

Versuch 5: Oszilloskop

Team 2-13: Jascha Fricker, Benedict Brouwer

3. September 2022

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
2	Theorie	2
2.1	Tiefpass	2
2.2	Hochpass	2
2.3	Schwingkreis	3
3	Durchführung	3
4	Ergebnisse	4
4.1	Tiefpass	4
4.2	Differenzierende und integrierende Wirkung	4
4.3	Serienschwingkreis	5
5	Diskussion	9
6	Anhang	9
6.1	Gaußsche Fehlerfortpflanzung	9

1 Einleitung

In diesem Versuch wurden verschiedene RC und LC-Schaltungen mit einem Oszilloskop gemessen.

2 Theorie

2.1 Tiefpass

Eine Tiefpass besteht aus einem Kondensator mit Kapazität C und einem Widerstand mit Wert R . Die Ausgangsspannung wird beim Tiefpass am Kondensator (beim Hochpass am Widerstand) abgegriffen. Beim Tiefpass lässt sich aus R , C und der Frequenz f die Durchgangskurve, also der Quotient der Ausgangsspannung U_{Atp} und der Eingangsspannung U_{E}

$$g_{\text{tp}} = \frac{U_{\text{Atp}}}{U_{\text{E}}} = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} \quad (1)$$

$$(2)$$

berechnen. Auch die Phasenverschiebung

$$\phi_{\text{tp}} = \arctan \frac{1}{\omega RC} \quad (3)$$

$$(4)$$

lässt sich theoretisch berechnen. Die Grenzfrequenz, bei der die Phasenverschiebung 0 ist, ist somit

$$f_g = \frac{1}{2\pi RC} \quad (5)$$

Für das Verhältnis von Eingangsspannung und Ausgangsspannung gilt bei hohen Frequenzen ($f \gg f_g$)

$$U_{\text{A,TP}} = \frac{1}{RC} \cdot \int U_{\text{E}} dt \quad (6)$$

Woraus sich die integrierende Wirkung eines Tiefpassfilters ableiten lässt

2.2 Hochpass

Bei niedrigen Frequenzen ($f \ll f_g$) gilt für das Verhältnis von Eingangsspannung und Ausgangsspannung des Hochpassfilters

$$U_{\text{A,HP}} = RC \cdot \frac{dU_{\text{E}}}{dt} \quad (7)$$

was die differenzierende Wirkung eines Hochpassfilters erklärt.

2.3 Schwingkreis

Auch bei einem Serienschwingkreis (Serienschaltung von Spule und Kondensator) kann die Durchgangskurve

$$g_{\text{Ssc}} = \frac{U_{\text{Atp}}}{U_{\text{E}}} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\omega R - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \quad (8)$$

mit dem Ausgangswiderstand R , die Phasenverschiebung

$$\tan \phi_{\text{Ssc}} = \frac{1}{R} \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \quad (9)$$

und die Eigenfrequenz

$$f_{\text{Ssc}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}. \quad (10)$$

berechnen.

Bei einem Parallelschwingkreis lässt sich die Eigenschwingung

$$f_{\text{Psc}} \approx \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{RL} - \left(\frac{R^4 C}{2L^3}\right)}. \quad (11)$$

nur ungefähr berechnen.

3 Durchführung

Zunächst wurde der Tastkopf mit dem dafür vorgesehenen Oszilloskopsignal kalibriert. Da der Tastkopf eine Teilverhältnis von 10 hat muss also die eingestellte Kapazität in etwa 9 mal größer sein als die Kapazität des Kabels und die des Oszilloskops. Anschließend wurde mit einem 6.2(1.2)nF Kondensator und einem 4.70(47)kΩ Widerstand ein Tiefpassfilter aufgebaut. Durch Vergleich von Eingangs und Ausgangsspannung konnte mit diesem Aufbau die Durchlasskurve und Phasenverschiebung gemessen werden. Als weiterer Versuch wurde ein Serienschwingkreis mit einem 100.0(1.0)Ω Widerstand, einr 2.200(55)mH Spule und einem 6.2(1.2)nF Kondensator aufgebaut, mit dem zunächst die Resonanzfrequenz durch einen Frequenzsweep bestimmt wurde. Anschliesend wurde abermals die Durchlasskurve und die Dämpfungskonstante bestimmt. Zu guter Letzt wurde der Serienschwingkreis in einen Parallelschwingkreis umgebaut mit dem durch Vergleich der Resonanzfrequenzen (abermals mittels eines Frequenzsweeps) die Kapazität eines 10m Koaxkabels bestimmt wurde.

