



TECHNISCHE UNIVERSITÄT CHEMNITZ

Praktikum Elektronische Messtechnik WS 2007/2008

Versuch OSZI

Tobias Doerffel
Andreas Friedrich
Heiner Reinhardt

Chemnitz, 9. November 2007

1 Versuchsvorbereitung

- 1.1.
- harmonisches Signal: Abbildung 4, $f(x) = a \cdot \sin(\omega \cdot t - \varphi)$
 - Einheitssprung: Abbildung 2, $f(x) = \begin{cases} 0 & x < 0 \\ 1 & x \geq 0 \end{cases}$
 - Einheitsimpuls: Abbildung 3, $f(x) = \begin{cases} 0 & x \neq 0 \\ 1 & x = 0 \end{cases}$

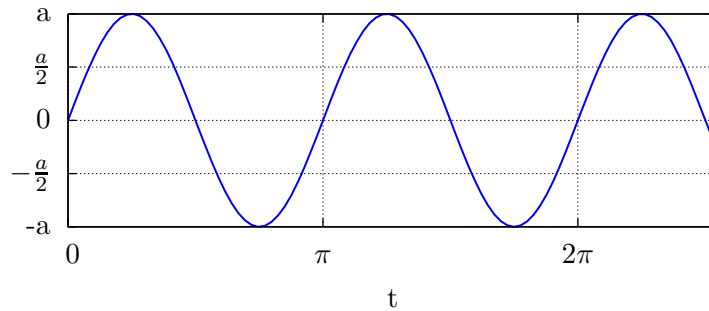


Abbildung 1: Harmonisches Signal

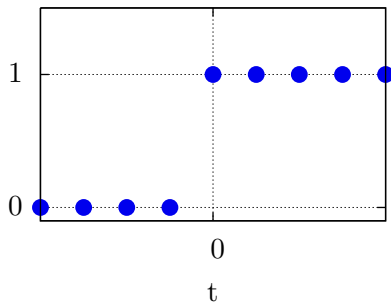


Abbildung 2: Einheitssprung

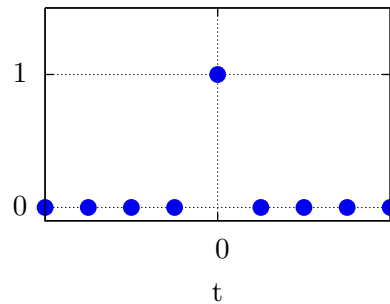


Abbildung 3: Einheitsimpuls

- 1.2.
- *sinusförmige / harmonische Signale:*
Stabile lineare zeitinvariante Systeme antworten auf ein sinusförmiges / harmonisches Eingangssignal im eingeschwungenen Zustand immer mit einem sinusförmigen Ausgangssignal der gleichen Frequenz, jedoch mit einer mit $R(\omega)$ verstärkten Amplitude und einer Phasenverschiebung von $\varphi(\omega)$.

- *Einheitssprung:*
Ein lineares System wird eindeutig durch eine Sprungantwort charakterisiert.
- *Einheitsimpuls:*
Ein System wird auch durch eine Impulsantwort eindeutig charakterisiert. Wobei die Impulsantwort die zeitliche Ableitung der Sprungantwort ist.

- 1.3.
- Multi(-tone)-Sinus
 - Sweep
 - Heaviside-Funktion (Sprungfunktion)

- Signalkenngrößen im Zeitbereich:
 - Frequenz
 - Periodendauer
 - Phase
- Signalkenngrößen im Amplitudenbereich:
 - Momentanwert
 - Amplitude
 - Minimum
 - Maximum
 - Gleichwert
 - Gleichrichtwert
 - Effektivwert
 - Offset
- Systemkenngrößen:
 - Grenzfrequenz
 - Resonanzfrequenz
 - Bandbreite (Obergrenzfrequenz - Untergrenzfrequenz)
 - Güte
 - Dämpfung
 - Zeitkonstante
 - Anstiegszeit
- Systemkennfunktionen:
 - Übergangsfunktion
 - Übertragungsfunktion
 - Gewichtsfunktion
 - Amplituden- und Phasengang

