Versuch: P1-32,33,34

Verwendung des Elektronenstrahl-Oszilloskops

- Vorbereitung -

Inhaltsverzeichnis

1 Erzeugung eines stehenden Bildes **2**
1.1 Synchronisation . . . 3
1.2 Interne Triggerung . . . 3
1.3 externe Triggerung . . . 3

2 Zweikanalbetrieb **5**
2.1 Si-Dioden-Gleichrichter . . . 5
2.2 RC-Differenzierglied . . . 6
2.3 RC-Integrierglied . . . 6
2.4 RC-Phasenverschieber . . . 7

3 Addieren und Subtrahieren von Signalen **8**

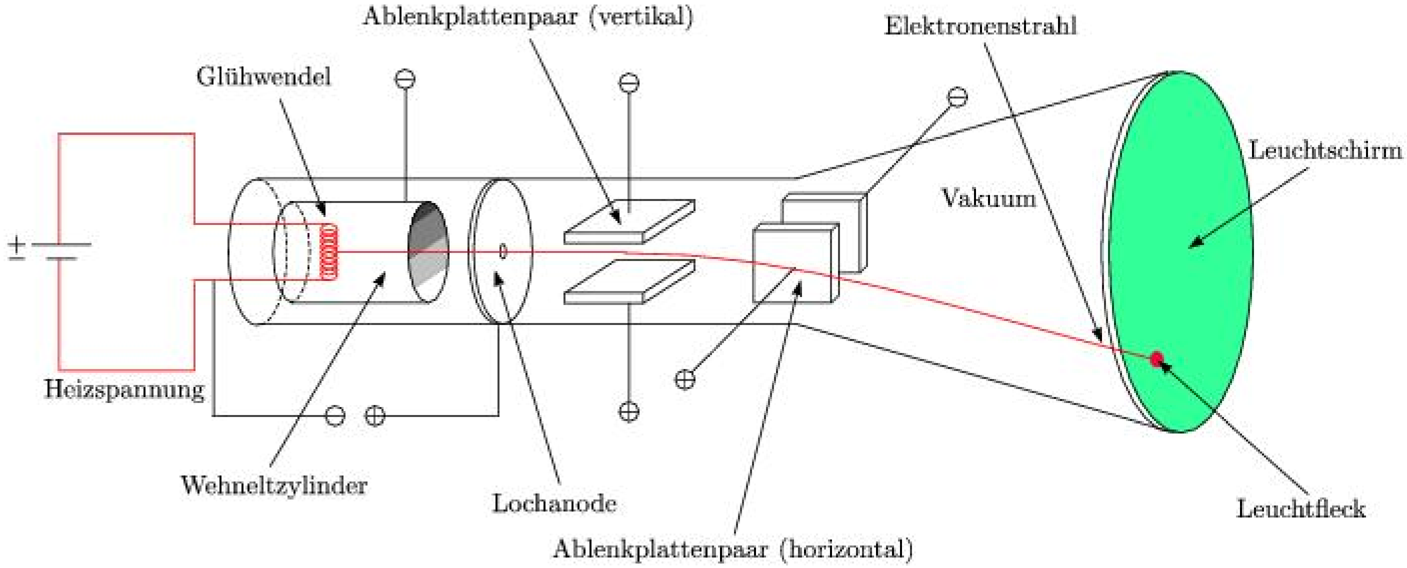
4 X-Y-Darstellungen **9**
4.1 Lissajous-Figuren . . . 9
4.2 Kennlinien . . . 9
4.3 Parallelschwingkreis . . . 10

5 Frequenzmodulation **11**

6 Speichern eines Einmalvorgangs **12**
6.1 Dc-Eingang . . . 12
6.2 Messung über den 10:1 Tastkopf . . . 12

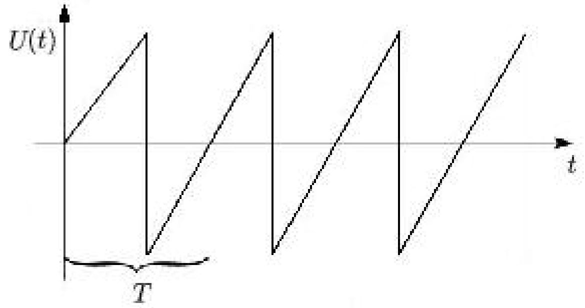
1 Erzeugung eines stehenden Bildes

Das Oszilloskop lässt sich vereinfacht folgender maßen darstellen:



Im Groben besteht das Oszilloskop aus 2 senkrecht zueinander stehenden Plattenkondensatoren, durch die ein, von einer hohen Spannung beschleunigten, Elektronenstrahl geschickt wird. Dieser Elektronenstrahl wird nun jeweils (je nach Ladung der Platten) von einer Kondensatorplatte angezogen und von der anderen abgestoßen. Die Stärke der Spannung an den Kondensatoren ist damit Auslöser der Ablenkung des Strahls. Der eine Kondensator ist für die Ablenkung in x, der andere in y-Richtung zuständig. Nach Passieren der Kondensatoren trifft die Elektronen auf einen Leuchtschirm; dadurch kann bei Verfolgen und Interpretieren des Bildes auf die an den Kondensatoren angelegte Spannung geschlossen werden.

Es sollen nun im Folgenden Bilder von periodischen Spannungsverläufen dargestellt werden. Dazu legt man eine Spannung an das Oszilloskop, also wie oben beschrieben an einen der Kondensatoren an. Wäre dies alles, so wäre das Resultat, dass der Elektronenstrahl periodisch nach oben und nach unten abgelenkt wird, was uns auf dem Schirm ein eher langweiliges Bild liefern würde: man sähe (bei ausreichend großer Frequenz) nur einen Strich in y-Richtung, was sich daraus erklärt, dass ja keine Ablenkung in x-Richtung stattfände. Um eben dies zu vermeiden schaltet das Gerät automatisch eine sogenannte *Sägezahnspannung* dazu:



Der Elektronenstrahl bewegt sich hier also in T von links nach rechts und wird dann, mittels abrupter Spannungsänderung, in sehr kurzer Zeit in seine Ausgangslage zurückgesetzt, was dazu führt, dass der Verlauf der äußeren Spannung auf dem Schirm „gemalt“ wird.

1.1 Synchronisation

Legen wir nun in y-Richtung eine periodische Spannung an, so können wir ein stehendes Bild erzeugen, indem die Periodendauer der äußeren Spannung ein ganzzahliges Vielfaches der Periodendauer der Sägezahnspannung ist. Die Periodendauer der äußeren Spannung wird mittels $Time/Div$ eingestellt. Nach grober Justierung sollte durch Feineinstellung (am $Time/Div$-Feinregler) ein stehendes Bild erzeugt werden können. Dabei ist $At/Norm$ nicht gedrückt, Ext gedrückt und die $Trig.Inp$-Buchse frei.

1.2 Interne Triggerung

Die Ext-Taste ist nicht mehr gedrückt, wodurch das Gerät auf innere Triggerung umschaltet. $At/Norm$ schaltet die automatische Triggerung ein und aus.
Durch At (autom.) setzt man den Nulldurchgang der Spannung als Triggerpunkt, d.h. dass der Elektronenstrahl beim Nulldurchgang der Spannung auf der linken Seite des Schirms neu angesetzt wird. Durch $Norm$ (normal) kann der Triggerpunkt mittels des $Level$-Reglers manuell zwischen Minimum und Maximum des Eingangssignals eingestellt werden.

1.3 externe Triggerung

Bei der externen Triggerung ist die Ext-Taste gedrückt und man legt ein externes Triggersignal an die $Trig.Inp$-Buchse an, wodurch die Triggerung gezielt bestimmt werden.
Eine grobe Abstimmung des Zeitbasisgenerators mit dem Trigger erhält man durch den Triggerkopplungsschalter ($Ac, Dc, Hf, Lf,$). Dabei eignet sich:

- Ac für Wechselspannungen mit 10Hz-10MHz
- Dc für Gleichspannungen mit 0-10MHz
- Hf für hochfrequente Signale mit 1,5kHz-40MHz
- Lf für niederfrequente Signale mit 0-1kHz
- für die Netzfrequenz.