4 Ergebnisse

4.1 Tiefpass

In Figur 1 wurde die gemessene Durchlasskurve mit der Theoriekurve 2 geplottet. Dabei fällt auf, dass der Fitparameter $RC = 2.95(74)10^{-5}\Omega \cdot F$ im Konfidenzintervall der angegebenen Größen der Bauteile liegt ($RC_{Bau} = 2.9(0.6) \cdot 10^{-5}$). Auch die Messwerte der Phasenverschiebung des Tiefpassfilters 2[siehe Figur] lassen sich mit einem im Konfidenzintervall liegenden Fitparameter ($RC = 3.2(11) \cdot 10^{-5}\Omega \cdot F$) mit der Theoriekurve 4 fitten. Dabei gibt es in den Messdaten zwei Ausreißer mit einer Phasenverschiebung von über 90° was theoretisch bei einem Tiefpassfilter nicht vorkommen kann. Daraus folgt mit Formel 5 für die Grenzfrequenzen

$$f_{grenz,Durch} = 5.4(14) \cdot 10^3 \quad (12)$$

$$f_{grenz,Phase} = 5.0(16) \cdot 10^3 \quad (13)$$

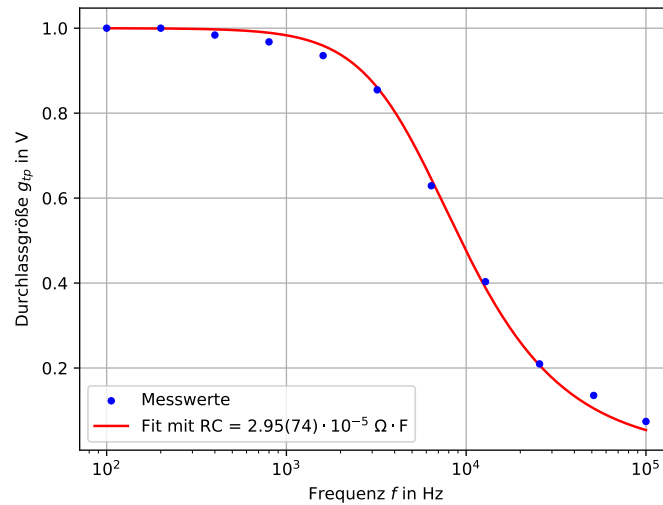


Abbildung 1: Durchlasskurve des Tiefpassfilters

4.2 Differenzierende und integrierende Wirkung

Beim varriieren der Frequenzen bei einem Hoch bzw. Tiefpassfilter fällt nicht nur eine Amplitudenveränderung sondern auch eine Änderug der Signalforn an sich auf. Bei Tiefpassfiltern wird das Eingangssignal (blau) bei hohen frequenzen Integriert zum Ausgangssignal (gelb) beeinflusst wie in Bild 3 und 4 zu sehen ist. Dies lässt sich mit Formel 6 erklären. Bei Hochpassfiltern

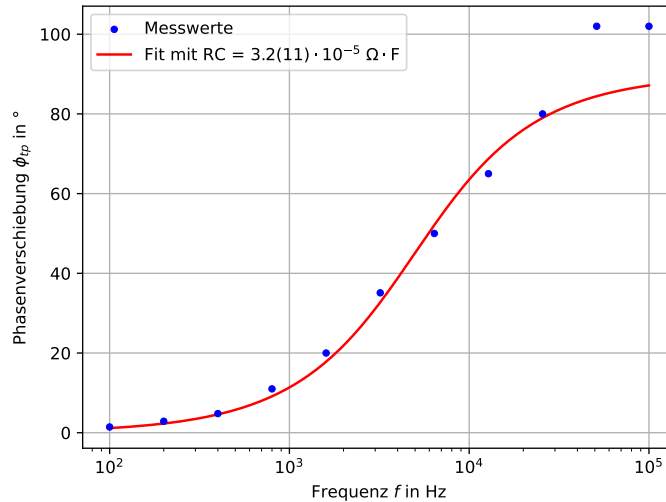


Abbildung 2: Phasenverschiebung des Tiefpassfilters bei unterschiedlichen Frequenzen

wird das Eingangssignal (blau) zum Ausgangssignal (gelb) bei niedrigen Frequenzen differenziert (mit Formel 7) siehe Bild 5 und 4.

