

Versuchsvorbereitung P1-32: Verwendung des Elektronenstrahl-Oszilloskop

Kathrin Ender
Gruppe 10

13. Januar 2008

Inhaltsverzeichnis

1	Kennen lernen der Bedienelemente	2
2	Messung im Zweikanalbetrieb	2
2.1	Si-Dioden-Einweggleichrichter	3
2.2	RC-Differenzierglied	3
2.3	RC-Integrierglied	3
2.4	RC-Phasenschieber	4
2.5	Frequenzmodulierte Schwingung	4
2.6	Addieren	4
3	X-Y-Darstellung	5
3.1	Lissajous-Figuren	5
3.2	Kennlinien	5
3.2.1	Z-Diode	5
3.2.2	Kondensator	5
3.3	Komponententester	5
4	Speichern eines Einmalvorganges	5

1 Kennen lernen der Bedienelemente

In diesem Versuch soll man sich mit der Funktionsweise eines Oszilloskopes und seinen Messmöglichkeiten vertraut machen. Ein Oszilloskop besteht im Prinzip aus einer Elektronenstrahlröhre. Die Elektronen werden durch eine Anodenspannung beschleunigt und durch einen Wehneltzylinder kann die Intensität, mit der der Strahl auf den Schirm trifft, eingestellt werden. Gesteuert wird der Elektronenstrahl durch zwei Ablenkplattenpaare. Üblicherweise dient das vertikale Ablenkplattenpaar dazu um ein am Oszilloskop eingehendes Signal darzustellen. Auch an die horizontalen Platten kann ein externes Signal angelegt werden, dann ist das Oszilloskop im sogenannten x-y-Betrieb. Meist will man jedoch den zeitlichen Verlauf des externen Signals darstellen. In x-Richtung soll der Elektronenstrahl also nur gleichmäßig von links nach rechts wandern (und zurück natürlich). Dies realisiert man, indem man eine Sägezahnspannung anlegt, wobei der Elektronenstrahl beim „Rückweg“ abgedunkelt wird. Um zu erreichen, dass die x-Ablenkung (also der Beginn der Zeitmessung) immer an „derselben“ Stelle beginnt, kann ein Triggerlevel eingestellt werden. Die Signalaufnahme wird dann erst gestartet, wenn ein bestimmter einstellbarer Wert erreicht wird. Über den Slope kann festgelegt werden, ob die Auslösung bei abfallendem oder bei ansteigendem Signal stattfinden soll. Als Triggerquelle kann sowohl ein externes Signal, das an einen eigenen Triggereingang angeschlossen werden kann, die Netzspannung, oder einfach eines der anliegenden Eingangssignale dienen.

Am Oszilloskop können normalerweise immer zwei Eingangssignale eingestellt werden. Ein Signal wird eingekoppelt über die Schnittstellen GND (Ground, also die Masse) und entweder DC oder AC (bei DC ist der Eingang direkt verbunden bei AC ist noch ein Kondensator zwischengeschaltet, so dass der Gleichspannungsanteil des Signals unterdrückt wird.)

Um tatsächlich eine auswertbare Darstellung zu erhalten können die Eingangsempfindlichkeiten eingestellt werden. Zwischen Ablenkplatten und Signalen wird noch ein Verstärker geschaltet, so dass der Messbereich so zu sagen umgeschaltet werden kann. Die tatsächlichen Spannungswerte des Signals können dann am Bildschirm abgelesen werden (ein Kästchen entspricht $\langle \text{eingestellter Wert} \rangle \text{ Volt/Division}$). Auch die Zeitskala lässt sich entsprechend einstellen.

Im Versuch wird ein sogenanntes Combiscope verwendet, dieses beschränkt sich nicht nur auf den bisher beschriebenen Analogbetrieb, sondern kann auch digitale Abbilder der Messung speichern. So kann auch eine stehende Kurve dargestellt werden. Das Umschalten zwischen Analog- und Digitalbetrieb ist mit der Taste Hold möglich.

2 Messung im Zweikanalbetrieb

In den folgenden Versuchen sollen jeweils zwei Signale über der Zeit dargestellt werden. Dafür sind folgende Funktionen des Oszilloskopes von Bedeutung:

- DUAL: Im Dual-Betrieb können zwei Signale dargestellt werden. Es besteht die Möglichkeit, dass immer eine Periode des einen und dann eine Periode des anderen dargestellt wird oder dass beide Signale gleichzeitig im chopped-modus dargestellt werden. Der Strahl springt dann so schnell zwischen beiden hin und her, dass ein flimmerndes Bild entsteht.
- ADD: Mit dieser Funktion können zwei Signale addiert oder auch subtrahiert werden, wenn eines zuvor mit INVERT invertiert wurde.
- TRIGI/II: Mit dieser Taste kann zwischen den Darstellungen der beiden Signale umgeschaltet werden.