Mit Hilfe der $Level$-Taste wird ein stehendes Bild auf dem Schirm erzeugt, von dem nun die Messung folgender Größen möglich ist:

- **Amplitude** Zur Messung der Amplituden kann man unterschiedlich vorgehen: (wichtig: vorher $Volts/Div$-Regler in Kalibriereinstellung bringen, d.h. linker Anschlag) 1. Man hofft, dass das Bild genau richtig auf dem am Schirm aufgezeichneten Koordiantensystem liegt und misst direkt den Abstand von Mittellinie zu Maximum und multipliziert diesen Wert mit dem Wert am $Volts/Div$-Regler.

  2. Um Messfehler zu vermeiden, misst man die Differenz der y-Werte eines Maximums und Minimums, d.h. den vertikalen Abstand zweier benachbarter Extrema. Diesen multipliziert man mit dem Wert am $Volts/Div$-Regler und teilt ihn durch 2, da man ja das doppelte der Amplitude gemessen hat.

- **Periodendauer** (wichtig: vorher $Time/Div$-Regler in Kalibriereinstellung, d.h. linker Anschlag) Nun wird der horizontale Abstand zwischen zwei Extrema gemessen, dieser Wert wieder mit der $Volts/Div$-Einstellung multipliziert und man hat die Periodendauer oder, wie ja bekannt, die Frequenz über $T = 1/f$.

- **Anstiegs-/Abfallzeiten** Um die Messgenauigkeit zu erhöhen (und um störenden Einfluss von z.B. Bandbreitengrenzen entgegenzuwirken) wird nun 80% der Amplitude als Maß für die Anstiegs-/Abfallzeiten benutzt. Dies lässt sich gut bewerkstelligen, indem man beispielsweise die Amplitude auf einen 2,5cm Ausschlag justiert und dann den horizontalen Abstand der 2cm-Durchgänge abliest. Die Umrechnung erfolgt dann nach obiger Methode.

Weiter Einstellungen sind:
Der $Holdoff$-Drehknopf ermöglicht die Darstellung mehrerer Amplituden durch kurzzeitige Sperrung des Triggersignals.
Der $Dc - Ac - Gd$-Schiebeschalter ermöglicht es, den Anschluss des Signals an das Oszilloskop auf unterschiedliche Weise zu realisieren:

- Dc: direkter Anschluss des Signals

- Ac: Anschluss des Signals über einen Kondensator (dadurch ist nur noch der Wechselspannungsanteil wirksam)

- Gd: Anschluss ist abgetrennt, Masse angelegt, d.h. dass das Signal die konstante Spannung 0V hat, was man zum Nullabgleich benutzen kann.

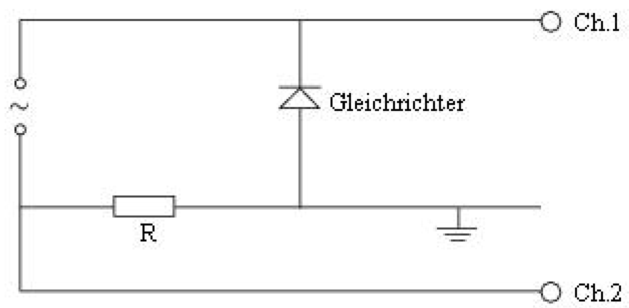
Die $Invert$-Taste invertiert das Signal, d.h. es wird an der X-Achse gespiegelt (zur Feststellung der Nulllage).
Der Tv Signaleingang soll auf Off geschaltet sein.