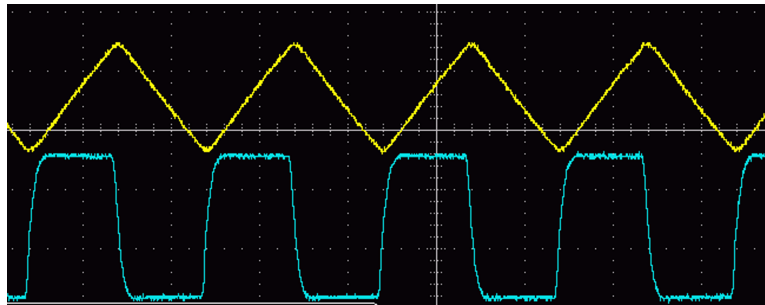


Abbildung 3: Tiefpassfilter mit 100kHz Rechtecksignal

4.3 Serienschwingkreis

Mit einem Serienschwingkreis als Filter kann man alle Frequenzen bis auf einen Frequenzbereich herausfiltern. Die Genauigkeit dieses Filters wird durch die Güte G bestimmt. Durch die Messdaten und einen Fit der Theoriekurve wurde, sowohl bei der Durchlasskurve (Siehe 7) als auch bei der Phasenverschiebung (Siehe Bild: 8), die Resonanzfrequenz, die Bandbreite und Güte bestimmt. Diese sind in der Tabelle 1 aufgeführt.

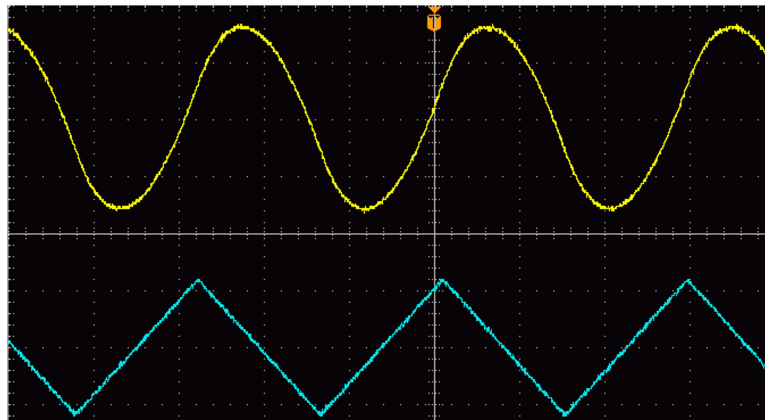


Abbildung 4: Tiefpassfilter mit 100 kHz Dreieckssignal

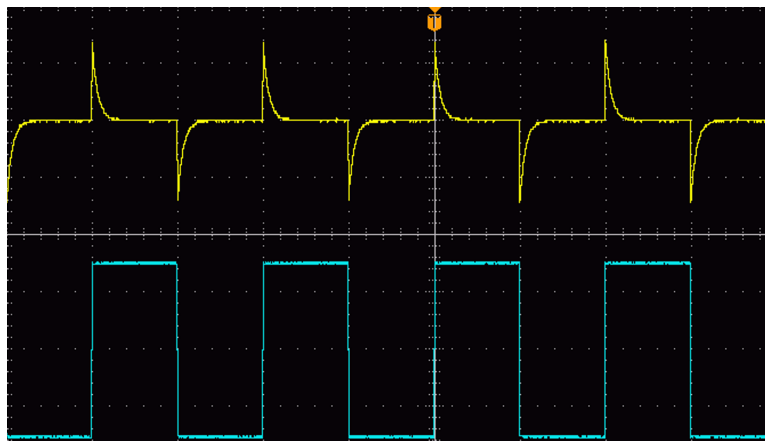


Abbildung 5: Hochpass mit 1 kHz Rechtecksignal

Werte	Theo	Durchlass	Phase
Eigenfrequenz f_0 in kHz	43094	42.028(44)	42.23(18)
Bandbreite B_f in $\Omega \text{ H}^{-1}$	45455	9739(97)	8550(230)
Güte	6	4.315(44)	4.94(14)

