

# Versuch 1: Ausbreitung von Signalen auf Leitungen

Cornelius Heiming

29.04.2025

## 1 Einleitung

## 2 Theorie

## 3 Voraufgaben

**Voraufgabe A: Was muss man tun, um große Verzögerungszeiten zu erreichen?**

Für große Verzögerungszeiten muss die Phasengeschwindigkeit  $v_{\text{ph}} = \frac{1}{\sqrt{L'C'}}$  klein sein. Dies ist der Fall, wenn die Induktivität  $L'$  und die Kapazität  $C'$  pro Längeneinheit groß sind. Gemäß der Formel  $v_{\text{ph}} = \frac{1}{\sqrt{L'C'}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}}$  ist dies der Fall, wenn die Leitung große relative Permittivität  $\epsilon_r$  und große relative Permeabilität  $\mu_r$  hat.

**Voraufgabe B: Welche Konsequenz für den Wellenwiderstand haben die verschiedenen Möglichkeiten, die Verzögerungszeiten zu verändern?**

Die Verzögerungszeit ist abhängig von den Leitungskonstanten  $L'$  und  $C'$ . Gemäß der Formel  $Z = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$  im Idealfall verändert sich der Wellenwiderstand  $Z$  mit der Induktivität  $L'$  und entgegen der Kapazität  $C'$ . Im realen Fall ist die Beziehung zwischen Wellenwiderstand und Leitungskonstanten komplizierter, da auch die Widerstandsverluste  $R'$  und die Leitungsverluste  $G'$  eine Rolle spielen. Vom qualitativen Verhalten sollten allerdings ähnliche Aussagen wie im Idealfall gelten.

**Voraufgabe C: Sei ein Kabel abgeschlossen mit  $R_A = Z$ . Wie hängt der Eingangswiderstand  $R_{\text{in}}$  des Kabels von seiner Länge ab?**

Da das Kabel am Ende abgeschlossen ist, finden keine Reflexionen statt ( $r = 0$ ). Also gleicht der Eingangswiderstand  $R_{\text{in}}$  gerade dem Wellenwiderstand  $Z$ , ist also unabhängig von der Länge des Kabels.

**Vorübung D: Berechnen Sie die Phasengeschwindigkeit sowie den Wellenwiderstand eines Leiters mit den Eigenschaften  $R_A/R_I = 2.3$ ,  $\epsilon_r = 1.5$  und  $\mu_r = 1.5$  unter Annahme eines verlustfreien Idealfalls. Was für eine Verzögerungszeit pro Meter ergibt sich daraus?**

Im verlustfreien Fall gelten für die Phasengeschwindigkeit  $v_{ph}$  und den Wellenwiderstand  $Z$  die Formeln:

$$v_{ph} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}} = \frac{1}{\sqrt{1.5 \cdot 1.5}} = \frac{1}{\sqrt{2.25}} = \frac{2}{3},$$

$$Z = \sqrt{\frac{R_A/R_I}{\epsilon_r \mu_r}} = \sqrt{\frac{2.3}{1.5 \cdot 1.5}} = \frac{\sqrt{2.3}}{1.5} \approx 1.01.$$

Daraus ergibt sich für die Verzögerungszeit pro Meter:

$$\tau = \frac{1}{v_{ph}} = \frac{1}{\frac{2}{3}} = \frac{3}{2} = 1.5.$$

## 4 Versuchsaufbau, -durchführung, Messwerte und Auswertung

Zunächst werden die Seriennummern der verwendeten Laborgeräte notiert.

