

VORBEREITUNG: VERWENDUNG DES ELEKTRONENSTRAHL-OSZILLOSKOPS

FREYA GNAM, GRUPPE 26, DONNERSTAG

FUNKTIONSWEISE UND EINSTELLUNGSMÖGLICHKEITEN

Mit einem Oszilloskop lassen sich elektrische Signale darstellen. Prinzipiell besteht ein Oszilloskop aus einer Elektronenstrahlröhre mit zwei Plattenkondensatoren zur Ablenkung der Elektronenstrahlen. Die Strecke, um die der Strahl abgelenkt wird, ist proportional zur angelegten Spannung. Für die Ablenkung in x-Richtung verwendet man eine Sägezahnspannung. Ist die Frequenz der angelegten Spannung ein ganzzahliges Vielfaches der Frequenz der Sägezahnspannung, so wird sie als stehendes Bild auf dem Schirm dargestellt.

TABELLE 1. Betriebsarten

AC	Wechselspannungen	10Hz-10MHz
DC	Gleichspannungen	0-10MHz
HF	Hohe Frequenzen	1,5kHz-40MHz
LF	Niedrige Frequenzen	0-1kHz
Triggerung mit Netzfrequenz		

TABELLE 2. Weitere Einstellungsmöglichkeiten

+/ -	Polaritätsschalter: Nutze positive/ negative Triggerflanke zum Starten
EXT	Oszilloskop sucht Signal an der Buchse TRIP.INP
HOLDOFF	Verlängerte Wartezeit zwischen den Ablenkperioden
GD	Legt Eingang auf Masse (Nulleinstellung kann vorgenommen werden)
INVERT	Spiegelt Eingangssignal an x-Achse
TV	Synchronisation mit Zeilen- und Spaltenfrequenzen eines TV-Geräts

1. STEHENDES BILD

Synchronisation. Da die TRIP.INP Buchse frei ist, kann eine Synchronisation durch den Regler TIM/DIV erfolgen. Mit der Grobreglung wird dafür gesorgt, dass sich das Bild nur noch langsam bewegt, damit man es mit der Feineinstellung zum Stehen bringen kann.

Taste	gedrückt?	Funktion
AT/NORM	-	automatische Triggerung im Bereich 10Hz bis 40MHz
EXT	+	Oszilloskop sucht Signal an der Buchse TRIP.INP

Interne Triggerung. Die Triggerung erfolgt intern. Über die AT/NORM-Taste wird zwischen automatischer und manueller Triggerung umgeschaltet.

Taste	gedrückt?	Funktion
EXT	-	Interne Triggerung

Automatische Triggerung.	Taste	gedrückt?	Funktion
	AT/NORM	-	Oszilloskop löst Triggerung bei Nulldurchgang selbst aus

Normale Triggerung.	Taste	gedrückt?	Funktion
	AT/NORM	+	Normale Triggerung manuell

Externe Triggerung. An die TRIG-INP-Buchse wird eine externe Triggerspannung angelegt. Der LEVEL-Drehschalter kann zur Feineinstellung verwendet werden.

Taste	gedrückt?	Funktion
EXT	+	Oszilloskop sucht Signal an der Buchse TRIG.INP

2. ZWEIKANALBETRIEB

An den Kanälen CH I und CH II liegen Signale an. Ein elektrischer Umschalter legt die beiden Signale zeitlich nacheinander über den y-Verstärker an das Einstrahlröhrensystem. Erfolgt die Umschaltung sehr schnell, so kann das Auge nicht erkennen, dass die beiden Signale nacheinander dargestellt werden. Man sieht dann die beiden Signale über der gleichen Zeitskala dargestellt.

Mittels der Umschaltspannung können zwei verschiedene Nulllinien geschrieben werden, deren Lage jeweils einzeln dargestellt werden kann.

TABELLE 3. Einstellungsmöglichkeiten

DUAL	Beide Signale werden gemeinsam verarbeitet
Chopped	für Signale < 1kHz. Schnelle Umschaltung zwischen Eingangssignalen
alternate	Kurven werden nacheinander auf der gesamten Periode der Sägezahnspannung dargestellt
ADD	Addiert die Eingangssignale
TRIG I/II	Auswahl des Kanals für die Triggerung

Si-Dioden-Einweggleichrichter. Am Kanal CH I liegt das Eingangs-, an CH II das Ausgangssignal des Gleichrichters an. Das Eingangssignal ist eine Sinusspannung. Nur der positive Anteil der Sinussignale wird durch die Diode gelassen. Während des Durchlaufs der negativen Amplituden ist die Spannung am Ausgang null.

