw. subtrahiert.

- TRIG-I/II:

Es kann zwischen den beiden Kanälen umgeschaltet werden. Es wird dann aber immer nur ein Signal angezeigt.

2.1 Si-Dioden-Einweggleichrichters:

Es soll als Eingangssignal eine sinusförmige Wechselspannung an einen Si-Dioden-Einweggleichrichter angeschlossen werden. Dann sollen das Eingangs- und das Ausgangssignal zeitgleich mit dem Oszilloskop dargestellt werden. Der Si-Dioden-Einweggleichrichter besteht aus einer Si-Diode und einem Lastwiderstand von $1k\Omega$. Die Ausgangsspannung wird über den Widerstand abgegriffen. Eine Si-Diode lässt erst ab einer bestimmten Spannung Strom durch und dann nur in eine Richtung. Ich erwarte deshalb, dass bei zu geringen Spannungen kein Ausgangssignal sichtbar ist und ab einer bestimmten Spannung nur der positive Teil der Sinusschwingung übrig bleibt.

Im zweiten Teil wird noch zusätzlich ein Kondensator dazwischengeschaltet. Ich erwarte, dass der Kondensator die Ausgangsspannung glättet.

2.2 RC-Differenzierglied:

Hier soll als Eingangssignal eine Dreiecksspannung mit der Periode T an ein RC-Differenzierglied angeschlossen werden. Das Ausgangssignal wird am Widerstand gemessen.

Ein RC-Differenzierglied besteht aus einem Widerstand und einem Kondensator, die in Reihe geschaltet sind.

Die Spannung $U_A = R \cdot I$ wird am Kondensator gemessen und der Betrag der Impedanz ergibt sich zu: $|z| = R\sqrt{1 + \frac{T^2}{4\pi^2 \cdot C^2 \cdot R^2}}$. Es müssen jetzt drei Fälle unterschieden werden:

- $T \ll RC$:

Bei diesem Fall wird die Gesamtimpedanz zu R . Das heißt, dass sich die Eingangsspannung so schnell ändert, dass der Kondensator so gut wie keinen Einfluss hat auf den Spannungsverlauf hat. Ich erwarte deshalb, dass das Ausgangssignal gleich wie das Eingangssignal ist, mit einer leichten Dämpfung.

- $T \approx RC$:

Die Impedanz des Kondensators und des Widerstands haben die gleiche Größenordnung. Ich erwarte deshalb ein gedämpftes und Phasenverschobenes Ausgangssignal, bei dem der Lade bzw. Entladevorgang zu sehen ist.

- $T \gg RC$: Hier kann die Auswirkung des Widerstandes auf den Spannungsverlauf vernachlässigt werden. Dann wird $U_A = R \cdot I = R \cdot \dot{Q} = R \cdot C \cdot \dot{U}_C = R \cdot I \cdot \dot{U}_E$. In diesem Fall wirkt die Schaltung als Differenzierer und deshalb erwarte ich ein rechteckiges Ausgangssignal.

2.3 RC-Integrierglied:

Ein RC- Integrierglied besteht wie der Differenzierer aus einem Widerstand und einem Kondensator. Der Unterschied ist, dass die Ausgangsspannung am Kondensator gemessen wird. Als Eingangssignal(U_E) haben wir eine Rechteckspannung.

Auch hier müssen die drei Fälle untersucht werden:

- $T \ll RC$:

Es ist die wie beim Differenzierer so, dass der Einfluss des Kondensators vernachlässigt werden kann. Es ist also $U_E \approx U_R$. Damit wird $U_A = \frac{Q}{C} = \frac{1}{C} \int I = \frac{1}{RC} \int U_E$. Das Ausgangssignal ist proportional zum Integral über die Eingangsfunktion. Ich erwarte deshalb eine dreieckige Ausgangsspannung.

- $T \approx RC$:

Die Impedanzen von Widerstand und Kondensator haben wieder die gleiche Größenordnung. Ich erwarte deshalb wieder ein gedämpftes Ausgangssignal bei dem die Lade bzw. Entladekurven des Kondensators zu sehen sein sollten.

- $T \gg RC$:

Der Widerstand ist vernachlässigbar und fast die gesamte Spannung fällt am Kondensator ab. Ich erwarte deshalb, dass das Ausgangssignal ungefähr gleich dem Eingangssignal sein müsste. Es könnte sein, dass es um 90° Phasenverschoben ist.

2.4 RC-Phasenschieber:

Es wird das Eingangssignal einer sinusförmigen Wechselspannung an einen RC-Phasenschieber angeschlossen. Der RC-Phasenschieber besteht aus einem Widerstand und einem Kondensator, die in Reihe geschaltet sind. Die Spannung wird wie beim Differenzierer am Widerstand gemessen.

Die Eingangsspannung (U_E) hängt mit der Impedanz (Z_{Ges}) über $U_E = Z_{Ges} \cdot I$ zusammen. Somit ergibt sich für die Ausgangsspannung (U_A) $U_A = R \cdot I = \frac{R \cdot U_E}{Z_{Ges}}$ Es soll nun die Frequenz ($f = \frac{\omega}{2\pi}$) so bestimmt werden, dass $U_A = \frac{U_E}{2}$ ist.

Dazu benötigen wir den Betrag der Gesamtimpedanz $|Z_{Ges}| = \sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}$ Damit ergibt sich:

$$U_A = \frac{R \cdot U_E}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 \cdot C^2}}} = \frac{U_E}{2}$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{1}{R \cdot C \cdot \sqrt{3}}$$

mit $R = 1k\Omega$ und $C = 0,47 \mu F$ ergibt sich $f \approx 195,5 \text{ Hz}$

Nun soll noch die Phasenverschiebung berechnet werden. Die Phasenverschiebung (ϕ) kann aus $\tan(\phi) = \frac{\text{Imaginrteil von } Z}{\text{Realteil von } Z}$ berechnet werden.

$$\tan(\phi) = \frac{-1}{\omega \cdot C \cdot R}$$

$$\Rightarrow \phi = \arctan\left(\frac{-1}{R \cdot \omega \cdot C}\right) \text{ und mit unseren Werten } \phi = -60^\circ$$

2.5 Darstellung einer frequenzmodulierten Schwingung:

Es soll ein Signal der Form : $U(t) = U_0 \cdot \sin\phi(t) = U_0 \cdot \sin(\Omega_0 \cdot t + (\frac{\Delta\omega}{\omega}) \cdot \sin\omega t + \phi_0)$ auf dem Oszilloskop dargestellt werden. Dies erreicht man, indem man zwei Generatoren hintereinander schaltet. Es soll dann der Frequenzhub $\Delta\omega$ und die Momentankreisfrequenz $= \Omega(t) = \frac{d\phi}{dt} = \Omega_0 + \Delta\omega \cdot \cos\omega t$ bestimmt werden.

