

Elektrische Filter

Erzwungene elektrische Schwingungen

1 Vorbereitung

- 1.1 Wechselstromwiderstände (Lit.: GERTHSEN)
- 1.2 Schwingkreise (Lit.: GERTHSEN)
- 1.3 Erzwungene Schwingungen (Lit.: HAMMER)
- 1.4 Hochpass, Tiefpass, Grenzfrequenz (Lit.: WALCHER)
- 1.5 Vierpole, Wobbeln (Lit.: Anhang)
- 1.6 Logarithmisches Spannungsverhältnis (Lit.: Anhang)
- 1.7 Gerätebeschreibungen

<http://www.physik.uni-wuerzburg.de/grundpraktikum/>

Speicheroszilloskop TDS1001B bzw. TDS2002B

Funktionsgenerator Keysight 33220A bzw. Agilent 33220A

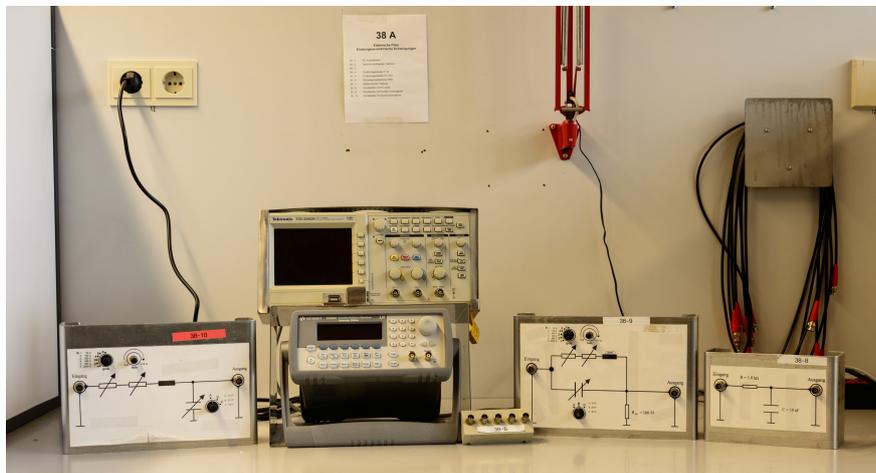


Abbildung 1: Aufbau zu Versuch 38

2 Aufgaben

2.1 Wobbeln

Es soll ein gewobbeltes Sinussignal mit einer SWEEP TIME von 1 ms und einem Wobbelbereich von 5 kHz bis 25 kHz dargestellt werden.

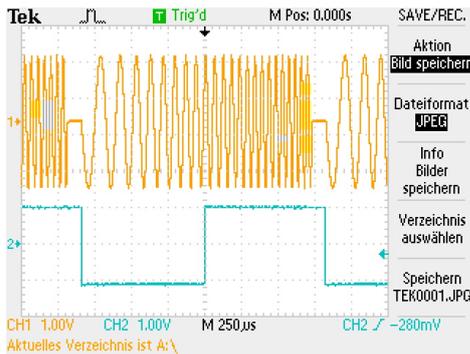


Abbildung 2: Oszillogramm eines Wobbelhubs zwischen 300 Hz und 20 kHz.

Triggersignal auf CH II
Wobbelhub auf CH I

Es ist wichtig, dass die Periodendauer des Triggersignals immer länger ist als die eingestellte Sweep Time.

Um ein stehendes Bild zu erhalten muss der Wobbelvorgang synchron mit der Ablenkung des Elektronenstrahls gestartet werden. Hierfür müssen beide synchron getriggert werden. Man kann dafür einfach den internen Trigger des Funktionsgenerators an den Oszillographen weiterleiten.