- 3.1. Die Quellimpedanz beträgt etwa 50Ω . Berücksichtigen muss man diese erst bei der Messung hochfrequenter Signale, da es dann zur Reflexion in Anschlusskabeln kommt.
- 3.2. Der Eingangswiderstand des Oszilloskops ist sehr groß (ca. $1 \text{ M}\Omega$). Dadurch fließt ein geringer Strom durch dieses Bauelement. Je mehr Strom durch einen Leiter fließt, desto größer sind die Verluste (Abwärme) des Systems und damit auch der systematische Fehler.
- 3.3. Man unterscheidet zwischen aktiven und passiven Tastköpfen. Passive Tastköpfe bestehen aus einem Spannungsteiler, der verhindern soll, dass zuviel Spannung über dem Oszilloskop abfällt und es somit beschädigen könnte. Aktive Tastköpfe sind dagegen für eine Verstärkung des Signals konzipiert.

Beispielsweise kann mit einem aktiven Gleichrichtertastkopf ein niederfrequentes Signal aus einem modulierten (Hoch+Niederfrequenzen) Signal am Eingang herausgefiltert werden.

- 3.4. Lissajoussche Figuren werden auf dem Display des Oszilloskops abgebildet, wenn an den Eingängen der y- und x-Ablenkung jeweils eine harmonische Wechselspannung anliegt und man die Zeitablenkung ausschaltet. Aufgrund der Form dieser Figuren lassen sich Rückschlüsse über die Frequenz und Phasenverschiebung der beiden Eingangsspannungen schließen. So entsteht zum Beispiel eine Gerade bei einer Phasenverschiebung der beiden Spannungen von 0° und einer gleichen Frequenz.

- 4.1.
 - *Resonanzverhalten:*
Resonanz liegt vor, wenn ein Schwingkreis in seiner Eigenfrequenz (Resonanzfrequenz) schwingt. Durch das Aufschwingen wird eine maximale Amplitude erreicht.
 - *Bandbreite:*
Die Bandbreite eines Systems entspricht der Differenz von oberer und unterer Grenzfrequenz. Von Grenzfrequenz spricht man, wenn das Amplitudenverhältnis $\text{abs}\left(\frac{U_a(t)}{U_b(t)}\right)$ auf das $\frac{1}{\sqrt{2}}$ -fache des maximalen Wertes abgefallen ist.
 - *Güte:*
Eine Schwingung ist grundsätzlich durch Verluste am System, zum Beispiel durch Wärmeentwicklung, gedämpft. Die Güte ist ein Maß dafür, wie lange ein Schwingkreis eine Schwingung aufrecht erhalten kann.

- *Vorwiderstand R_v* :
Dieser Widerstand verhindert einen Kurzschluss über die Spule des Schwingkreises bei Gleichstrom. Bei hohen Frequenzen verhindert er einen Kurzschluss über den Kondensator.

4.2.