2.6 Addieren:

In dieser Aufgabe soll mit Hilfe der ADD-Möglichkeit des Oszilloskops addiert und in wenigstens einem der Fälle mittels INVERT subtrahiert werden. Es sollen nun folgende Fälle untersucht werden: verschiedener/gleicher Amplitude und verschiedener/fast gleicher/gleicher Frequenz.

Ich erwarte, dass bei gleicher Frequenz sich die Amplituden addieren und bei fast gleicher Frequenz Schwebungen entstehen.

3 X-Y Darstellung:

In diesem Teil wird nun der Zeitbasisgenerator durch eines der beiden Eingangssignale ersetzt.

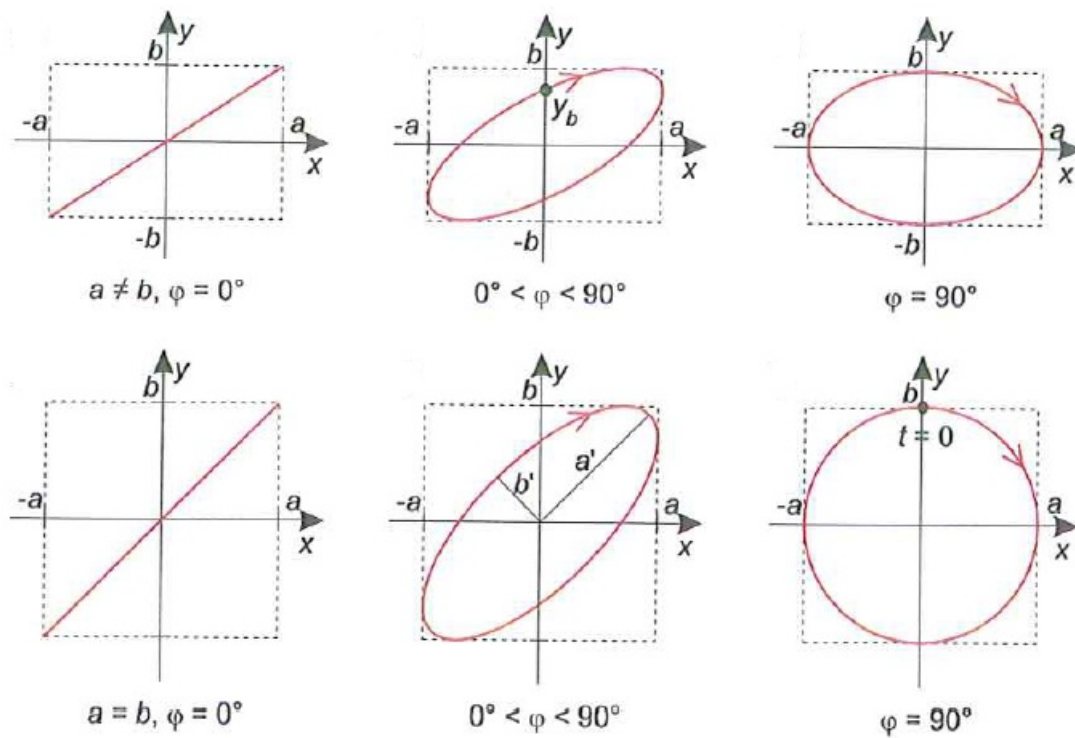
3.1 Lissajous-Figuren:

Lissajous-Figuren werden dadurch erreicht, dass zwei Schwingungen gegeneinander aufgetragen werden.

Haben die beiden Schwingungen die gleiche Frequenz f kann die Phasenverschiebung über die Lissajous-Figuren bestimmt werden. Die beiden Spannungen werden dann an den x bzw. y Eingang gelegt.

$$x = a \sin(2\pi ft) \text{ und } y = b \sin(2\pi ft + \phi)$$

Die beiden Gleichung stellen eine Parameterdarstellung einer Ellipse dar.



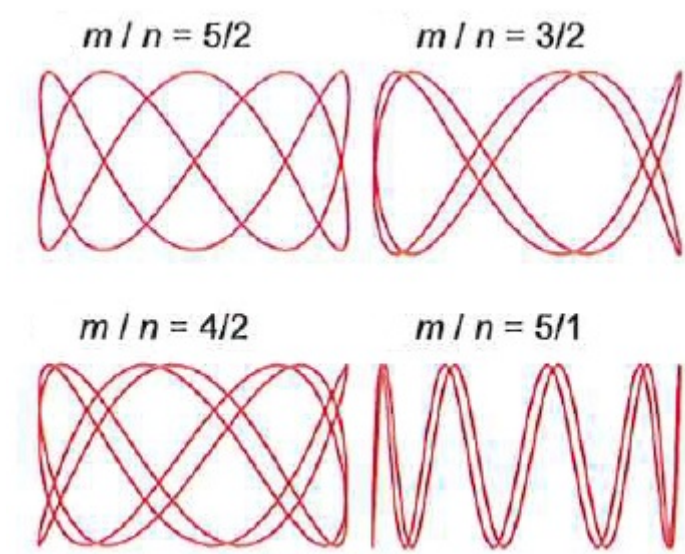
Die Phasenverschiebung kann den experimentell aus den Figuren bestimmt werden. Man benötigt dazu die Werte für b sowie den Schnittpunkt y_b der Ellipse mit der y -Achse.

$$\sin \phi = \frac{y_b}{b}$$

Sind die Frequenzen der beiden Schwingungen hingegen nicht gleich ergeben sich keine Ellipsen mehr sondern kompliziertere Bilder. Stehen die Frequenzen der beiden angelegten Wechselspannungen in einem rationalen Verhältnis m/n ergeben sich stehende Figuren. Ist eine Frequenz (f_0) bekannt kann dann die andere Frequenz ermittelt werden.

$$f = \frac{m}{n} \cdot f_0$$

m und n werden über die Figuren wie folgt ermittelt:



3.2 Kennlinien:

Kennlinien sind für Bauteile charakteristisch. Man erhält sie indem man den Strom über die Spannung aufträgt. Die Bauteile werden wie in Schaltskizze 1 eingebaut.

3.3 Kennlinie einer Z-Diode:

Die Zener-Diode ist eine besonders dotierte Silicium Diode. In Durchlassrichtung arbeitet die Z-Diode wie eine normale Si-Diode und lässt den Strom ab einer Schwellenspannung durch. Schaltet man die Diode hingegen in Sperrrichtung fließt so gut wie kein Strom.

Erhöht man nun aber die Spannung tritt der sogenannte Zenereffekt (bei ca. 5V) ein und die Diode lässt den Strom nun auch in Sperrrichtung durch.