Der Generator ist auf Sweep, die Amplitude auf etwa $3 V_{pp}$ einzustellen. Das gewobbelte Signal

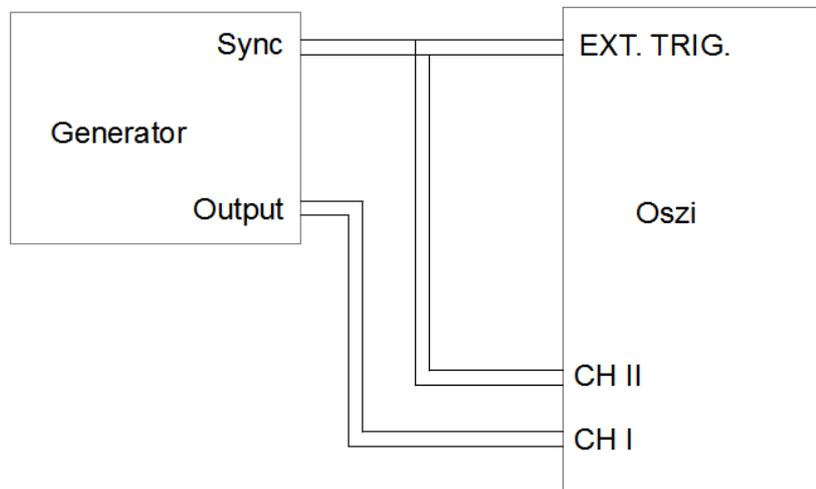


Abbildung 3: Schaltung zu Aufgabe 2.1 Wobbeln

wird über die Buchse Output an den Eingang CH I des Oszilloskops gegeben.

Versuchen Sie mit den Geräten vertraut zu werden. Sinnvoll ist es, sich zunächst das Ausgangssignal des Generators bei interner oder bei manueller Triggerung zu betrachten. Wie verändert sich das Wobbelnsignal, wenn man die untere und obere Wobbelfrequenz, die Sweep Time variiert? Verändern Sie dann auch den Wobbelmodus. Beim Wobbelmodus können der Modus **Burst** sowie die Option der manuellen Triggerung betrachtet werden. Diese sind auch wichtig für die weiteren Versuche.

Es ist sinnvoll, für diesen Versuchsteil mehr Zeit zu verwenden, um die Geräte bzw. ihre Funktionsweise kennen zu lernen. Es ist bei Zeitmangel nicht notwendig, die folgenden Aufgaben vollständig zu bearbeiten.

Auf dem Oszilloskopschirm werden beide Kanäle dargestellt.

Das Oszillogramm einer vollständigen Wobbelperiode wird gespeichert, ausgedruckt und in das Heft eingeklebt.

Anschließend verändere man die Sweep Time auf 10 ms oder mehr. Wie muss die Triggerfrequenz

geändert werden, so dass man wieder ein stehendes Bild erhält?

2.2 Filter

2.2.1 R - C -Glied als passives Filter

Das Übertragungsverhalten eines RC-Gliedes soll untersucht werden.

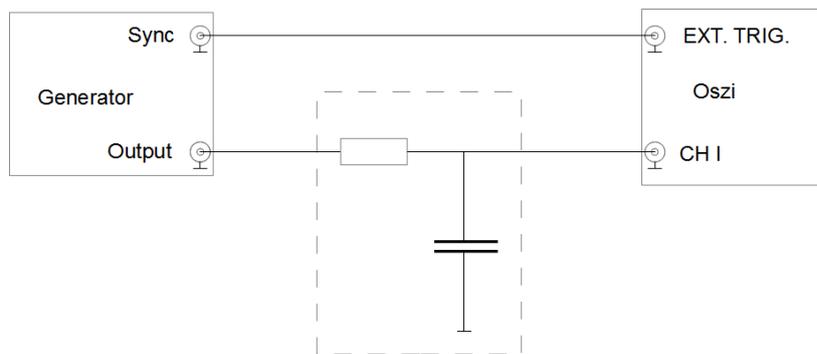


Abbildung 4: Schaltung zu Aufgabe 2.2.1 R - C -Glied als passives Filter

Sweep Time etwa 10 ms. Als Wobbelbereich wählt man 1 kHz bis 25 kHz. Welche Triggerfrequenz erwarten Sie bei interner Triggerung durch den Generator?