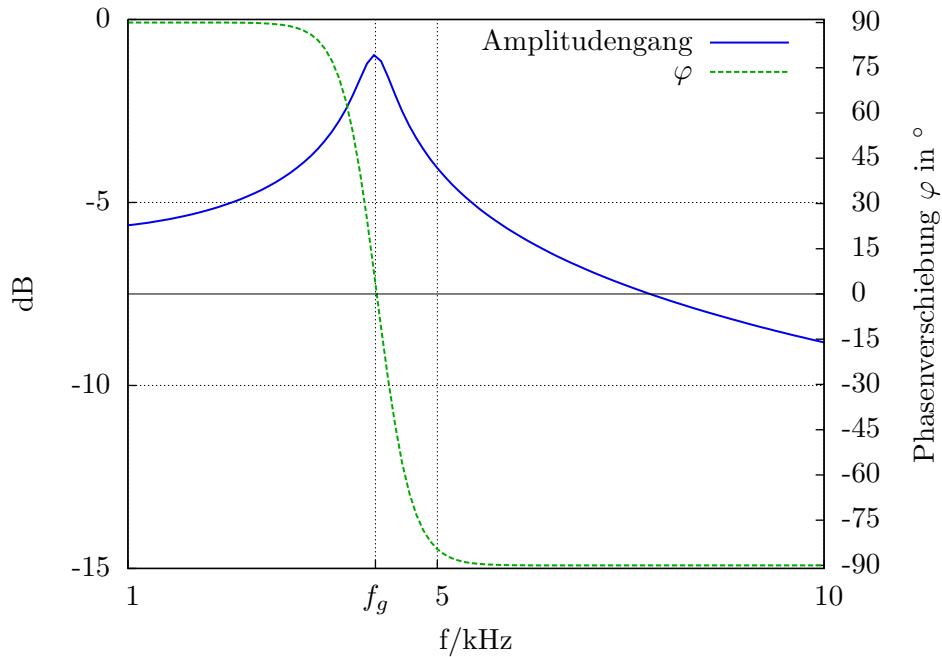


Abbildung 4: Amplituden- und Phasengang eines Parallelschwingkreises

- 4.3.
- Geraden spiegeln exponentielle Zusammenhänge wieder
 - durch Normierung wird ein besseres Mittel zum Vergleich von Kurvenverläufen geschaffen
 - Darstellung großer Wertebereiche möglich

Bei Dezibel (dB) handelt es sich um die logarithmische Darstellung des Verhältnisses von zwei Größen:

$$dB = 20 \lg \frac{x}{y}$$

Darauf basiert die Lautstärkeangabe der Form $dB(A)$ wobei der Parameter A ins Verhältnis mit der Hörschwelle des Menschen gesetzt wird. $dB\mu V$ ist demzufolge das Verhältnis auf μV bezogen.

$$46dB = 20 \lg \frac{A}{B} \rightarrow A = 199,526B \approx 200\text{fache Verstärkung}$$

3dB-Grenzfrequenz ist die Frequenz, bei der die Amplitude auf das $\frac{1}{\sqrt{2}}$ fache ihres Maximalwertes abgefallen ist.

2 Versuchsdurchführung und -auswertung

Versuchskasten: grün

Ausgangsamplitude: $10,8V$

Amplitude bei f_g : $10,8V \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 7,64V$

$\Rightarrow f_g = 119Hz$

- Ermittlung der Periodendauer: $T = \frac{1}{f_g} = 8,40 \cdot 10^{-3}s$

$$\Delta t = 900\mu s \Rightarrow \varphi = 360^\circ \cdot \frac{\Delta t}{T} = -38,6^\circ$$

- $\sin \varphi = \frac{a}{b} = \frac{4,80V}{7,60V} \Rightarrow \varphi = -39,16^\circ$

Die Ergebniswinkel weichen um ca. -5 bis -6° vom erwarteten Phasenwinkel von -45° ab und sind daher für die verwendeten Messmethoden akzeptabel.

$$\tan \varphi = -2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot R$$

$$C = \frac{\tan \varphi}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot R} = \frac{\tan \frac{38,6^\circ + 39,16^\circ}{2}}{2\pi \cdot 119 \text{ Hz} \cdot 100 \cdot 10^3 \Omega}$$