Die Wirkung des Gleichrichters bei verschiedenen Eingangs(spitzen)spannungen ist mit und ohne Ladekondensator zu untersuchen.

Mit Ladekondensator. Ein Ladekondensator wird mit dem Gleichrichter in Reihe geschaltet. Zu erwarten ist eine Phasenverschiebung und eine Abschwächung des Signals.

RC-Differenzierglied. Das Differenzierglied lässt hohe Frequenzen durch, blockiert jedoch niedrige Frequenzen.

Als Eingangssignal liegt eine Dreiecksspannung mit Periodendauer T an. Betrachte: $T \ll RC, T \approx RC, T \gg RC$.

Für $T \gg RC$ gilt $U_a \ll U_e$. Das Ausgangssignal U_a ist dann die Ableitung des Eingangssignals U_e mit dem Faktor RC .

$$U_a = RI = R\dot{Q} = RC\dot{U} = RC \frac{d}{dt}(U_a - U_e) \approx RC\dot{U}_e$$

RC-Integrierglied. Das Integrierglied lässt hohe Frequenzen durch, blockiert jedoch niedrige Frequenzen.

Betrachte wieder: $T << RC, T \approx RC, T >> RC$.

Für $T >> RC$ gilt:

$$U_a = \frac{Q}{C} = \frac{1}{C} \int_0^t I(t)dt = \frac{1}{C} \int_0^t \frac{U_e - U_a}{R} dt \approx \frac{1}{RC} \int_0^t U_e dt$$

RC-Phasenschieber. Der RC-Phasenschieber besteht aus der Reihenschaltung eines Kondensators und eines Widerstandes. Die Ausgangsspannung U_a wird über den Widerstand abgegriffen:

$$\begin{aligned} U_a &= U_R + \frac{i}{\omega C} I \\ U_R &= U_a - \frac{i}{\omega C} \frac{U}{R_{ges}} \\ &= U_a \left(1 - \frac{i}{\omega C \left(\frac{i}{\omega C} + R \right)} \right) \\ &= U_a R \omega C \frac{R \omega C - i}{R^2 \omega^2 C^2 + 1} \\ &= \frac{U_\omega}{\sqrt{\omega^2 + \frac{1}{R^2 C^2}}} \\ &= \hat{U} e^{i\phi} \end{aligned}$$

Da die Amplitude des Ausgangssignals nur halb so groß wie die des Eingangssignals sein soll benötigen wir eine Frequenz $f \approx 195,5 \text{ Hz}$. Damit ergibt sich die Phasenverschiebung $\phi = \arctan \left(\frac{1}{\omega RC} \right) = \frac{\pi}{3}$

3. ADDITION UND SUBTRAKTION ZWEIER EINGANGSSIGNAL

Um an beiden Eingängen die gleiche Frequenz zu haben, werden die Generatoren synchronisiert. Bei kleinen Frequenzabweichung kommt es zur Schwebung!

Addition. Verwende im DUAL-Modus die Taste ADD.

Subtraktion. Verwende im DUAL-Modus die Taste ADD und invertiere eines der Eingangssignale (Taste INVERT).

4. X-Y DARSTELLUNG

In diesem Modus wird eine beliebige Spannung an CH II zur Beschreibung der x-Richtung verwendet. Man trägt also CH I über CH II auf und erhält so eine x-y-Darstellung

Lissajous-Figuren. Eine Lissajous-Figur ist eine Kurve mit der Parameterdarstellung

$$x(t) = a \sin(\omega_x t), y(t) = a \sin(\omega_y t + \phi)$$

Eine geschlossene Kurve entsteht jedoch nur, wenn sie Frequenzen beider Schwingungen ganzzahlige Vielfache einer Basisfrequenz sind.

$$\omega_1 = n\omega, \omega_2 = m\omega, n, m \in \mathbb{N}$$

Für $\phi = 90^\circ$ und $\omega_x = \omega_y$ ergibt sich ein Kreis.

Kennlinien. Ein Oszilloskop kann nur Spannungen darstellen, keine Ströme. Man erhält den Stromverlauf, indem man den Spannungsabfall über einen Lastwiderstand R misst und dann das Ergebnis skaliert, um $I = \frac{U}{R}$ zu erhalten. Wir verwenden Schaltskizze 1 auf dem Aufgabenblatt.

