

Der Elektronenstrahloszillograph (OSZ)

Manuel Staebel – 2236632 / Michael Wack 2234088

1 Einleitung

Ein Oszilloskop ist ein sehr wichtiges Hilfsmittel in der Elektrotechnik, weil sich damit sehr schnelle periodische Vorgänge messen lassen. Das ist deshalb möglich, weil die Anzeige ohne bewegliche mechanische Teile auskommt, und daher nicht von deren Massenträgheit abhängig ist.

Es geht daher um das Arbeiten mit dem Oszilloskop in diesem Versuch: wie es funktioniert, was für Einstellmöglichkeiten (z.B. Triggerung) es gibt, wie man eine Messung durchführt und wie man einen Tastkopf abgleicht.

2 Versuchsdurchführung und –aufbau

Ein Funktionsgenerator liefert eine Sinusschwingung, die auf das zu messende Bauteil gelegt wird. Auf dem Zweikanal-Oszilloskop wird dann die Eingangs- und die Ausgangsspannung angezeigt, womit man die Amplituden und ihr Verhältnis sowie die Phasenverschiebung bestimmen kann. Von allen drei Bauteilen (Serienschwingkreis, Tiefpass, Hochpass) wird die Resonanzfrequenz (bzw. Grenzfrequenz) bestimmt, und die Durchlasskurve (bzw. Übertragungskurve) im angegebenen Frequenzbereich gemessen. Schließlich wird noch ein Tastkopf kalibriert und die Übertragungskurve von Tief- und Hochpass bei einer anliegenden Rechteckspannung qualitativ aufgezeichnet.

2.1 Serienschwingkreis

2.1.1 Berechnete Resonanzfrequenz

$$f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0,068\text{ H} \cdot 4,70 \cdot 10^{-10}\text{ F}}} = 28,15\text{ kHz}$$

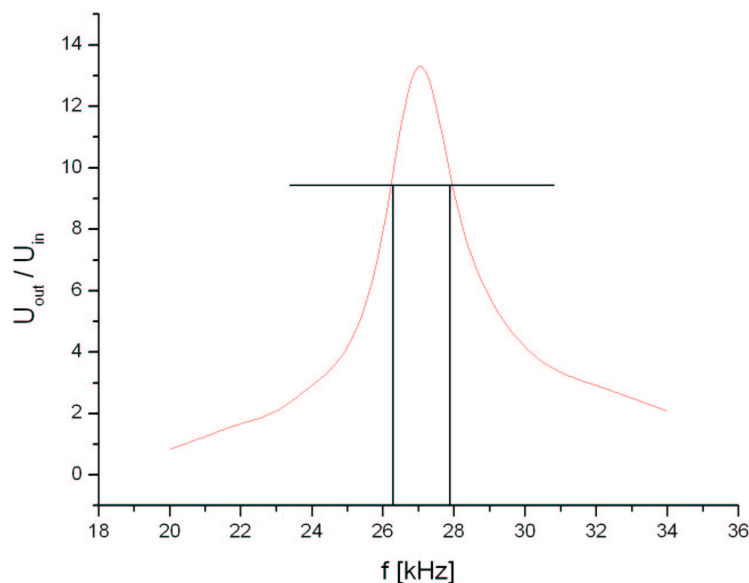
2.1.2 Gemessene Resonanzfrequenz

Die Resonanzfrequenz stellten wir fest, in dem wir die maximale Ausgangsspannung in Abhängigkeit der Frequenz suchten.

$$\tilde{f}_R = 27,2\text{ kHz}$$

2.1.3 Durchlasskurve im Bereich $f_R \pm 20\%$

Wir ermittelten die Durchlasskurve von 20 bis 34 kHz in Schritten von 1 kHz.



2.1.4 Bandbreite und Güte

Die Bandbreite wurde aus obiger Grafik zu etwa $B=1,5$ kHz ermittelt. Die horizontale Linie liegt bei einem Hochwert von $I_{max} / \sqrt{2} = 13,3 / 1.41 = 9,40$.

Die Güte ergibt sich wie folgt:

$$G = \frac{f_R}{B} = \frac{27,2 \text{ kHz}}{1,5 \text{ kHz}} = 18,1$$

2.2 Tastkopf

Als wir den Tastkopf, wie in der Anleitung angegeben, abgeglichen hatten, ermittelten wir erneut die Resonanzfrequenz des Serienschwingkreises und erhielten $f_R' = 30,8$ kHz.

Aus dieser Verschiebung der Resonanzfrequenz lässt sich die spezifische Kapazität des verwendeten BNC-Kabels errechnen. Dies ist nur aufgrund des Thevenin-Prinzips möglich:

$$\left. \begin{aligned} f_R' &= \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C+C_K)}} \\ f_R &= \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \end{aligned} \right\} C_K = \frac{1}{L \cdot 4 \cdot \pi^2 \left(\frac{1}{f_R'^2} - \frac{1}{f_R^2} \right)} = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot 0,068 \text{ H} \left(\frac{1}{(30,8 \text{ kHz})^2} - \frac{1}{(27,2 \text{ kHz})^2} \right)} = -1,11 \cdot 10^{-10} \text{ F}$$

Bei einer Kabellänge von 80 cm ergibt sich eine Kapazität von 139 pF/m.