$$C = 13,4 \text{ nF}$$

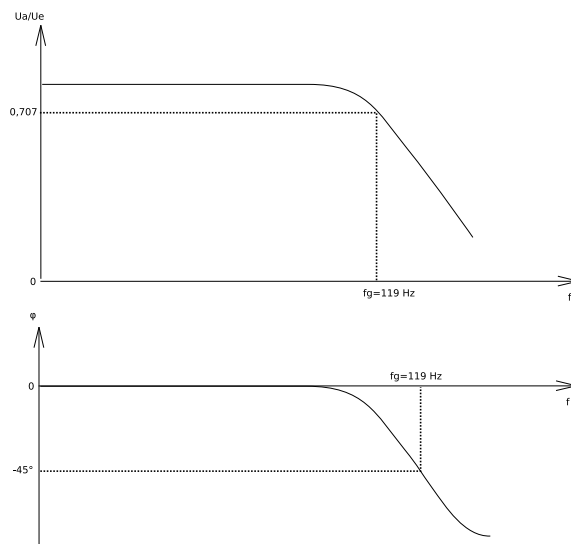


Abbildung 5: Amplituden- und Phasengang

$$t_r = \Delta t = 2,35 \cdot 10^{-3}$$

$$\frac{0,35}{\Delta t} = 149 \text{ Hz}$$

- $0,1 \cdot f_g = 11,9 \text{ Hz}$: $\sin \varphi = \frac{0,8 \text{ V}}{9,78 \text{ V}} \Rightarrow \varphi = 4,7^\circ$
- $1,0 \cdot f_g = 119 \text{ Hz}$: $\sin \varphi = \frac{4,80 \text{ V}}{7,60 \text{ V}} \Rightarrow \varphi = 39,16^\circ$
- $5,0 \cdot f_g = 595 \text{ Hz}$: $\sin \varphi = \frac{2,28 \text{ V}}{2,31 \text{ V}} \Rightarrow \varphi = 88,8^\circ$

$$C = \frac{t_r}{2,2 \cdot R} = \frac{2,35 \cdot 10^{-3} \text{ s}}{100 \cdot 10^3 \Omega} = 23,5 \text{ nF}$$

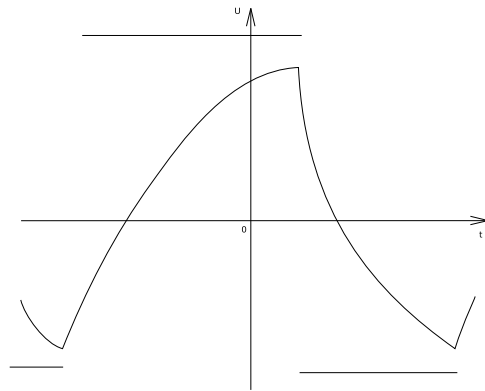


Abbildung 6: Übergangsfunktion bei f_g

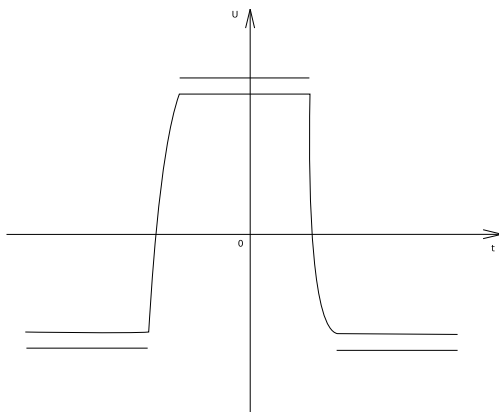


Abbildung 7: Übergangsfunktion bei $0,1 \cdot f_g$

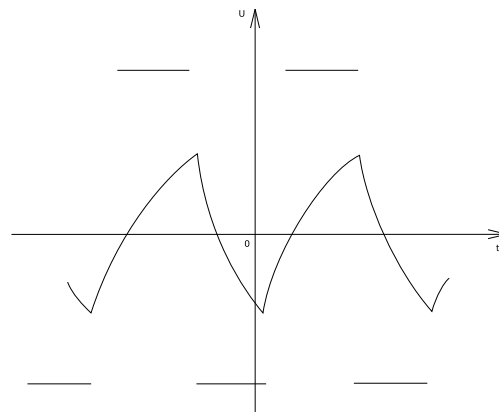


Abbildung 8: Übergangsfunktion bei $5,0 \cdot f_g$

Die Ergebnisse für den Phasenwinkel bei Grenzfrequenz unterscheiden sich nur um wenige Grad. Ables- und Darstellungsfehler des Oszilloskops könnten Ursachen dafür sein. Die Phasenwinkel der 0,1-fachen und 5-fachen Grenzfrequenz entsprechen den erwarteten Werten. Es trat also eine Annäherung an 0° bzw. 90° auf.