Schaltskizzen zu den zu untersuchenden Schaltungen siehe Anhang.

2.1 Si-Dioden-Einweggleichrichter

Als Eingangsspannung soll eine sinusförmige Wechselspannung an einen Si-Dioden-Einweggleichrichter angelegt werden. Ein solcher Gleichrichter besteht aus einer Si-Diode die in Reihe mit einem $1\text{k}\Omega$ Lastwiderstand geschaltet ist. Die Ausgangsspannung wird über dem Lastwiderstand abgegriffen. Sowohl Eingangs- als auch Ausgangsspannung sollen mit dem Oszilloskop dargestellt werden, so dass die Wirkung des Gleichrichters bei Eingangsspitzenspannungen von $V_{SS} = 0,5\text{V}/1\text{V}/8\text{V}$ untersucht werden kann. Da eine Si-Diode erst ab einer gewissen Spannung leitend wird und dann nur in eine Richtung, ist zu erwarten, dass die Ausgangsspannung ein „abgeschnittener“ (z.B. nur die obere Hälfte) Sinus ist, wobei die Spitzenspannung niedriger liegen müsste als die der Eingangsspannung.

Schaltet man nun noch einen Ladekondensator parallel zum Lastwiderstand, so entlädt sich dieser immer genau dann, wenn die Diode sperrt. So dass ein relativ konstanter Stromfluss durch den Widerstand und damit auch eine konstante Ausgangsspannung zu erwarten ist.

2.2 RC-Differenzierglied

Ein RC-Differenzierglied besteht aus einem Kondensator und einem ohmschen Widerstand, die in Reihe geschaltet sind. Wieder soll die Eingangsspannung und die Ausgangsspannung, die über dem Widerstand abgegriffen wird, dargestellt werden. Für die Ausgangsspannung U_A gilt:

$$U_A = I(t) \cdot R = \dot{Q} \cdot R = RC \cdot \dot{U}_C$$

Es müssen drei Fälle unterschieden werden:

- $T/(2\pi) \gg RC$: dies ergibt sich, wenn der Widerstand des Kondensator sehr viel größer ist als der des ohmschen Widerstandes.

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \gg R \quad \text{mit} \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

So fällt fast die gesamte Spannung am Kondensator ab.

$$U_C \approx U_E \quad \Rightarrow \quad U_A = RC \cdot \dot{U}_E$$

Es wird also die Ableitung der Eingangsspannung dargestellt. In unserem Fall mit einer Dreiecksspannung als Eingangsspannung, erwarten wir als eine Rechtecksspannung als Ausgangsspannung.

- $T/(2\pi) \ll RC$: dies ergibt sich, wenn der ohmsche Widerstand viel größer ist als der des Kondensators. Als Ausgangsspannung erwarten wir also die leicht gedämpfte Eingangsspannung.
- $T/(2\pi) \approx RC$: Sind die Widerstände ungefähr gleich groß, so wird die Ausgangsspannung im Vergleich zur Eingangsspannung gedämpft und verschoben sein.

2.3 RC-Integrierglied

Ein RC-Integrierglied ist fast genauso aufgebaut wie das Differenzierglied mit dem Unterschied, dass die Ausgangsspannung über dem Kondensator abgegriffen wird. Es gilt also:

$$U_R = RC \cdot \dot{U}_C \Leftrightarrow U_C = U_A = RC \int U_R \cdot dt$$

Wieder sind die drei Fälle zu unterscheiden:

- $T/(2\pi) \gg RC$: Fast die gesamte Eingangsspannung fällt am Kondensator ab. D.h. die Ausgangsspannung entspricht der leicht gedämpften Eingangsspannung.
- $T/(2\pi) \ll RC$: Fast die gesamte Spannung fällt am ohmschen Widerstand ab $U_R \approx U_E$. Die Ausgangsspannung ist also die integrierte Eingangsspannung. In unserem Fall mit einer Rechtecksspannung als Eingangsspannung erhalten wir eine Dreiecksspannung als Ausgangsspannung.
- $T/(2\pi) \approx RC$: Sind die Widerstände ungefähr gleich groß, so wird die Ausgangsspannung im Vergleich zur Eingangsspannung gedämpft und verschoben sein.