2 Zweikanalbetrieb

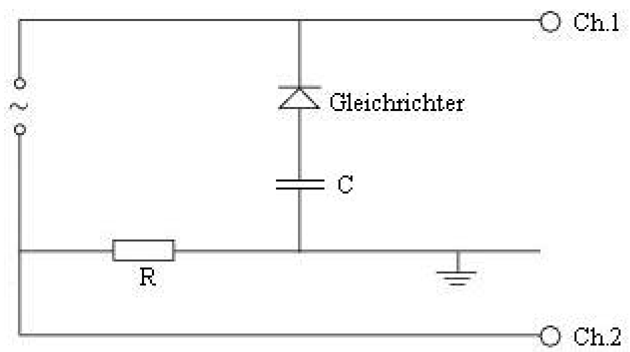
Beim Zweikanalbetrieb werden zwei Signale (an $Ch.1$ und $Ch.2$) gleichzeitig über der Zeitachse dargestellt. Mit *Dual* werden die beiden Eingangssignale abwechselnd dargestellt, durch zusätzliches Drücken von *Add* wird der *Chop*-Modus aktiviert, bei dem sehr schnell alternierend zwischen den beiden Kanälen hin-und hergeschaltet wird, was die beiden Signale dann tatsächlich gleichzeitig über der selben Zeitachse darstellt. Dies führt vor allem bei niederfrequenter Triggerung zu einer Bildverbesserung.

2.1 Si-Dioden-Gleichrichter

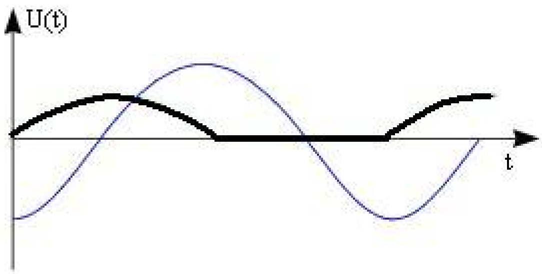
Nun werden wir einen sinusförmigen Spannungsverlauf am Eingang eines Gleichrichters sowie die Ausgangsspannung gleichzeitig darstellen. Dafür wählen wir folgenden Aufbau:



Ein Gleichrichter lässt Strom nur in eine Richtung passieren. In den Kreis ist ein $1k\Omega$ -Lastwiderstand eingebaut. Desweiteren soll später noch ein Kondensator hinzugefügt werden:



Dieser führt sowohl zu einer Phasenverschiebung von Eingangs-und Ausgangssignal, als auch zu einem kleinen Ausgleich der stromlosen Abschnitte durch Abgabe der auf ihm gespeicherten Ladung. Die Messungen sollen mit verschiedenen Eingangs(spitzen)spannungen von 0.5V, 1V und 8V durchgeführt werden.
Der erwartete Spannungsverlauf sieht folgendermaßen aus (bereits mit der vom Kondensator erzeugten Phasenverschiebung):

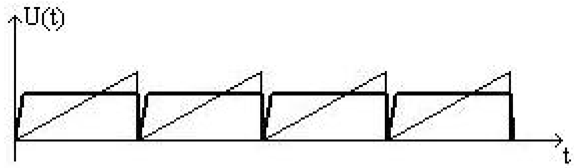


2.2 RC-Differenzierglied

Das Differentzierglied besteht aus einer Reihenschaltung eines Kondensators und eines Widerstands, wobei das Signal für die Ausgangsspannung am Widerstand abgegriffen werden soll. Als Eingangsspannung fungiert eine Dreiecksspannung mit der Periodendauer T. Es können 3 Zustände auftreten:

- $T << RC$: Eingangs- und Ausgangssignal sind fast identisch.
- $T \approx RC$: das exponentielle Verhalten des Kondensatoraufladens und vor allem des Entladens wird deutlich (da am Widerstand die Differenz von Eingangsspannung und erwähnter Kondensatorspannung anliegt).
- $T >> RC$: Das Ausgangssignal ist annähernd die Ableitung des Eingangssignals.