Die Ergebnisse der Kapazitätsmessung unterscheiden sich allerdings stark. So erhalten wir mit 23,5 nF (Aufgabe 8.2) fast das Doppelte 13,5 nF (Aufgabe 8.1). Ursache dafür werden vermutlich Ablesfehler und die begrenzte Auflösung des Oszilloskops sein. So verbirgt sich hinter dem SI-Präfix „nano“ ein Faktor von 10^{-9} oder auch ein Milliardstel. Um in diesem Bereich genaue Ergebnisse zu erzielen, werden sehr hohe Auflösungen an die Messsysteme gefordert.

3.1. Die Grenzfrequenzen eines Messgerätes geben an wie, in welchem Frequenzbereich dieses System wahrheitsgetreue Ergebnisse liefert.

Wenn man eine Wechselspannung mit beispielsweise 200 Hz messen möchte, das eingesetzte Voltmeter allerdings nur für einen Frequenzbereich von 50 Hz bis 100 Hz konzipiert wurde, könnten extreme Messungenauigkeiten auftreten.

- 3.2.
- Ablesfehler
 - begrenzte Auflösung des Oszilloskops
 - Leistungsverlust durch Oszilloskopwiderstand (obwohl Eingangswiderstand sehr hoch und damit nahezu kein Leistungsverlust)

- $f_{res} = 7,52 \text{ kHz}$
- $u_{pp} = 3,19 \text{ V}$
 $\Rightarrow u_{fg} = 3,19 \text{ V} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 2,26 \text{ V}$
- $f_{g_u} = 7,28 \text{ kHz}$
- $f_{g_o} = 7,73 \text{ kHz}$

$$\Rightarrow B = f_{g_o} - f_{g_u} = 450 \text{ Hz}$$

f_g	u_e	u_a	$\frac{u_a}{u_e}$	φ
7,0 kHz	1,39 V	1,19V	0,86	58,9°
7,28 kHz	2,23 V	1,52V	0,68	43,0°
7,52 kHz	3,25 V	0,4V	0,12	7,1°
7,73 kHz	2,26 V	1,62	0,72	-45,8°
8,0 kHz	1,32 V	1,23V	0,93	-68,8°