2.3 Tiefpass

2.3.1 Berechnete Grenzfrequenz

$$f_G = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \cdot 68 \Omega \cdot 100 \text{ nF}} = 23,4 \text{ kHz}$$

2.3.2 Gemessene Grenzfrequenz

Ist die Grenzfrequenz erreicht, muss die Amplitude folgende Bedingung erfüllen $\frac{U_A}{U_E} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,71$.

Aus dem Diagramm der Übertragungsfunktion erhält man: $\tilde{f}_G = 23 \text{ kHz}$

2.3.3 Übertragungsfunktion und Phasenverschiebung

Siehe beiliegendes Blatt.

2.4 Hochpass

2.4.1 Berechnete Grenzfrequenz

$$f_G = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \cdot 68\Omega \cdot 100\text{nF}} = 23,4\text{kHz}$$

2.4.2 Gemessene Grenzfrequenz

Ist die Grenzfrequenz erreicht, muss die Amplitude folgende Bedingung erfüllen $\frac{U_A}{U_E} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,71$.

Aus dem Diagramm der Übertragungsfunktion erhält man: $\tilde{f}_G = 26\text{kHz}$

2.4.3 Übertragungsfunktion und Phasenverschiebung

Siehe beiliegendes Blatt.

3 Fragen

3.1 Nennen Sie die markantesten Unterschiede zwischen Schwingkreis, Hoch- und Tiefpass. Welche Rolle spielen diese Bausteine in der Technik ?

Ein Schwingkreis beinhaltet einen Kondensator und eine Spule, so dass die elektrische Energie periodisch in elektrische Feldenergie im Kondensator und in magnetische Feldenergie in der Spule umgewandelt wird. Tief- und Hochpass fehlt die Spule, daher können sie nicht schwingen.

Schwingkreise kommen überall dort zum Einsatz, wo elektromagnetische Schwingungen erzeugt bzw. empfangen werden müssen, also letztendlich in jedem Sender und Empfänger, sowie überall, wo Schwingungen auf elektrischem Weg erzeugt (z.B. bei der Klangsynthese durch Frequenzmodulation in Synthesizern) oder empfangen werden (denn Serienschwingkreise lassen nur einen engen Frequenzbereich um die Resonanzfrequenz passieren).

Hoch- und Tiefpässe kommen dort zum Einsatz, wenn ein breites Frequenzspektrum getrennt werden muss. Durch Zusammenschaltung eines Hochpasses und eines Tiefpasses höherer Grenzfrequenz konstruiert man einen Bandpass, und die Kombination von Hoch-, Tief- und Bandpässen ergibt Frequenzweichen (eingesetzt z.B. im Lautsprecher, meist 3-Weg-Weiche zur Ansteuerung von Tief-, Mittel- und Hochtöner). Die Zusammenschaltung eines Hochpasses und eines Tiefpasses tieferer Grenzfrequenz ergibt eine Bandsperre.

3.2 Betrachten Sie ein Feder-Masse-System und diskutieren Sie die möglichen Analogien zu einem einfachen LRC-Schwingkreis!

Im Vergleich zu einem Schwingkreis wird bei einer hookschen Feder potenzielle Energie (verursacht durch die rücktreibende Federkraft) periodisch in kinetische Energie und zurück umgewandelt.

<i>Feder-Masse-System</i>	<i>Schwingkreis</i>	<i>Bemerkungen</i>
Massestück	Ladung	Beides wird periodisch verschoben.
potenzielle Energie	Energie im Kondensator	So wird die Energie gespeichert, wenn die Masse bzw. Ladung in Ruhe ist.
kinetische Energie	Energie in der Spule	So wird die Energie gespeichert, wenn die Masse bzw. Ladung in Bewegung ist.
rücktreibende Kraft	Spannung	Diese Größe verursacht die Umkehr der Bewegungsrichtung der Masse/Ladung.
Masse (Trägheit der Masse)	Induktivität (Lenzsche Regel)	Sorgt dafür, dass die Masse/Ladung über den Nullpunkt hinausschwingt.
Auslenkung	Ladungsmenge im Kondensator	
Geschwindigkeit	Strom (= bewegte Ladung)	

Feder-Masse-System	Schwingkreis	Bemerkungen
mechanische Reibung	ohmscher Widerstand	Sorgt für die Dämpfung der Schwingung.
Federkonstante	1 / Kapazität	Proportionalitätsfaktor, der die Abhängigkeit der rücktreibenden Kraft/ Spannung von der Auslenkung/Ladung angibt

Die Gravitation bei einem Feder-Masse-System entspricht einem konstanten Gleichspannungsanteil beim Schwingkreis. Beides beeinflusst aber die Schwingung an sich nicht, sondern verschiebt nur den Nullpunkt und damit die Amplituden.

3.3 Welcher Effekt tritt durch den induktiven Widerstand eines Serienschwingkreises bei Hochfrequenzen auf ?

Durch den induktiven Widerstand, der mit der Frequenz anwächst, wächst der Widerstand annähernd proportional mit der Frequenz:

$$\lim_{f \rightarrow \infty} Z = \lim_{f \rightarrow \infty} \left(R + i \left(2 \pi f \cdot L + \underbrace{\frac{1}{2 \pi f C}}_{\rightarrow 0} \right) \right) = R + 2 \pi i f L \approx f \cdot \text{const}$$