Der letzte Punkt leitet sich folgendermaßen her: $U_a = R \cdot I = R \cdot \frac{dQ}{dt} = R \cdot C \cdot \frac{dU_e}{dt}$. Damit erklärt sich auch der Name „Differenzierglied". Für den letzten Fall sollte folgender Spannungsverlauf sichtbar werden:



2.3 RC-Integrierglied

Der Aufbau von Integrier-und Differenzierglied sind im Prinzip gleich, jedoch werden Kondensator und Widerstand gerade vertauscht, so dass das Ausgangssignal diesmal am Kondensator abgegriffen wird. Als Eingangsspannung dient eine Rechteckspannung.
Auch hier lassen sich (analog zu 2.2) 3 Fälle unterscheiden:

- $T << RC$: Das Ausgangssignal ist näherungsweise das Integral über der Eingangsspannung
- $T \approx RC$: exponentielles Zeitverhalten der Kondensatorspannung hat Einfluss
- $T >> RC$: Eingangs- und Ausgangssignal sind annähernd gleich.

2.4 RC-Phasenverschieber

Der Aufbau ist erneut eine RC-Reihenschaltung (mit $R = 1k\Omega,\ C = 0,47\mu F$), es wird eine Sinusspannung als Eingangssignal angelegt, als Ausgangssignal dient die Spannung am Widerstand. Die Frequenz soll dabei so eingesteltlt sein, dass $\hat{U}_0 = 2\hat{U}_R$.

Für die Eingangsspannung gilt (Kirchhoff'sche Regel: die Summe aller Verbraucherspannungen ist gleich der Generatorspannung):

$$\hat{U}_0 \cdot sin(\omega t) = U_R(t) + U_C(t) = RI(t) + \tfrac{1}{C}\int I(t)dt$$

Diese Gleichung wird nun zunächst differenziert und dann durch R geteilt:

$$-\hat{U}_0\omega \cdot \cos(\omega t) = R\dot{I}(t) + \tfrac{1}{C}I(t)$$
$$-\tfrac{\hat{U}_0\omega}{R} \cdot \cos(\omega t) = \dot{I}(t) + \tfrac{1}{CR}I(t)$$

Wir ersetzen die konstanten Ausdrücke durch $k := \frac{\hat{U}_0\omega}{R}$ und $\Omega := \frac{1}{RC}$. Es folgt direkt die lineare inhomogene Differentialgleichung 1.Ordnung:

$$\dot{I}(t) + \Omega I(t) = -k \cdot \cos(\omega t).$$

Nach Analysis 3 (Theo A) bestimmt man die Lösung einer solchen Gleichung als Summe der homogenen und einer inhomogenen Lösung. Zuerst bestimmen wir die Lösung der homogenen Gleichung. Der einfachste Ansatz in einem solchen Fall ist die e-Funktion: $I(t) = c \cdot e^{bt} \ \Rightarrow\ \dot{I}(t) = bc \cdot e^{bt}$. Einsetzen in die homogene Dgl. führt auf

$$bc \cdot e^{bt} = -\Omega c \cdot e^{bt} \ \Rightarrow\ b = -\Omega$$

Die Lösung der homogenen Gleichung lautet also:

$$I(t) = c \cdot e^{-\Omega t}$$

Nun folgt die Lösung der inhomogenen Dgl. mit der Methode der Variation der Konstanten: $c = c(t)$

Damit ergibt sich für die Ableitung von $I(t)$:

$$\dot{I}(t) = \dot{c}(t) \cdot e^{-\Omega t} - c(t)\Omega \cdot e^{-\Omega t}$$

Einsetzen in die inhomogene Dgl. liefert

$$\dot{c}(t) \cdot e^{-\Omega t} - c(t)\Omega \cdot e^{-\Omega t} + c(t)\Omega \cdot e^{-\Omega t} = -k \cdot \cos(\omega t)$$

und somit

$$\dot{c}(t) \cdot e^{-\Omega t} = -k \cdot \cos(\omega t) \ \Rightarrow\ \dot{c}(t) = -k \cdot \cos(\omega t) \cdot e^{-\Omega t}$$

Das wird nun mittels Literatur gelöst:

$$\int \dot{c}(t)dt = -k\left[\frac{e^{\Omega t}}{\Omega^2+\omega^2}\cdot(\Omega\cdot\cos(\omega t)+\omega\sin(\omega t))\right]$$