Das Bild wird gespeichert und gegebenenfalls ausgedruckt. Man berechne die Grenzfrequenz f_g und vergleiche sie mit der Grenzfrequenz, die sich graphisch aus der -3 dB-Grenze ergibt. Um was für einen Filter handelt es sich? Bei der Bestimmung der Grenzfrequenz können alternativ die Cursor des Oszilloskops verwendet werden.

2.2.2 Aktiver elektronischer Tiefpass

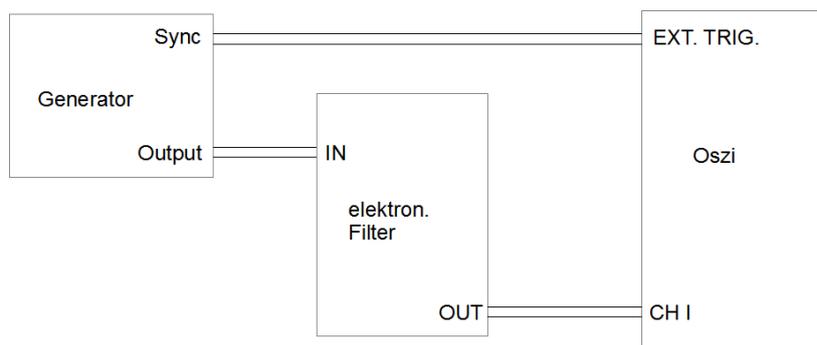


Abbildung 5: Schaltung zu Aufgabe 2.2.2 Aktiver elektronischer Tiefpass

Auf den Tiefpass wird ein gewobbeltes Sinussignal mit einer Sweep Time von etwa 100 ms und einem Frequenzhub von 500 Hz bis 1,5 kHz gegeben. Die Spannung am Ausgang des Tiefpasses wird oszilloskopiert und gespeichert. Auf dem ausgedruckten Bild ist ein Frequenzmaßstab einzuzeichnen und aus dem -3 dB-Wert die Grenzfrequenz f_g zu ermitteln. Auch hier kann alternativ die Cursorfunktion verwendet werden.

2.3 Erzwungene elektrische Schwingungen

Die Technik des Wobbelns wird auch häufig verwendet, um das Resonanzverhalten schwingfähiger Systeme sichtbar zu machen. In diesem Abschnitt untersuchen wir Serien- und Parallelschwingkreise.

2.3.1 Serienkreis

2.3.1.1 Einschwingvorgang

Um den Einschwingvorgang bei einer erzwungenen Schwingung zu beobachten, wird der Schwingkreis mit einer endlichen Zahl von Sinusschwingungen angeregt.

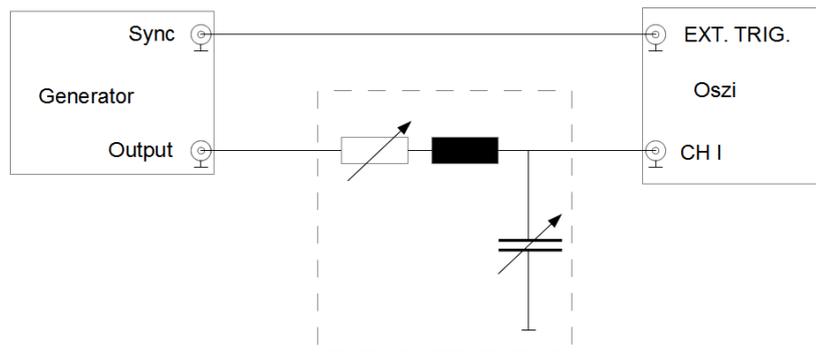


Abbildung 6: Schaltung zu 2.3.1.1 und 2.3.1.2

Der Versuchsaufbau erfolgt nach Abb. 6. Auf den anderen Kanal des Oszillographen gibt man das erregende Sinussignal (Verzweigungskästchen verwenden).

