1 | Ausbreitung von Signalen auf Leitungen

Angelo Brade, Jonas Wortmann

August 22, 2024

Contents

1 Einleitung

In diesem Versuch werden Koaxialkabel behandelt und ihre Eigenschaften behandelt. Die Reflexionseigenschaften innerhalb von Koaxialkablen sollen verstanden, sowie die Verzögerungszeit eines Kabels gemessen werden. Zudem soll das Rechtecksignal eines Hochpasses differenziert werden.

2 Theorie

Eine Doppelleitung (Hin– und Rückleiter), deren elektrische Eigenschaften längs der ganzen Strecke gleichbleiben, nennt man homogene Leitung. Koaxialkabel sind homogene Leitungen und bestehen aus einem leitenden Draht in der Mitte, darum ein Dielektrikum und wieder darum ein Geflecht aus einem leitenden Material welches Strahlung abschirmt. Das ganze Kabel ist isoliert.

Kabel können auch näherungsweise über eine Kette von LC–Gliedern dargestellt werden. Hier verteilt sich die gesamte Induktivität und Kapazität über das gesamte Kabel. Ein Ersatzschaltbild für die Wellenausbreitung in einem Leiter ist Der Wellenwiderstand eines

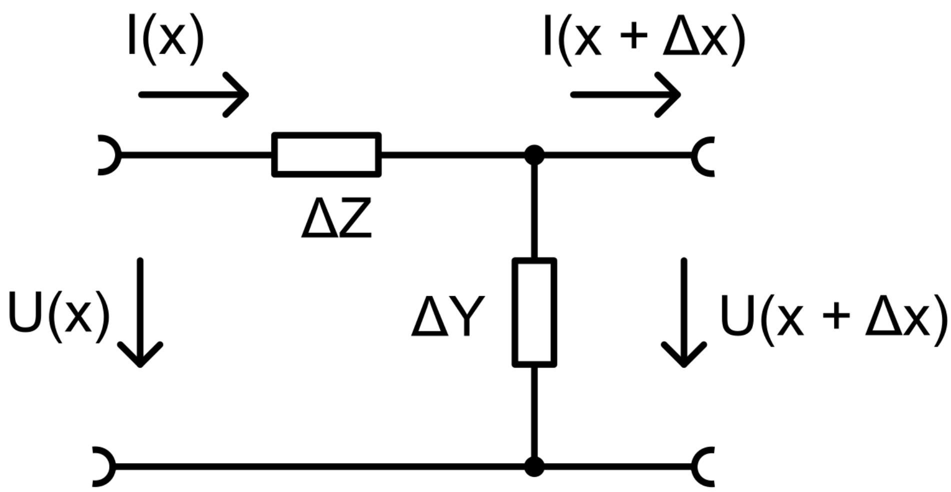

Figure 1: Ersatzschaltbild zur Wellenausbreitung; Abbildung 1.3 [1]

Kabels ist definiert als

$$Z = \frac{U_h(x)}{I_h(x)} = \frac{U_r(x)}{-I_r(x)}, \tag{2.1}$$

mit $_h$ der Hinrichtung und $_r$ der Rückrichtung. Im verlustfreien Fall ist $Z = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$, also rein reell. Für ein Koaxialkabel mit Innenradius R_i und Außenradius R_a gilt

$$Z = Z_{\text{frei}} \cdot \frac{\ln\left(\frac{R_a}{R_i}\right)}{2\pi}, \tag{2.2}$$

wobei $Z_{\text{frei}} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} = 120\pi\,\Omega$ der Wellenwiderstand des Vakuums ist.

Es existieren drei verschiedene wichtige Möglichkeiten für den Abschlusswiderstand in einer Leitung.

- Angepasster Abschluss: $R_A = Z, r = 0, s = 1, m = 1$
- Offene Leitung: $R_A = \infty, r = +1, s = \infty, m = 0$
- Kurzschluss: $R_A = 0, r = -1, s = \infty, m = 0$

Hier beschreiben R_A den Abschlusswiderstand, r den Reflexionskoeffizienten, s das Stehwellenverhältnis und m den Anpassungsfaktor.

3 Voraufgaben

3.1 A

Um große Verzögerungszeiten zu erreichen muss eine kleine Phasengeschwindigkeit sichergestellt werden, entsprechend große Permeabilität und Permitivität.

3.2 B

Wird die Verzögerungszeit über die Phasengeschwindigkeit geändert, so ändert sich auch der Wellenwiderstand, da diese Größen verschiedene Proportionalitäten besitzen

$$v_{\mathrm{ph}} \propto \frac{1}{\sqrt{L'C'}} \qquad Z \propto \sqrt{\frac{L'}{C'}}. \tag{3.1}$$

Das Aufwickeln des Innenleiters um einen Ferritkern damit die Induktivität des Kabels gesteigert wird ändert den Wellenwiderstand nicht.

3.3 C

Sei ein Kabel abgeschlossen mit $R_A = Z$, findet keine Reflexion statt. Alle Energie, die am Eingang des Kabels einläuft, wird am Kabelende vollständig an den Verbraucher R_A abgegeben, da dieser wie eine Fortsetzung des Kabels aussieht. Der Eingangswiderstand ist hier also unabhängig von der Länge des Kabels.

3.4 D WIP Z

Sei ein verlustfreier idealer Leiter mit den Eigenschaften $\frac{R_A}{R_I} = 2.3, \varepsilon_r = 1.5$ und $\mu_r = 1.5$. Dann ist die Phasengeschwindigkeit

$$v_{\mathrm{ph}} = \frac{c_0}{\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}} = \frac{c_0}{1.5} \approx 1.93 \times 10^8\,\mathrm{m\,s^{-1}}, \tag{3.2}$$

der Wellenwiderstand

$$Z = \tag{3.3}$$

und die Verzögerung

$$\Delta = \frac{1}{v_{\mathrm{ph}}} = \frac{1.5}{c_0} \approx 5.2 \times 10^{-9}\,\mathrm{s\,m^{-1}} \approx 5.2\,\mathrm{ns\,m^{-1}}. \tag{3.4}$$

4 Auswertung

List of Figures

List of Tables

Source

[1] Fabian Hügging. *Elektronik–Praktikum Versuchsanleitung*. Universität Bonn, kurs b edition, 2024.