Zur Vereinfachung hilft nun $B\cos(\omega t) + C\sin(\omega t) = A\sin(\omega t + \varphi)$ mit $A = \sqrt{B^2 + C^2}$ und $\varphi = \arctan\frac{B}{C}$ weiter:

$$c(t) = -\frac{k\cdot e^{\Omega t}}{\sqrt{\Omega^2+\omega^2}}\cdot\sin(\omega t+\varphi)$$

Für $R_C(t)$ ergibt sich damit über $I(t) = c(t)\cdot e^{-\Omega t}$, $U_R(t) = R\cdot I(t)$ und der Definition von k:

$$U_R(t) = -\frac{\hat{U}_0\omega}{\sqrt{\Omega^2+\omega^2}}\cdot\sin(\omega t+\varphi)$$

Das Minuszeichen kommt dadurch zustande, dass $U_R(t)$ und $U_C(t)$ zusammen $\hat{U_0}\sin(\omega t)$ kompensieren müssen. Dies kommt uns auch messtechnisch entgegen, da wir zur Messung mit dem Oszilloskop zwischen Quelle und Widerstand die Erdung legen müssen, durch den Abgriff die Spannungen auf dem Oszilloskop also gerade wieder umgedreht werden und wir uns das Minus bei gleich bleibender Phasenverschiebung φ somit wieder wegdenken können.
Wird also kein $Invert$ benutzt, ist φ die am Oszilloskop messbare Phasenverschiebung ($U_R(t)$ ist zeitlich vor $U_0(t)$, auf dem Oszilloskop - also links davon).
Nun muss noch die Frequenz für die Bedingung $\hat{U_0} = 2\hat{U}_R$ berechnet werden:

$$\hat{U_R} = \frac{\hat{U}_0\omega}{\sqrt{\Omega^2+\omega^2}} \;\Rightarrow\; \frac{\Omega^2+\omega^2}{\omega} = 2 \;\Rightarrow\; \omega = \frac{\Omega}{\sqrt{3}}$$

Daraus ergibt sich mit

$$\Omega = \frac{1}{RC}\text{:}\quad \omega \approx 1228\frac{1}{s} \;\Rightarrow\; f \approx 195Hz$$

Entsprechend erhält man für die Phasenverschiebung:

$$\varphi = \arctan\frac{\Omega}{\omega} = \arctan\sqrt{3} = \frac{\pi}{3} = 60^\circ$$

3 Addieren und Subtrahieren von Signalen

Zum addieren, bzw. subtrahieren von zwei Signaln ($Ch.1$ und $Ch.2$) sind folgende Einstellungen vorzunehmen:

- Zweikanalbetrieb einschalten $\longrightarrow$ *Dual*- Taste gedrückt
- *Chop*-Modus einschalten $\longrightarrow$ *Add*-Taste gedrückt
- Zur Addition sind beide $Invert$-Tasten ungedrückt

  Zur Subtraktion wird eine der beiden $Invert$-Tasten gedrückt.

Die Addition, bzw. Subtraktion von 2 Signalen entspricht der Überlagerung zweier Wellen. Diese kann in unterschiedlichen Varianten vorkommen. Es sei
Welle 1: $A_1\sin(\omega_1 t + \varphi_1)$
Welle 2: $A_2\sin(\omega_2 t + \varphi_2)$

- $f_1 \neq f_2$: Je unterschiedlicher die beiden Frequenzen sind, umso unperiodischer wird das Bild aussehen
- $f_1 \approx f_2$: die Höhe der Maxima schwankt periodisch. Dies trägt die Bezeichnung *Schwebung* mit $f_{Schwebung} = |f_1 - f_2|$
- $f_1 = f_2$: mit $\tan\varphi = \frac{A_1 \sin\varphi_1 + A_2 \sin\varphi_2}{A_1 \cos\varphi_1 + A_2 \cos\varphi_2}$ und $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_1 - \varphi_2)}$ ergibt sich:

  $$A\sin(\omega t) + \varphi = A_1 \sin(\omega t + \varphi_1) + A_2 \sin(\omega t + \varphi_2).$$