Ich erwarte deshalb folgende Kennlinie:

3.3.1 Kennlinie eines Kondensators:

Ein idealer Kondensator hat eine Impedanz von $Z = \frac{-i}{\omega C}$ er besitzt somit nur einen "Blindwiderstand" und keinen Wirkwiderstand. Daraus ergibt sich dann eine Phasenverschiebung um 90° zwischen Strom und Spannung. Die Kennlinie eines Kondensators müsste demnach ein Kreis sein. Da aber jeder Widerstand einen Wirkwiderstand besitzt ist die Phasenverschiebung nicht genau 90° und es ergibt sich eine Ellipse.

4 Speichern eines Einmalvorgangs:

Es soll der Spannungsverlauf beim Entladen eines $0,47\mu\text{F}$ Kondensators über den Eingangswiderstand des Oszilloskops (DC-Eingang) und über den Eingangswiderstand des 10:1 Tastkopfes gespeichert werden. Mit Hilfe des bekannten Kapazitätswertes und den Speicherbildern sollen dann die Eingangswiderstände von Oszilloskop und Tastkopf bestimmt werden.

Für den Spannungsverlauf beim Entladevorgang gilt:

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

$$\Rightarrow R = \frac{-t}{\ln\left(\frac{U(t)}{U_0}\right)C}$$

U_0 , $U(t)$ und t können dann aus dem Speicherbild entnommen werden.

Ich vermute wir sollen den DC-Eingang wählen, da dieser direkt an den Verstärker gelegt ist und nicht wie beim AC-Eingang noch ein Kopplungskondensator vorgeschaltet ist.

5 Quellen

- Versuchsvorbereitung
- Demtröder Experimentalphysik 2 1995
- <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/bau/0201211.htm>

Physikalisches Anfängerpraktikum - P1

Das Oszilloskop als Messinstrument
R1-32,33,34

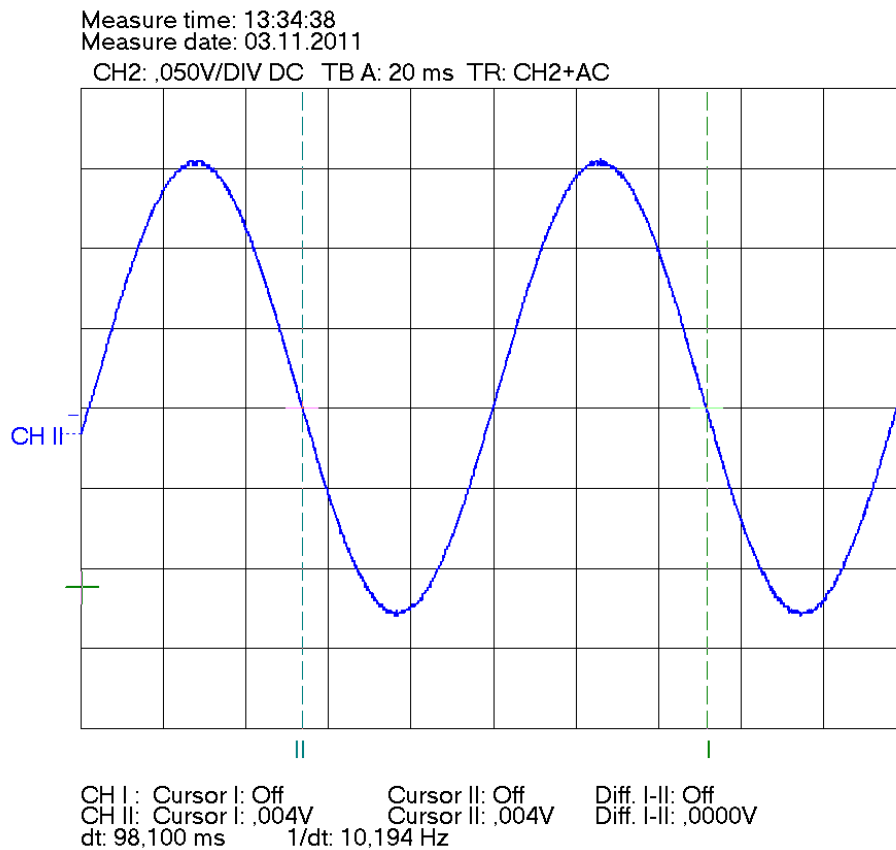
Protokoll von
Tobias Renz und **Raphael Schmager**

Gruppe: Do-28

Versuchsdatum: 03. November 2011

1 Kennenlernen der Bedienelemente

Zu Beginn des Versuches sollte man sich zuerst einmal mit den wichtigsten Bedienelementen vertraut machen und sich ein stehendes Sinussignal im Digital- und Analogbetrieb anschauen. Wir haben mit Hilfe des Frequenzgenerators ein 10 Hz Sinussignal erzeugt und als stehendes Bild am Oszilloskop angeschaut. Im Analogbetrieb war nur ein Leuchtpunkt zu sehen, der das Sinussignal zeichnet. Im Digitalbetrieb hingegen konnte man sich das Signal als ganzes anschauen, da das Bild im Digitalbetrieb gespeichert wird. Im Digitalbetrieb kann man dann auch geschickt mit den zur Verfügung stehenden Werkzeugen verschiedene Größen messen.



1.1 Sinussignal mit 10Hz

Wir haben die Frequenz, die Amplitude und die Anstiegszeit gemessen und haben folgende Werte bekommen:

- Frequenz: 10Hz
- Amplitude: 142mV
- Anstiegszeit: 29,8ms

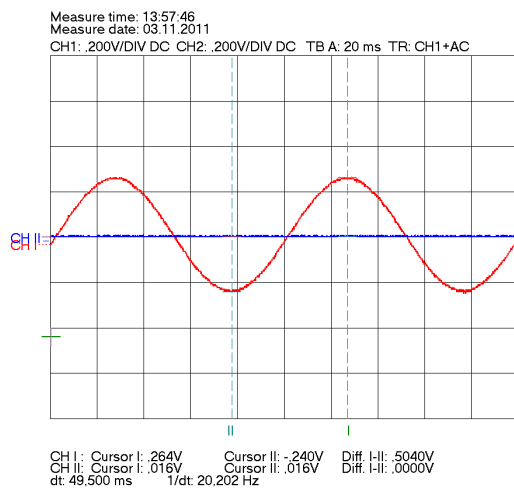
2 Messung im Zweikanalbetrieb

In diesem Versuchsteil wurden im Zweikanalmodus (Dual) zwei Signale über derselben Zeitachse dargestellt.