### Versuchsaufgabe 1: Differenzierglied

Ein RC-Glied wird (ohne 2,2 k $\Omega$  Abschluss) zwischen einen Funktionsgenerator und einen

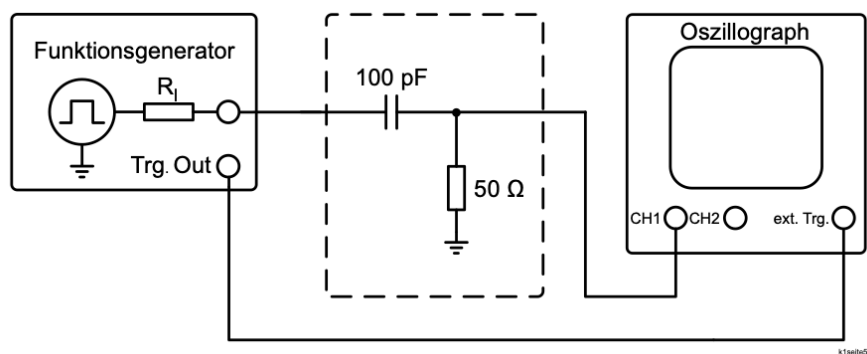


Abbildung 1: Aufbau des Differenzierglieds [1]

Oszillographen geschaltet. Der Funktionsgenerator wird auf eine Frequenz von 200 kHz eingestellt. Dann wird das Oszillogramm gezeichnet und dasselbe mit dem 2,2 k $\Omega$  Abschlusswiderstand wiederholt.

### Versuchsaufgabe 2: Impulse auf Kabeln

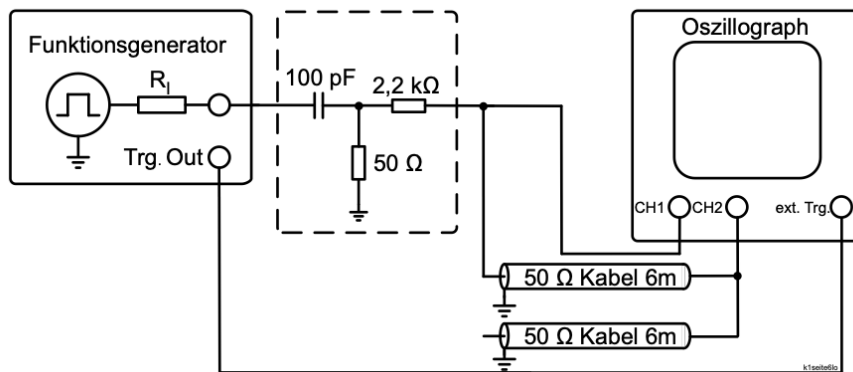


Abbildung 2: Schaltplan für ein Kabel mit zwei offenen Enden [1]

Jetzt sollen die Impulse auf einem an beiden Enden offenen Kabel untersucht werden. Dazu wird ein Funktionsgenerator, welcher im Rechteckmodus mit 100 kHz betrieben wird, vor ein RC-Glied mit Abschluss, welches als Impulsgeber dient, geschaltet. Diese Impulse werden einerseits im CH1 des Oszillographen angezeigt, andererseits durch zwei hintereinandergeschaltete Kabel mit jeweils 50  $\Omega$  Wellenwiderstand geschickt. Zwischen den beiden Kabeln wird der Oszillograph im CH2 geschaltet. Der Funktionsgenerator dient als externer Trigger für den Oszillographen, die beiden Kanäle werden mit derselben Empfindlichkeit betrieben.

### Versuchsaufgabe 3: Leitungsabschluss, Verzögerungszeit

Nun wird die Auswirkung unterschiedlicher Leitungsabschlüsse auf die Impulse untersucht.