  Sind die beiden Signale in Phase ($\varphi_1 = \varphi_2$), so folgt $A = A_1 + A_2$; sind sie in Gegenphase ($\varphi_1 = \varphi_2 + \frac{\pi}{2}$), gilt $A = A_1 - A_2$ (sog. *konstruktive*, bzw. *destruktive* Interferenz). Haben die Signale außerdem noch die gleiche Amplitude ($A_1 = A_2$), so erhalten wir für $A = 2A_1$, bzw. $A = 0$ bei Gegenphase.

4 X-Y-Darstellungen

Möchte man ein Signal ($Ch.1$) nicht wie üblich über der Zeit darstellen, sondern über ein äußeres, anderes Signal ($Ch.2$), so muss man den $x - y$-Knopf drücken.

4.1 Lissajous-Figuren

Zur Erzeugung sog. *Lissajous-Figuren* werden zwei Sinus- (oder Kosinus-) Schwingungen überlagert. Diese Überlagerung ergibt genau dann eine geschlossene Kurve (L-Fig.), wenn ihre Frequenzen ein rationales Verhältnis bilden, d.h.: $\frac{f_1}{f_2} \in \mathbb{Q}$
Für jedes Frequenzverhältnis entsteht eine charakteristische Lissajous-Figur.

4.2 Kennlinien

Da man mit einem Oszilloskop nur Spannungen darstellen kann, hat man eigentlich erst einmal ein Problem, wenn man Ströme messen will. Dieses löst man, indem man einen Messwiderstand in Reihe in den Stromkreis einbaut und an diesem die Spannung abgreift. Da dieser Messwiderstand die Messung verfälscht, sollte ermöglichst klein gewählt werden; Skalierung nach $U = R \cdot I$ nicht vergessen! (Schaltung: s. Aufgabenblatt, Skizze 1).
Unter einer Kennlinie versteht man das Bild, dass entsteht, wenn man den Strom durch ein Bauteil über die Spannung aufträgt, die an diesem Bauteil anliegt.

- **Z-Diode** Eine Z-Diode lässt Ströme nur in eine Richtung passieren, d.h. sie blockt die Ströme in Sperrrichtung; ist jedoch eine sog. *Durchschlagsspannung* erreicht, fließen sehr große Ströme.

- **Kondensator** Bei einem idealen Stromkreis (also ohne Widerstand) ergäbe sich bei einem Kondensator eine Phasenverschiebung von 90° zwischen Spannung und Strom. Trägte man $U(t)$ auf der x- und $I(t)$ auf der y-Achse auf, so ergäbe das einen Kreis. Da aber kein idealer Stromkreis vorliegt, muss aufgrund des Drahtwiderstands eher mit einer Ellipse gerechnet werden.

- **Reihenschaltung: Kondensator und Widerstand** Da die Phasenverschiebung eines RC-Gliedes deutlich von 90° verschieden ist, wird sich eine deutliche Ellipse ergeben. Die Phasenverschiebung ergibt sich folgendermaßen: Das Verhältnis des von der Ellipse geschnittenen Stücks einer Achse a zu der Länge der Projektion auf die gleich Achse b ist gleich dem Sinus des Phasenwinkels.

$$\sin\varphi = \tfrac{a}{b}$$

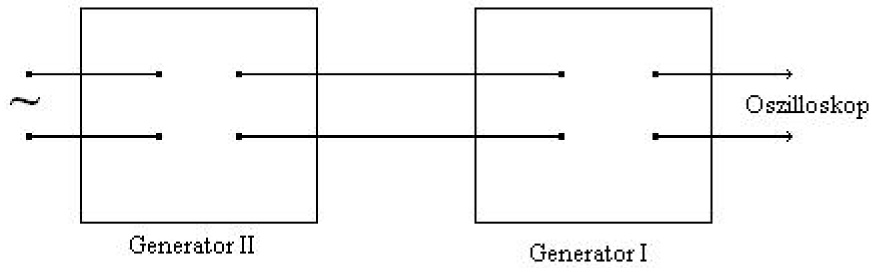
  Dies soll bereits in der Vorbereitung berechnet werden, für eine Verschiebung, die weder nahe bei 0° noch bei 90° liegen soll. Somit wähle ich die Mitte, d.h. $\varphi = \pi/4$. Somit ergibt sich: $\frac{a}{b} = 0,707$, Mit $b = 5cm$ folgt: $a = 3,5cm$.