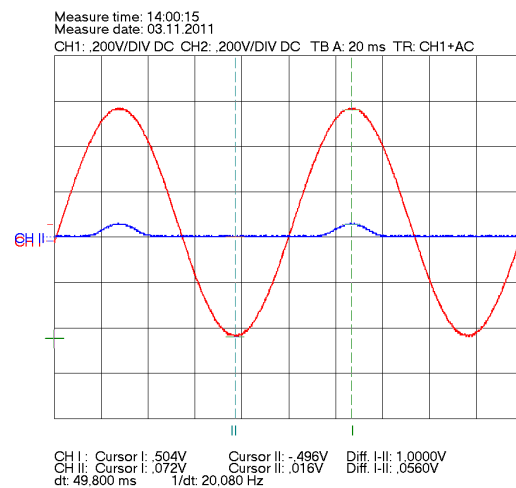
2.1 Si-Dioden-Einweggleichrichter

Beim Si-Dioden-Einweggleichrichter haben wir mit dem Frequenzgenerator eine Sinusspannung an den Gleichrichter angelegt und gleichzeitig dieses Eingangssignal auf Channel 1 des Oszilloskops gegeben. Auf Channel 2 haben wir die Ausgangsspannung gelegt, welche über den Widerstand abgegriffen wird. Wir haben bei unterschiedlichen Eingangsspannungen die Wirkung des Gleichrichters untersucht.

Bei der ersten Spannung von 504mV war keine Ausgangssignal sichtbar. Die Spannung liegt unterhalb der Schwellspannung und deshalb lässt die Diode keinen Strom durch.



1.2 SI-Diode bei 504mV



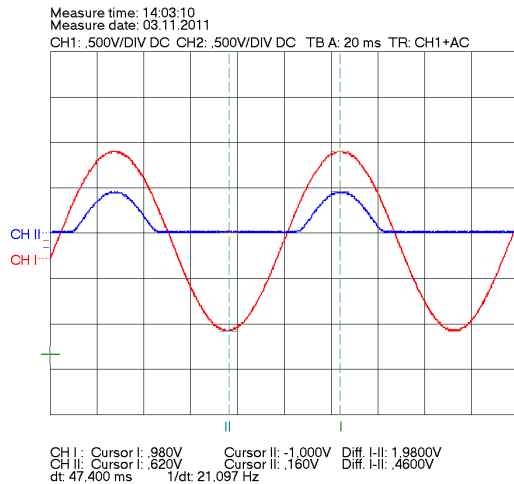
1.3 SI-Diode bei 1,01V

Bei einer Spannung von 1,01V war das Ausgangssignal sichtbar und man sieht, dass die negativen Bereiche des Sinus ausgelöscht sind. Man sieht aber auch, dass das Ausgangssignal eine viel kleinere Amplitude als das Eingangssignal hat. Die Diode leidet den Strom schon bei dieser Spannung aber noch sehr schlecht.

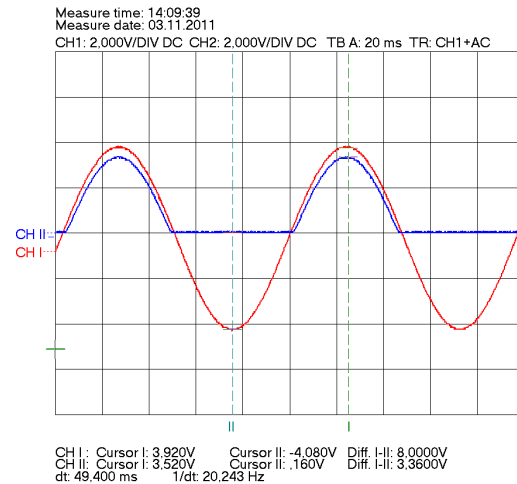
Bei 2,00V ist nun die Amplitude der Ausgangsspannung größer, hat aber immer noch nicht die gleiche Amplitude wie die Eingangsspannung erreicht. Bei 8,08V hat die Ausgangsspannung nun fast die Amplitude der Eingangsspannung erreicht. Fast die gesamte Spannung fällt nun am Widerstand ab.

Man sieht nun auch schon die Funktion der Diode als Gleichrichter. Die Diode lässt nur den Strom in eine Richtung durch und löscht somit den negativen Bereich der Schwingung aus.

Anschließend sollten wir einen Ladekondensator vorschalten. Leider haben wir diese Messung vergessen. Es hätte sich jedoch das in den Vorbereitungen postulierte Ergebnis, eines geglätteten Ausgangssignals des Einweggleichrichters, ergeben.



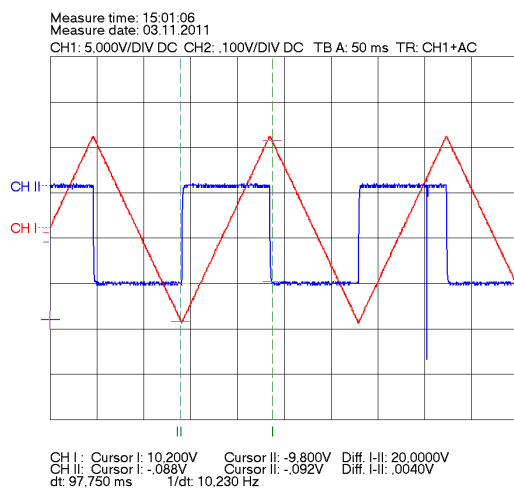
1.4 SI-Diode bei 2,00V



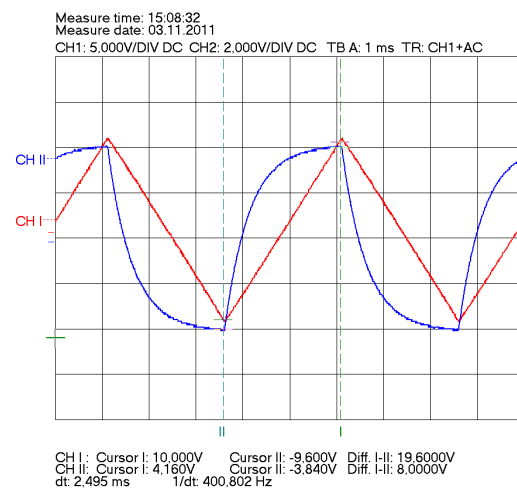
1.5 SI-Diode bei 8,08V

2.2 RC-Differenzierer

Wir haben den Differenzierer aufgebaut, wie in der Vorbereitung beschrieben. An Channel 1 haben wir die Dreiecksspannung (Eingangsspannung, rot) angelegt und an Channel 2 die Ausgangsspannung, welche am Widerstand abgegriffen wird. Unser Kondensator hatte eine Kapazität von $0,47\mu\text{F}$ und der Widerstand $1\text{k}\Omega$. Daraus gibt sich für die charakteristische Größe $RC = 0,47\text{ms}$. Nun gibt es drei Fälle zu unterscheiden:



1.6 Differenzierer bei 5,28Hz

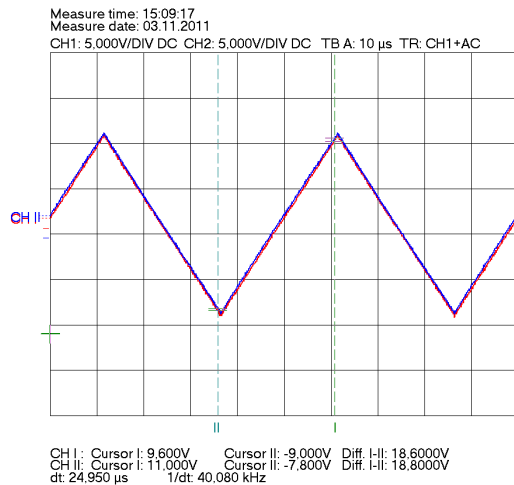


1.7 Differenzierer bei 200Hz

Bei ersten Fall haben wir eine Frequenz von $5,28\text{Hz}$ untersucht. Die Periodendauer $T = 0,19\text{s} \gg RC$. Dies ist der Fall, bei dem das RC-Glied als Differenzierer arbeitet. Man sieht als Ausgangsspannung die erwartete Rechteckspannung.