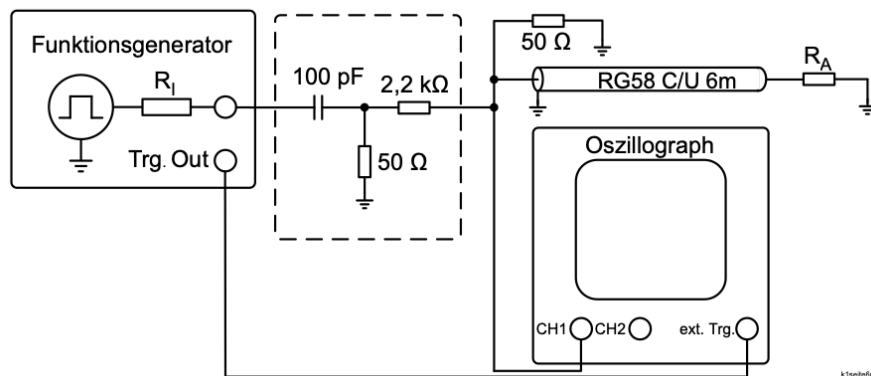


Abbildung 3: Schaltplan für ein Kabel mit einem offenen und einem geschlossenen Ende [1]

Dazu wird weiterhin extern getriggert, der Impulsgenerator wird auch an CH1 angeschlossen. Statt der beiden Kabel wird jetzt mittels eines T-Stücks ein Verzögerungskabel mit 50  $\Omega$  Wellenwiderstand und 6 m Länge verwendet, welches am anderen Ende mit einem Widerstand  $R_A = 50 \Omega$  abgeschlossen ist. Es für jede der folgenden Anordnungen mit und ohne einem zusätzlichen Widerstand von 50  $\Omega$  parallel zum Kabel gemessen:

- (a) Offenes Ende
- (b) Offenes Ende im Detail ( $\times 10$ )
- (c) Kurzgeschlossenes Ende
- (d) Kurzgeschlossenes Ende bei verschiedenen Frequenzen (Zeitablenkung von  $0,2 \mu\text{s cm}^{-1}$ )

## Versuchsaufgabe 4: Klippkabel, Dämpfung

Zuletzt wird das Verzögerungskabel mit einem kürzeren, sogenannten Klippkabel, mit

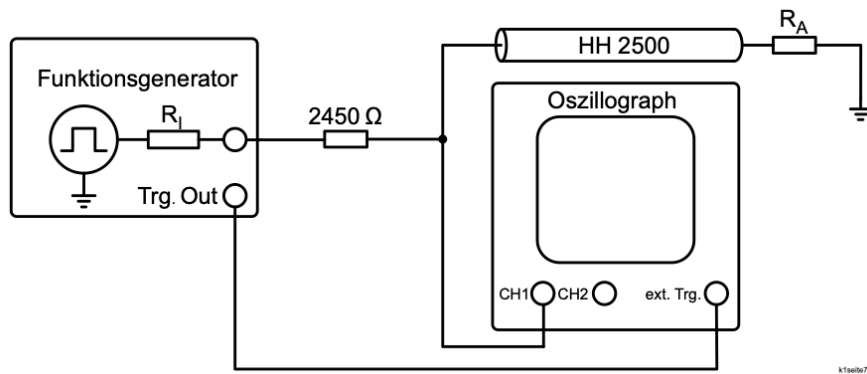


Abbildung 4: Schaltplan für ein Klippkabel [1]

0,7 m Länge ersetzt. Anstatt des Differenzierglieds wird ein Widerstand von  $2450 \Omega$  eingebaut, der Widerstand vor dem Kabel wird entfernt. Der Funktionsgenerator wird auf eine Frequenz zwischen 10 kHz und 80 kHz eingestellt. Die Schaltverbindungen erfolgen mit  $50 \Omega$  Koaxialkabeln. Dann wird unter den folgenden Umständen am Oszillographen gemessen:

- (a) Klippkabel mit  $50 \Omega$  Abschluss, d.h. offen
- (b) Klippkabel kurzgeschlossen
- (c) Klippkabel kurzgeschlossen mit variierter Frequenz
- (d) 2 m Klippkabel kurzgeschlossen

## 5 Fazit

## Literatur

- [1] *Elektronik-Praktikum - Versuchsbeschreibungen*. [https://ecampus.uni-bonn.de/goto\\_ecampus\\_file\\_3695287\\_download.html](https://ecampus.uni-bonn.de/goto_ecampus_file_3695287_download.html). Apr. 2025.