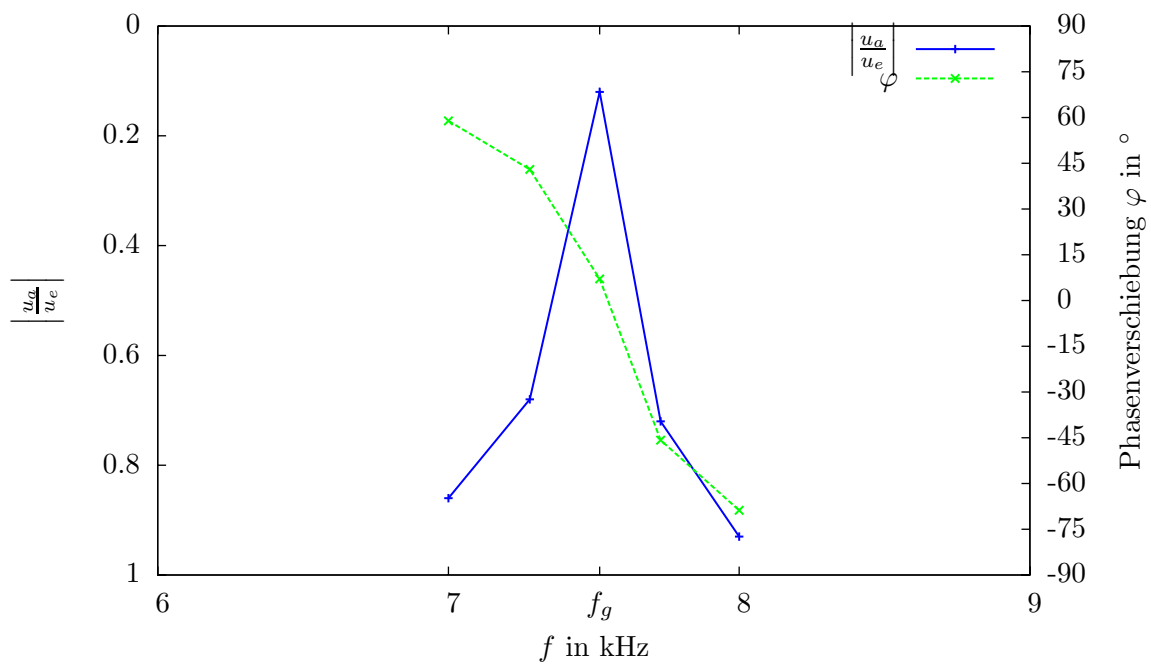


Abbildung 9: Amplituden- und Phasengang des Parallelschwingkreises

$$\begin{aligned}
5.1. \quad \hat{u}_0 &= 97,1 \text{ mV} \\
\hat{u}_2 &= 66,1 \text{ mV} \\
\hat{u}_3 &= 54,7 \text{ mV} \\
\hat{u}_4 &= 44,7 \text{ mV} \\
\hat{u}_5 &= 36,5 \text{ mV}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Q &= \frac{\sum_{i=2}^5 \frac{i \cdot \pi}{\ln \frac{\hat{u}_0}{\hat{u}_i}}}{4} \\
&= \left(\frac{2 \cdot \pi}{\ln(97,1/66,1)} + \frac{3 \cdot \pi}{\ln(97,1/54,7)} + \frac{4 \cdot \pi}{\ln(97,1/44,7)} + \frac{5\pi}{\ln(97,1/36,5)} \right) \cdot \frac{1}{4} \\
&= 16,3
\end{aligned}$$

$$5.2. \quad Q = \frac{\omega_0 \cdot C}{R_r}$$

$$\text{Mit } L = \frac{1}{\omega_0^2 \cdot C} \text{ und } R_r = \frac{X_0^2}{X_p} \text{ folgt:}$$

$$Q = \omega_0 \cdot \frac{1}{\omega_0^2 \cdot C} \cdot \frac{R_p}{X_0^2}$$

$$\text{Mit } X_0 = \frac{1}{\omega_0 \cdot C} \text{ und } R_p = \frac{\tau}{2 \cdot C}; \tau = \frac{t_r}{2,2} \text{ folgt weiterhin:}$$

$$Q = \omega_0 \cdot \frac{t_r}{2 \cdot 2,2} = 7,52 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1} \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{1,49 \cdot 10^{-3} \text{ s}}{4,4} = 16,0$$

Die Ergebnisse für den Gütefaktor Q unterscheiden sich nur um wenige Zehntel. Diese Differenz resultiert vermutlich aus leichten Ablese- und Darstellungsfehlern beim Messen mit dem Oszilloskop.

5.3.

- $R_1 \Rightarrow$ starke Dämpfung
- $R_2 \Rightarrow$ mittlere Dämpfung
- $R_3 \Rightarrow$ leichte Dämpfung

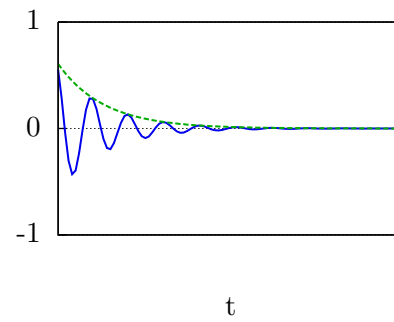


Abbildung 10: R_1

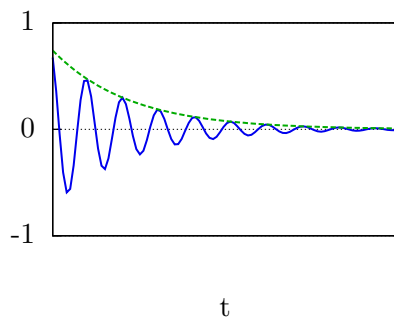


Abbildung 11: R_2

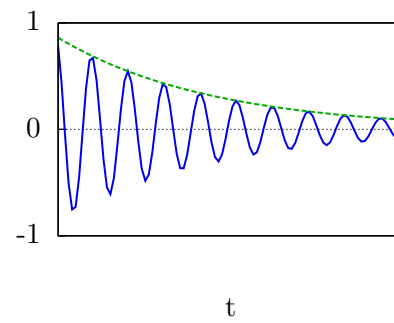


Abbildung 12: R_3