Im zweiten Fall haben wir eine Frequenz von 200Hz untersucht. Die Periodendauer $T = 5\text{ms} \approx RC$. Man sieht die für einen Kondensator typischen Lade- bzw. Entladevorgänge.

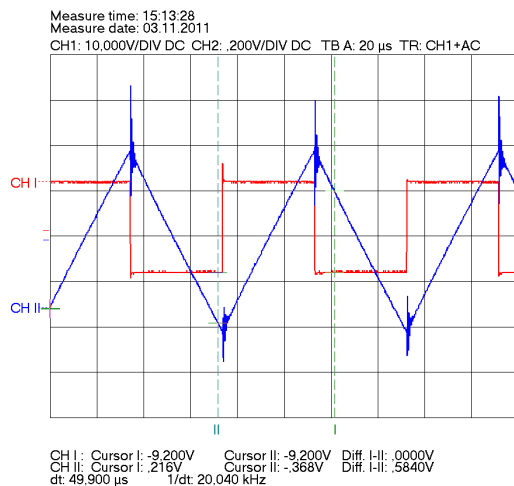
Beim dritten Fall haben wir eine Frequenz von 20kHz untersucht. Die Periodendauer $T = 50\mu s \ll RC$. Man sieht, dass die Ausgangs- und Eingangsspannung fast identisch sind. Dies deckt sich mit unseren Erwartungen, dass der Kondensator so gut wie keinen Einfluss auf den Spannungsverlauf hat.



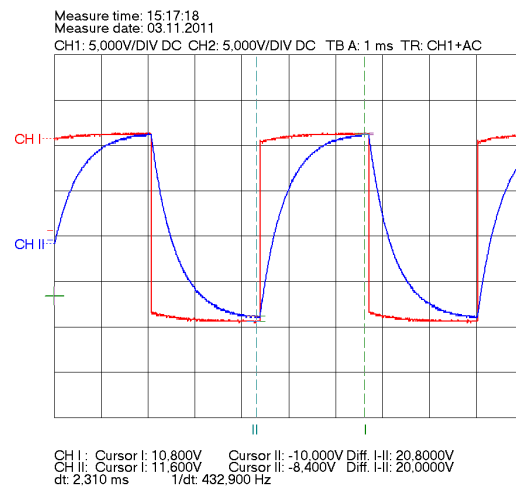
1.8 Differenzierer bei 20kHz

2.3 RC-Integrierer

Danach haben wir den RC-Integrierer aufgebaut. Die Spannung wurde nun über dem Kondensator gemessen. Als Eingangssignal (rot) wurde dieses mal ein Rechtecksignal verwendet. Die Größe RC ist daher immernoch $0,47ms$. Folgende Fälle sind nun zu unterscheiden:



1.9 Integrierer bei 12,6kHz

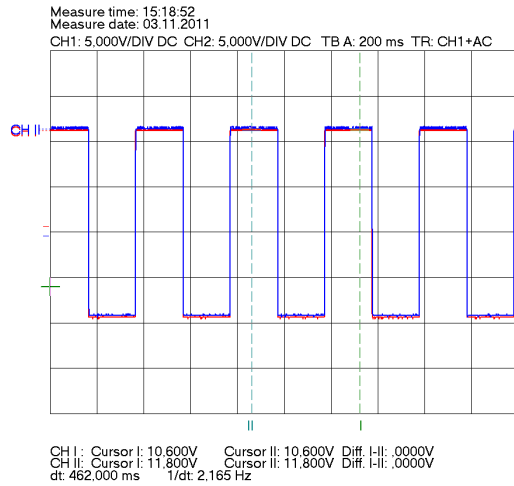


1.10 Integrierer bei 200Hz

Beim ersten Fall haben wir eine Frequenz von 12,6kHz untersucht. Die Periodendauer ist damit $T = 79\mu s \ll RC$. Dies ist der Fall, bei dem das RC-Glied als Integrierer arbeitet. Man sieht

als Ausgangsspannung (blau) das erwartete Dreieckssignal.

Im zweiten Fall haben wir eine Frequenz von 217Hz untersucht. Die Periodendauer $T = 4,6\text{ms} \approx RC$. Man sieht, wie beim Differenzierer, die für einen Kondensator typischen Lade- bzw. Entladevorgänge.