Tabelle 1: Schwingkreis Werte

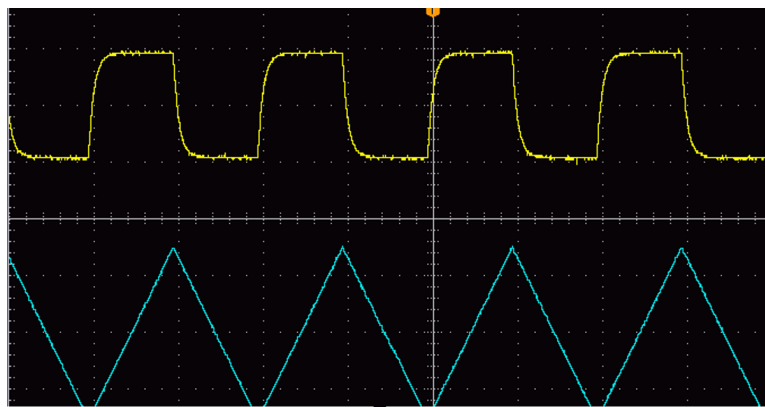


Abbildung 6: Hochpass mit 1 kHz Dreieckssignal

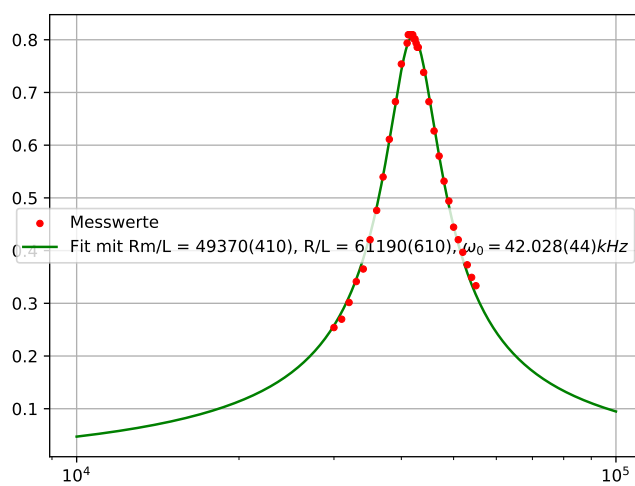


Abbildung 7: Messung Durchlasskurve

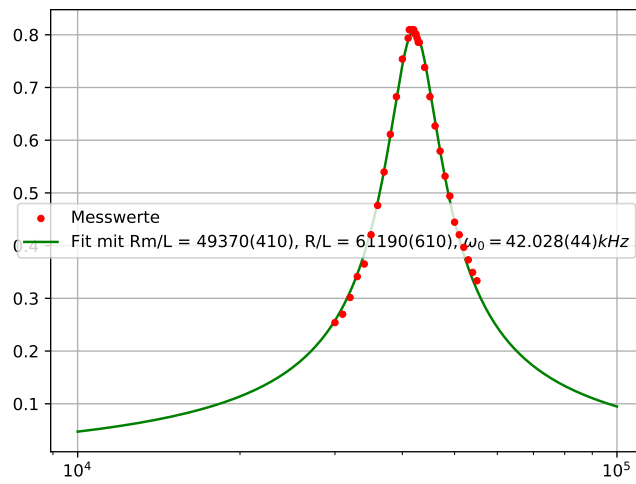


Abbildung 8: Messung Phasenverschiebung

5 Diskussion

6 Anhang

6.1 Gaußsche Fehlerfortpflanzung

Die Fehlerfortpflanzung wurde mithilfe der Formel

$$u(g(x_1, \dots, x_n)) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial g}{\partial x_i} \cdot u(x_i) \right)^2} \quad (14)$$

berechnet.