Man beginnt mit folgenden Einstellungen:

Triggerfrequenz	: ca. 1 kHz
33220A	: Burst-Modus oder manuelle Triggerung
Signalfrequenz	: ca. 85 kHz
C	: 22 nF
R	: möglichst klein

Man speichere beide Kanäle auf den USB-Stick. Zusätzlich zum Einschwingen kann in der Ruhephase des 85 kHz-Pulses eine freie gedämpfte Schwingung beobachtet werden.

Man beobachte die Einschwingvorgänge bei Triggerfrequenzen zwischen 200 Hz und 1 kHz und bei anderen R - und C -Werten. Die Ergebnisse sind zu protokollieren und zu erläutern. Man überlege sich eine Methode zur Bestimmung der Induktivität L und berechne sie.

2.3.1.2 Resonanzkurve

Der Versuchsaufbau erfolgt wie unter 2.3.1.1. Man verwendet folgende Einstellungen:

Triggerfrequenz	: 75 Hz
33220A	: Sweep-Modus
Sweep Time	: 10 ms
Wobbelbereich	: 3 kHz bis 30 kHz
Amplitude	: möglichst niedrig

Man beobachte die Resonanzkurve für verschiedene R - und C -Werte. Die Kurve für $C = 10 \text{ nF}$ und $R = 220 \Omega$ ist zu speichern und auszugeben. Aus ihr ist graphisch die Resonanzfrequenz f_{res} zu bestimmen. Die Resonanzfrequenz lässt sich genauer bestimmen, wenn man den Wobbelhub ändert.

2.3.2 Parallelschwingkreis

2.3.2.1 Einschwingvorgang

Um den sehr kurzen Einschwingvorgang beim Parallelkreis sichtbar zu machen, wird er wie der Serienkreis mit einer endlichen Zahl von Sinusschwingungen angeregt. Der Versuchsaufbau erfolgt nach Abb. 7, zudem wird auf den anderen Kanal des Oszilloskops das erregende Sinussignal gegeben. Man arbeitet mit folgenden Einstellungen:

- Triggerfrequenz : ca. 5 kHz
- 33220A : Burst-Modus oder manuelle Triggerung
- Signalfrequenz : ca. 85 kHz
- C : 10 nF
- R : möglichst klein

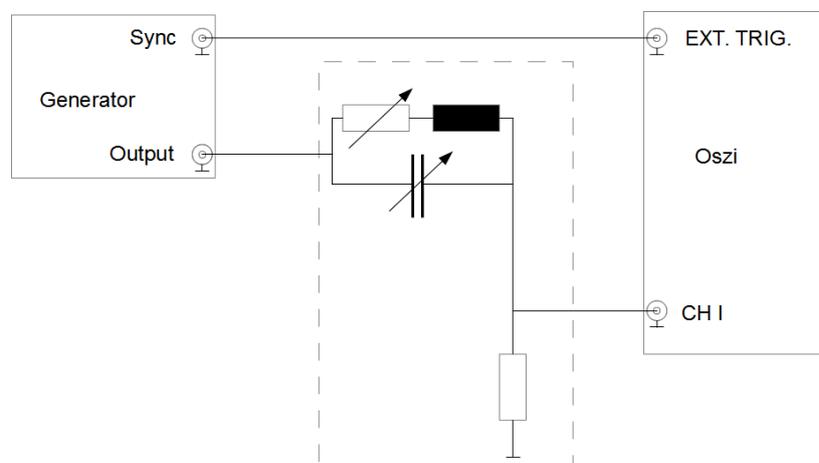


Abbildung 7: Schaltung zu 2.3.2.1 und 2.3.2.2

2.3.2.2 Resonanzkurve

Der Versuchsaufbau erfolgt wie unter 2.3.2.1 mit folgenden Einstellungen:

Triggerfrequenz	: 75 Hz
33220A	: Sweep-Modus
Sweep Time	: ca. 10 ms
Wobbelbereich	: 3 kHz bis 25 kHz
Amplitude	: möglichst niedrig
C	: 22 nF

Man beobachte die Resonanzkurve für verschiedene R - und C -Werte. Die Kurve für $C = 10$ nF und $R = 50 \Omega$ ist zu speichern und auszugeben. Aus ihr ist graphisch die Resonanzfrequenz f_{res} zu bestimmen.

Man vergleiche die Ergebnisse von 2.3.1.2 und 2.3.2.2.

3 Anhang

3.1 Vierpole, Wobbeln

Vierpole sind Schaltungen mit vier von außen zugänglichen Anschlüssen. Zwei Anschlüsse bilden den Eingang, die anderen zwei den Ausgang. Vierpole heißen *aktiv*, wenn sie eine eigene Spannungsversorgung benötigen, sonst *passiv*. In der Praxis treten Vierpole meistens in Form von elektrischen Filtern (Hochpass, Tiefpass, Bandpass, Bandsperre) auf.

Bei Filtern interessiert, wie die Ausgangsspannung von der Frequenz der Eingangsspannung abhängt. Um das Durchlassverhalten eines Vierpols (Übertragungsfunktion) zu bestimmen, muss die Amplitude der Ausgangsspannung für viele Frequenzen gemessen werden. Schneller als in vielen Einzelmessungen geht dies mit der Technik des Wobbelns. Beim *Wobbeln* wird das Amplitudenverhalten der Ausgangsspannung über einer Frequenzachse dargestellt.

Man benötigt dazu einen Generator, dessen Frequenz automatisch und stetig (linear oder auch logarithmisch) innerhalb eines einstellbaren Frequenzbereichs ansteigt und diesen Vorgang periodisch wiederholt. Daran wird das Messobjekt angeschlossen und die Ausgangsspannung auf dem Oszilloskop dargestellt.

Die Frequenz, mit der sich der Vorgang wiederholt, heißt *Wobbelfrequenz*. Der Generator ändert die Frequenz f zwischen einer *unteren Eckfrequenz* f_u und einer *oberen Eckfrequenz* f_o über den *Wobbelbereich* $f_u \leq f \leq f_o$ mit dem *Wobbelhub* $\Delta f = f_o - f_u$. Er benötigt dazu die einstellbare *Wobbelzeit* (engl.: *Sweep Time*) t_0 . Die *Wobbelfrequenz* wird definiert als $f_w = 1/t_0$, die Wobbelgeschwindigkeit als $v_w = \Delta f/t_0$.

Da jedes schwingungsfähige Gebilde eine Einschwingzeit hat, muss man dafür sorgen, dass die Wobbelgeschwindigkeit hinreichend klein ist, so dass das Messobjekt genügend einschwingen kann.

3.2 Logarithmisches Spannungsverhältnis

In der Elektrotechnik wird für Spannungsverhältnisse $\nu = U_A/U_E$ häufig eine logarithmische Größe ν^* angegeben. ν^* ist an sich dimensionslos und wird zur Unterscheidung von ν mit der Einheit dB (Dezibel) gekennzeichnet.

Der Zusammenhang mit ν lautet:

$$\nu^* = 20 \text{ dB} \cdot \lg \frac{U_A}{U_E} = 20 \text{ dB} \cdot \lg \nu$$

Die folgende Tabelle enthält einige spezielle Werte.

linear	ν	0.5	$1/\sqrt{2} \approx 0,7$	1	$\sqrt{2} \approx 1,4$	2	10	100	1000
logarithmisch	ν^*	-6 dB	-3 dB	0 dB	3 dB	6 dB	20 dB	40 dB	60 dB