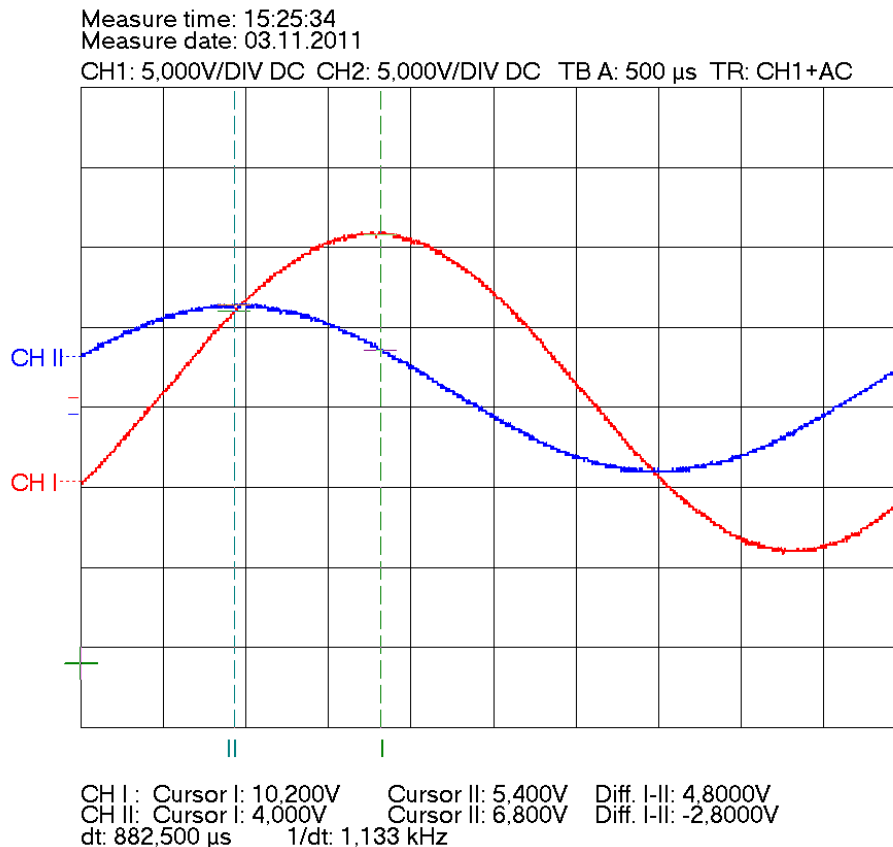


1.11 Integrierer bei 20kHz

Beim dritten Fall haben wir eine Frequenz von 2,5Hz untersucht. Die Periodendauer $T = 0,4\text{s} \ll RC$. Man sieht, dass die Ausgangs- und Eingangsspannung fast identisch sind. Dies deckt sich mit unseren Erwartungen, dass der Kondensator so gut wie keinen Einfluss auf den Spannungsverlauf hat.

2.4 RC-Phasenschieber

Der Phasenschieber ist gleich aufgebaut wie der Differenzierer und die Ausgangsspannung wird am Widerstand abgegriffen und auf Channel 2 des Oszilloskops angelegt. Als Eingangsspannung verwenden wir nun ein Sinussignal, welches wir auf Channel 1 angelegt haben. Wir sollten die Frequenz so einstellen, dass die Amplitude der Ausgangsspannung halb so groß ist wie die der Eingangsspannung. In der Vorbereitung haben wir die zugehörige Frequenz von 195,5Hz berechnet und am Generator eingestellt. Dann haben wir die zeitliche Verschiebung (ΔT) und die Periodendauer (T) mithilfe des Oszilloskops gemessen.



1.12 Phasenschieber

Daraus berechnet sich die Phasenverschiebung (ϕ) mit : $\phi = \frac{\Delta T}{T} \cdot 360^\circ$. Mit $\Delta T = 883 \mu s$ und $T = 5,128 ms$ ergibt sich ϕ zu $\approx -62^\circ$. Das negative Vorzeichen lässt sich leicht aus der aufgezeichneten Kurve erkennen. Hier liegt das Ausgangssignal (blau) hinter dem Eingangssignal (rot). Unsere vorab berechneter Wert von $\phi = -60^\circ$ wurde recht gut getroffen.

2.5 Frequenzmodulierte Schwingung

Um eine frequenzmodulierte Schwingung zu erhalten, haben wir an Generator 2 eine 50mV und 50Hz Sinusspannung erzeugt und dieses Signal an die Buchse VC_{in} gelegt. Den Generator 1 haben wir auf 1,5kHz eingestellt. Die Kreisfrequenz (Ω_0) ist somit 1,5kHz und die Modulations-

kreisfrequenz (ω) 50Hz. Um nun den Frequenzhub ($\frac{\Delta\Omega}{2\pi}$) zu bestimmen haben wir die maximale (T_{max}) und die minimale (T_{min}) Periodendauer mithilfe des Oszilloskops bestimmt. Aus der Momentankreisfrequenz:

$$\Omega_0 + \Delta\omega \cdot \cos\omega t$$

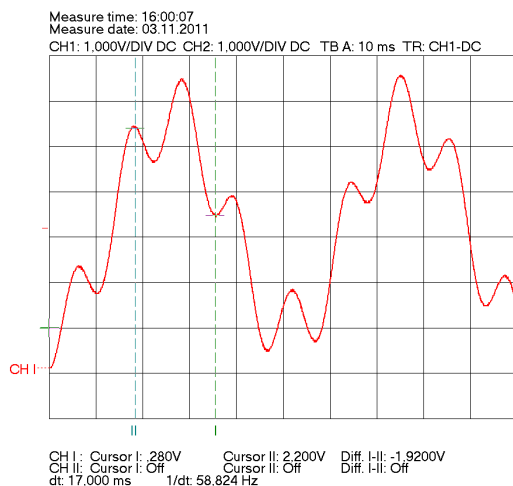
folgt:

$$\Omega_{max} = \Omega_0 + \Delta\omega \quad \text{und} \quad \Omega_{min} = \Omega_0 - \Delta\omega \quad \Rightarrow \quad \Delta\omega = \pi \left(\frac{1}{T_{min}} - \frac{1}{T_{max}} \right)$$

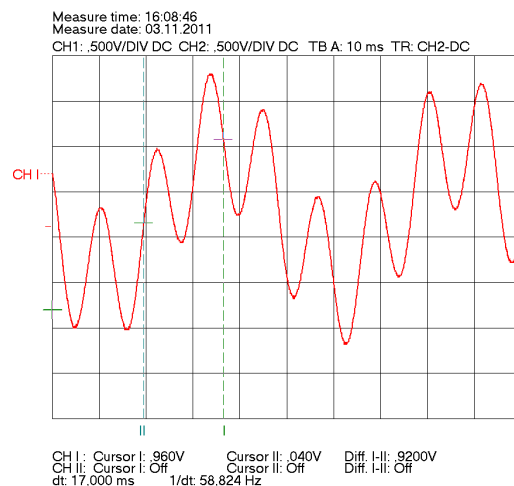
Mit $T_{max} = 817\mu s$ und $T_{min} = 594\mu s$ ergibt sich $\Delta\omega = 1443,6Hz$ und der Frequenzhub = 229,8 Hz.

2.6 Addieren & Subtrahieren

Zuerst wurden 2 Signale mit verschiedener Frequenz (19,7Hz und 85,1Hz) und verschiedener Amplitude (4,92V und 1,8V) gewählt und addiert (Abbildung 13). Danach wurde die gleiche Amplitude von 1,54V eingestellt und die Frequenz von 19,7Hz und 5,1Hz gewählt sowie addiert (Abbildung 14).



1.13 Addition 1

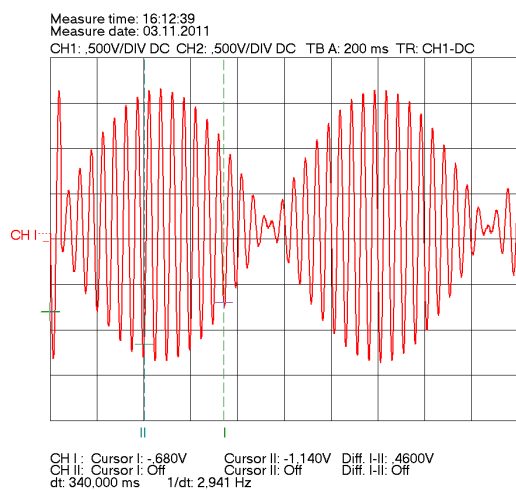


1.14 Addition 2

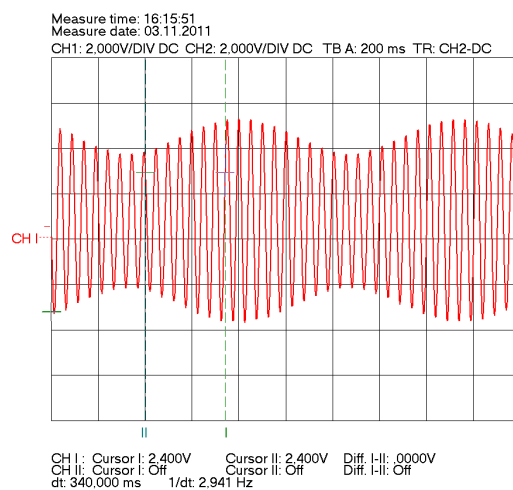
Abbildung 15 und 16 zeigen die Addition von 2 Signalen fast gleicher Frequenz. Zunächst bei gleicher Amplitude von 1,54V und als zweites an 1,54V und 7,44V.