Zener-Diode. Eine Zener-Diode ist eine Halbleiterdiode, deren Widerstand in Sperrrichtung ab einer bestimmten Spannung plötzlich abfällt. Im elektrischen Feld, dass durch die angelegte Spannung hervorgerufen wird, werden die freien Elektronen dann so stark beschleunigt, dass sie durch Stöße weitere Elektronen herauslösen, wodurch die Stromstärke rapide ansteigt.

In Durchlassrichtung ergibt sich eine gewöhnliche $I(U)$ -Kurve. In Sperrrichtung ist bis zur Durchschlagsspannung ein kleiner Sperrstrom zu erkennen, dann sollte ein Sprung auf die $I(U)$ -Kurve erfolgen.

Kondensator. Ein idealer Kondensator hat eine kreisförmige Kennlinie. Dabei tritt eine Phasenverschiebung $\phi = \frac{\pi}{2}$ auf. Mit den vorhandenen Lastwiderständen ergibt sich als Kennlinie eine geneigte Ellipse.

Reihenschaltung eines Kondensators und eines Widerstandes. Als Kennlinie erwarten wir eine gedrehte Ellipse. Die Stromstärke eilt bei dieser Schaltung der Spannung voraus. Die Phasenverschiebung lässt sich aus dem Verhältnis der Ellipsenachsen berechnen.

Die Phasenverschiebung beträgt $\phi = \arctan \frac{1}{RC\omega}$ (vgl. Aufgabe 2.4). Für eine Phasenverschiebung von 90° muss die Frequenz daher $\omega = \frac{1}{RC}$ betragen.

Parallelschwingkreis. Die Sägezahnspannung wird nach Schaltskizze 2 auf dem Aufgabenblatt an den Frequenzgenerator angeschlossen, um die Ausgangsfrequenz zu "wobben" (periodisch zu verändern). Nach Schaltskizze 3 auf dem Aufgabenblatt erhalten wir einen Parallelschwingkreis mit der Resonanzfrequenz $\omega_0 = \frac{1}{LC}$. Mit $L = 0,3H$ und $C = 1nF$ ergibt sich $\omega_0 = 57,7kHz$ bzw. $f = 9,18kHz$

5. FREQUENZMODULIERTE SCHWINGUNG

Dargestellt werden soll eine frequenzmodulierte Schwingung:

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

u_0 : Amplitude der Trägerwelle

Ω_0 : Kreisfrequenz der Trägerwelle

ω : Modulationskreisfrequenz

Den Frequenzhub $\Delta\omega$ errechnet man aus den Maxima und Minima Kreisfrequenz:

$$\begin{aligned}
 \omega(t) &= \frac{d\phi}{dt} = \Omega_0 + \Delta\omega \cos(\omega t) \\
 \omega_{max} &= \Omega_0 + \Delta\omega \\
 \omega_{min} &= \Omega_0 - \Delta\omega \\
 \Delta\omega &= \frac{1}{2}(\omega_{max} - \omega_{min}) \\
 &= \pi \left(\frac{1}{T_{min}} - \frac{1}{T_{max}} \right)
 \end{aligned}$$

T_{min} und T_{max} lassen sich am Oszilloskop ablesen.

6. SPEICHERFUNKTION DES OSZILLOSKOPS

TABELLE 4. Tasten für die Speicherfunktionen

STOR	Umschalten auf Speicherbetrieb
SINGLE	Speicherzeitbasis: Einzelzeitablenkung (anstatt periodische Zeitablenkung)
RESET	Setzt Speicherzeitbasis zurück
HOLD I/II	Sichert Daten von CH I/ CH II
DOT J	Dot join: Verbinde gespeicherte Punktfolge

Beim Entladen des Kondensators erhalten wir am Oszilloskop eine exponentiell abfallende Kurve:

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

Aus der Anfangsspannung U_0 und der Spannung $U(t)$ zu einem bestimmten Zeitpunkt t lässt sich der Widerstand berechnen:

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

Entladen über den Eingangswiderstand des Oszilloskops. Der Kondensator wird an den DC-Eingang angeschlossen.

Entladen über den Eingangswiderstand des 10:1 Taster. Die y-Auslenkung muss nun mit dem Faktor 10 multipliziert werden.