4.3 Parallelschwingkreis

Ein Parallelschwingkreis besteht aus einer Spule und einem Kondensator, die parallel geschaltet sind (s.Aufgabenblatt: Skizze 3). Das Interessante an solchen Schwingkreisen ist die bei $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ auftretende Resonanz.
Verwendet man die Sägezahnspannung der Zeitachse des Oszilloskops zur periodischen Frequenzvariation (Wobbeln) des Generators, so bekommt die Zeitachse die Bedeutung einer Frequenzachse (s.Aufgabenblatt: Skizee 2). Es soll die Veränderung der Kurve bei immer rascherem Durchlaufen der Resonanz beobachtet werden.

5 Frequenzmodulation

Nun möchten wir mittels folgender Schaltung frequenzmodulierte Schwingungen erzeugen:



Eine derartige Schwingung kann mathematisch folgendermaßen beschrieben werden:

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

mit den Größen:
U_0: Amplitude der Trägerwelle
$\Omega_0 = 1,5kHz$: Kreisfrequenz der Trägerwelle
$\omega = 50Hz$: Modulationsfrequenz
$\frac{\Delta\omega}{2\pi}$: Frequenzhub
Als erstes soll ein Übersichtsbild über mehrere Modulationsperioden dargestellt werden, dann nur noch einzelne Momentanperioden der Trägerfrequenz (automatische Triggerung, *Level* so eingestellt, dass nahe dem Nuldurchgang ausgelöst wird). Schließlich wird der Freqeunzhub $\Delta\omega$ mittels der Gleichung

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

bestimmt.

6 Speichern eines Einmalvorgangs

Am Ende soll nun der Spannungsverlauf beim Entladen eines $4,7\mu F$-Kondensators in der Speichereinheit des Oszilloskops gespeichert werden. Für den Entladevorgang gilt bekanntermaßen:

$$U(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

Aus der aufgezeichneten Entladekurve soll nun auf den Eingangswiderstand des Oszilloskops geschlossen und die ermittelten Werte mit den vom Hersteller angegebenen vergleichen werden. Man liest einfach ein Wertepaar (U_1, t_1) ab und bestimmt die Maximalspannung der Kurve. Nun kann der Eingangswiderstand mittels:

$$R = -\frac{t_1}{C \cdot \ln(\frac{U_1}{U_0})}$$

bestimmt werden. Beim Aufzeichnen sind folgende Tasten hilfreich:

- $Stor$: Umschaltung zwischen Speicher-und Echtzeitbetrieb
- $HoldI/II$: das an $Ch.1$, bzw. $Ch.2$ anliegende Signal wird gespeichert, mit $Volts/Div$ kann weiterhin eine Verkleinerung oder Vergrößerung der Darstellung erreicht werden.
- $Single$: Aufzeichnen einer nichtperiodischen Einzelzeitablenkung
- $Reset$: eine einmalige Zeitablenkung wird ausgelöst
- $Dotj$: eine gespeichert Punktfolge wird mit Verbindungslinien interpoliert.

6.1 Dc-Eingang

Das Signal soll direkt mit dem Oszilloskop verbunden werden (am Dc-Eingang) und nicht am Ac-Eingang, da dort ein weiterer Kondensator in der Schaltung enthalten wäre, aber da wir ja nur für unseren einen Kondensator messen wollen, darf dieser Eingang nicht verwendet werden.

6.2 Messung über den 10:1 Tastkopf

Es wird nur der Wert des Eingangswiderstands geändert, sonst bleibt der Aufbau der Gleiche wie in der Teilaufgabe zuvor.