Nun wurde versucht die Frequenz auf den selben Wert zu bringen. Dies gelang bis auf eine Abweichung 0,2Hz genau. Das heißt bei folgenden drei Bildern ist die Frequenz vom 1. Generator 20,5hz und vom 2. Generator 20,3Hz. Abbildung 17 zeigt die Addition bei den Amplituden von 1,54V und 7,44V. Abbildung 18 die Subtraktion gleicher Einstellungen.

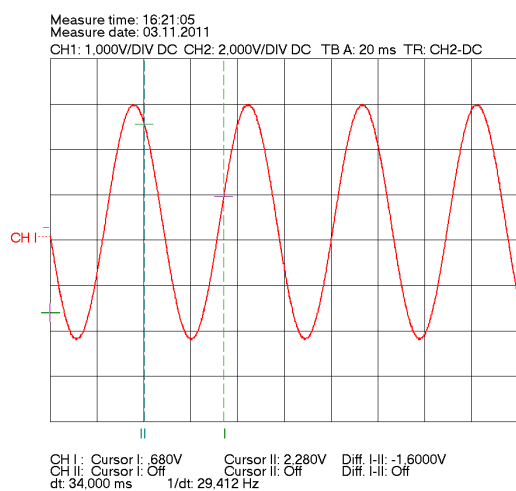
Im letzte Bild ist wieder eine Addition zu sehen. Hier waren sowohl die Frequenzen (s.o.), wie auch die Amplituden von jeweils 2,0V, identisch.



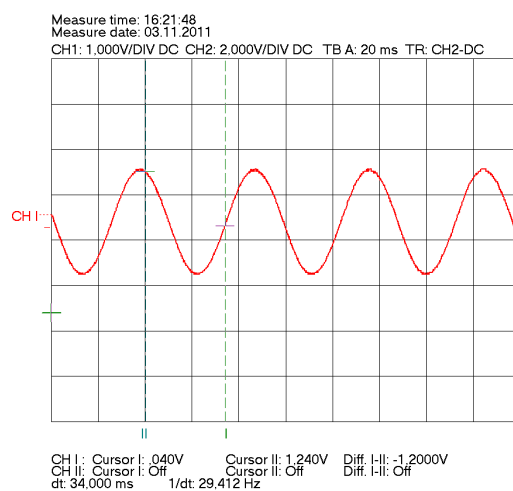
1.15 Addition 3



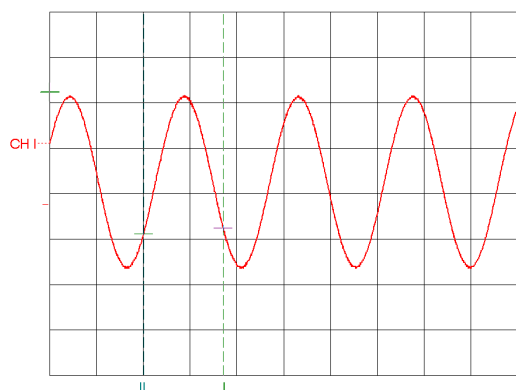
1.16 Addition 4



1.17 Addition 5



1.18 Subtraktion 1

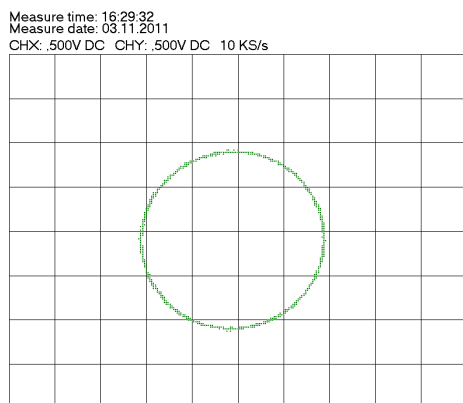


1.19 Addition 6

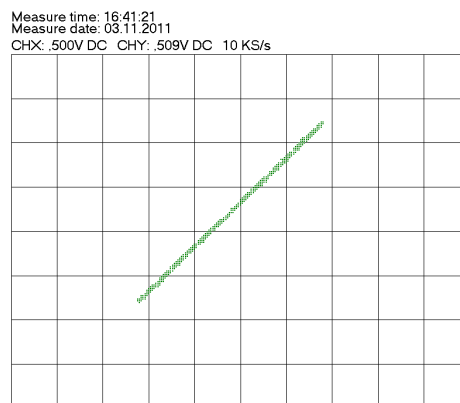
3 X-Y-Darstellung

3.1 Lissajous-Figuren

Nun haben wir die 2 Generatoren verwendet und jeden an einen Eingang des Oszilloskops gehängt. Dabei hat der Generator 1 die x-Komponente unseres Signals erzeugt, der 2. Generator die y-Komponente. Es gestaltete sich jedoch relativ schwer, da die Funktion der Synchronisation nicht wirklich funktioniert hat, die Phasenverschiebung zu eliminieren. Die Figuren haben sich daher leicht gedreht.

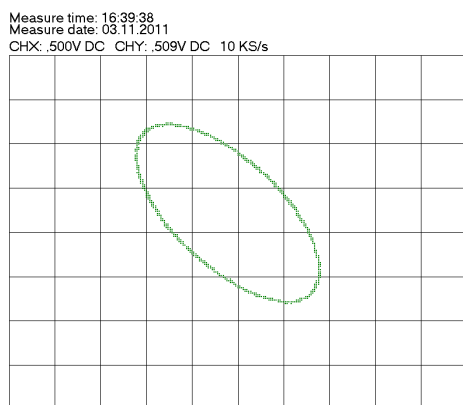


1.20 Lissajous-Figur - Kreis

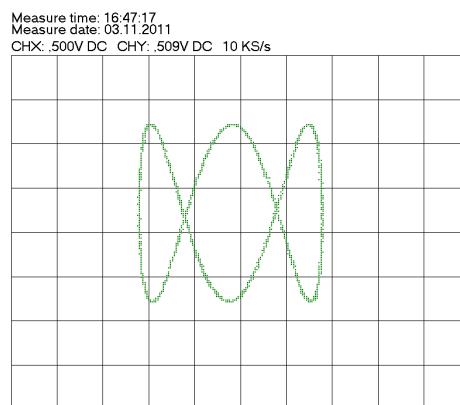


1.21 Lissajous-Figur - Gerade

Bei fast gleichen Frequenzen von 20,3Hz und 20,5Hz und einer Phasenverschiebung von $\phi = \frac{\pi}{2}$ ergibt sich ein Kreis (Abbildung 13). Bei gleicher Frequenz und gleicher Phase ergibt sich eine Gerade (Abbildung 14).