2.4 RC-Phasenschieber

Ein RC-Phasenverschieber ist genauso aufgebaut wie ein Differenzierglied. Als Eingangsspannung liegt eine sinusförmige Wechselspannung an. Es gilt:

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

Die Frequenz soll so eingestellt werden, dass gilt:

$$U_A = \frac{U_E}{2} \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{3}RC} \approx 1228,4 \frac{1}{s} \Rightarrow f \approx 195,5 \text{ Hz}$$

Die Phasenverschiebung ergibt sich aus:

$$\tan \varphi = \frac{-\frac{1}{\omega C}}{R} \Rightarrow \varphi = \arctan(-\sqrt{3}) = -60^\circ$$

Die Phasenverschiebung soll auch aus den Messwerten bestimmt werden.

2.5 Frequenzmodulierte Schwingung

Durch Hintereinanderschalten von zwei Wechselstrom Generatoren erreicht man eine frequenzmodulierte Schwingung für die gilt:

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

Die Momentankreisfrequenz $\Omega(t)$ ergibt sich als die Zeitableitung von $\varphi(t)$

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

Die kreisfrequenz der Schwingung ändert sich also kontinuierlich. Da die AUTO-Triggerung nahe beim Nulldurchgang auslösen soll, werden mehrere Kurven (jeweils eine Periode) von unterschiedlicher Frequenz sichtbar sein. Aus der Differenz der längsten und der kürzesten Periode lässt sich der Frequenzhub bestimmen.

$$\Delta\omega = \frac{1}{2} \cdot (\Omega_{max} - \Omega_{min})$$

2.6 Addieren

Mit der ADD-Funktion des Oszilloskopes können Signale addiert und auch subtrahiert werden, wenn eines davon zuvor invertiert wurde (mittels INVERT). Es sollen nun zwei Signale mit verschiedener / gleicher Amplitude und verschiedener/fast gleicher/gleicher Frequenz addiert bzw. subtrahiert werden. Bei fast gleicher Frequenz ist eine Schwebung zu erwarten. Bei gleichen Frequenzen kommt es zur Amplitudenaddition.

3 X-Y-Darstellung

Nun sollen die Signale nicht mehr gegen eine Zeitbasis aufgetragen werden, sondern gegeneinander.

3.1 Lissajous-Figuren

Lissajous-Figuren entstehen, wenn zwei Schwingungen gegeneinander aufgetragen werden. Zum Beispiel:

$$x = A_x \cdot \sin(\omega t) \quad y = A_y \cdot \sin(\omega t + \Delta\varphi)$$

Bei gleicher Amplitude und gleicher Frequenz ergibt sich ohne Phasenverschiebung eine Gerade, bei einer Phasenverschiebung entsteht eine Ellipse (im Fall von $\Delta\varphi$ der Kreis als Spezialfall). Aus der entstehenden Ellipse lässt sich also die Phasenverschiebung berechnen.

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

y_b = Schnittpunkt der Ellipse mit der y-Achse b = Projektion der Ellipse auf die y-Achse

Sind die Frequenzen nicht gleich so entstehen Figuren, die sich erst nach mehreren Perioden wiederholen. Durch unterschiedliche Amplituden werden die Figuren verzerrt.

3.2 Kennlinien

Jedes Bauteil besitze eine charakteristische Kennlinie. Diese Kennlinie erhält man, indem man den Strom über der Spannung aufträgt. Die zu untersuchenden Bauteile werden in Schaltung 1 eingesetzt. Da der Strom nicht direkt gemessen werden kann wird die Spannung über einem ohmschen Widerstand, der in Serie zum Bauteil geschaltet ist an den einen Kanal gelegt. Diese Spannung ist proportional zum Strom $U_R = R \cdot I$. An den anderen Kanal legt man die Spannung am Bauteil.

3.2.1 Z-Diode

Eine Z-Diode sperrt bei geringen Spannungen und wird erst ab einer Schwellspannung leitend. Dann fällt ihr ohmscher Widerstand allerdings sehr schnell sehr stark ab. Zunächst ist also kein Stromfluss zu erwarten und dann ein rapider Anstieg.

3.2.2 Kondensator

Durch den Kondensator wird eine Phasenverschiebung von $\pi/2$ zwischen Strom und Spannung erzeugt. Daher müsste ein Kreis entstehen.

3.3 Komponententester

Die Ergebnisse sollen mit dem im Oszilloskop eingebauten Komponententester verifiziert werden.

4 Speichern eines Einmalvorganges

Der Spannungsverlauf beim Enluden eines Kondensators ($C = 0,47\mu F$) soll gespeichert werden einmal unter Verwendung des direkten Einganges des Oszilloskopes und einmal unter Verwendung eines 10:1-Tastkopfes. Aus dem Kurvenverlauf lassen sich die Eingangswiderstände bestimmen. Diese sollen mit den Herstellerangaben verglichen werden. Es ist wichtig,

dass beim Oszilloskop der DC-Eingang verwendet wird, da am AC-Eingang noch ein Kondensator vorgeschaltet ist.

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