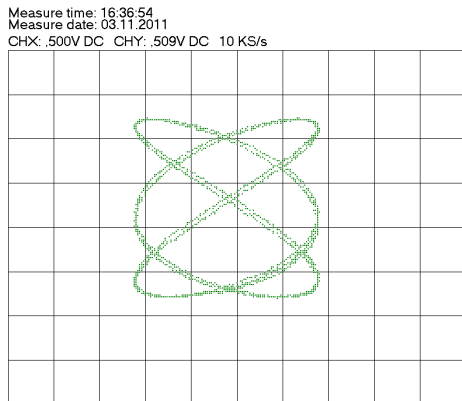
1.22 Lissajous-Figur - Ellipse



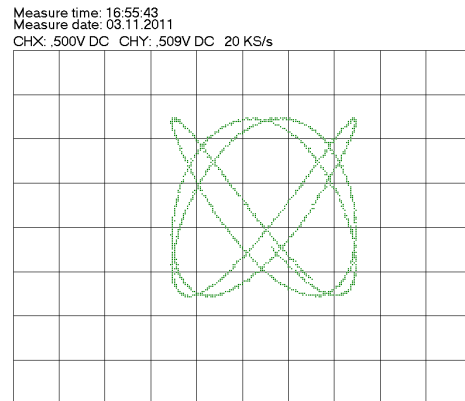
1.23 Lissajous-Figur 4

Eine Ellipse wurde durch das Frequenzverhältnis von 1:1 und einer Phasenverschiebung von

$\phi = \frac{3\pi}{4}$ erreicht. Bei einer Phasendifferenz von $\phi = \frac{\pi}{2}$ und dem Frequenzverhältnis von etwa 1:3 (10Hz und 30,2Hz) ergab sich das Bild aus Abb16.



1.24 Lissajous-Figur 5



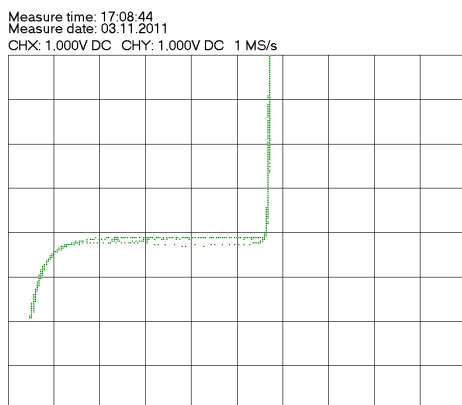
1.25 Lissajous-Figur Brezel

In Abbildung 17 wurde das Frequenzverhältnis von 2:3 verwendet. Als letztes haben wir uns noch an einer Brezel versucht. Dazu wurde die Frequenzen auf 30,2Hz und 40,2Hz gestellt. Also im Verhältnis von 3:4. Das Bild wurde bei der Phasenverschiebung von $\phi = \frac{\pi}{4}$ erstellt.

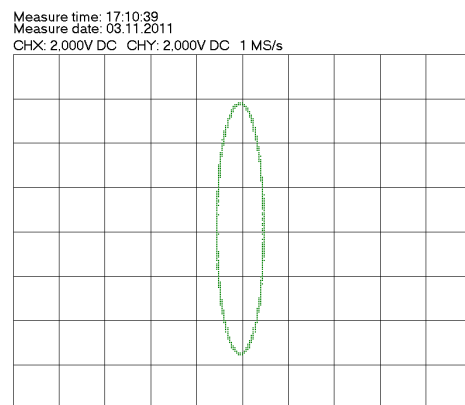
3.2 Kennlinie

Die Kennlinien der Z-Diode und des Kondensators ergaben sich wie erwartet.

Bei der Kennlinie der Z-Diode kann man schön sehen, dass die Diode erst ab einer sogenannten Schwellspannung in Durchlassrichtung durchlässt und in Sperrrichtung erst ab der Sperrspannung.



1.26 Kennlinie einer Z-Diode



1.27 Kenlinie Kondensator

Bei Kondensator sieht man die erwartete Ellipse.

Nun haben wir noch mit dem Komponententester des Oszilloskops die Kennlinien erstellt.

Diese Bilder konnten leider nicht gespeichert werden. Es ergaben sich aber qualitativ die selben Kennlinien wie bei der anderen Messung.

4 Speichern eines Einmalvorgangs

Wir haben nun Gleichspannung verwendet um den Kondensator aufzuladen. Eine Person hat dann die Spannung am Kondensator entfernt und die zweite Person hat im richtigen Zeitpunkt den Einmalvorgang gespeichert. Aus dem Speicherbild haben wir dann die Anfangsspannung (U_0) gemessen und die Zeit, bei der die Spannung auf $\frac{1}{e}$ abgefallen ist. Setzt man in den Spannungsverlauf $U(t) = U_0 \cdot \exp(\frac{-t}{RC})$ den Wert ein, bei dem die Spannung auf $\frac{1}{e}$ abgefallen ist, ergibt sich für den Widerstand: $R = \frac{t_e}{C}$ (wobei t_e die Zeit ist, bei der die Spannung auf $\frac{1}{e}$ abgefallen ist).

4.1 Entladevorgang über den Eingangswiderstand

Zuerst haben wir den Entladevorgang über den DC-Eingang des Oszilloskops gemessen. Wir haben einen Kondensator mit $C = 0,47\mu F$ benutzt und folgende Werte gemessen: $U_0 = 7,8V$ und $t_e = 504ms$. Damit ergibt sich ein Eingangswiderstand von $1,072M\Omega$. Dieser Wert passt gut mit der Herstellerangabe von $1M\Omega$ überein.

4.2 Entladevorgang über den 10:1 Tastkopf

Nun haben wir den Entladevorgang über den 10:1 Tastkopf des Oszilloskops gemessen. Folgende Werte haben wir gemessen: $U_0 = 78,4V$ und $t_e = 497,5ms$. Hier ergibt sich ein Eingangswiderstand von $R = 1,058M\Omega$. Laut Herstellerangabe sollte dieser Widerstand aber $10M\Omega$ haben. Wir vermuten, dass das Gerät die Skalierung intern anpasst und nicht den Widerstand ändert.