

Martin Luther Universität FB Physik	<b>G 1</b>  <b>Passive Zweipole und Vierpole</b>	<b>1.2</b>
Elektronik Messtechnik		

## Leitungen

### 1 Aufgaben

- 1.1 Berechnen Sie die Induktivität  $L'$  und die Kapazität  $C'$  pro Längeneinheit des Kabels aus den gegebenen Daten und daraus seinen Wellenwiderstand  $\underline{Z}_0$  und die Signallaufzeit  $t'_l$ .
- 1.2 Bestimmen Sie  $\underline{Z}_0$  und  $t'_l$  durch Messen der Induktivität  $L$  und der Kapazität  $C$  des Kabels.
- 1.3 Bestimmen Sie den Wellenwiderstand  $\underline{Z}_0$  des Kabels mittels kurzer Impulse aus seinem reflexionsfreien Abschluss.
- 1.4 Messen Sie Laufzeit  $t_l$  und Dämpfung  $\delta$  des Kabels mittels der Impulsecho-Methode. Erläutern Sie die Schirmbilder.

### 2 Theoretische Grundlagen

Von einer homogenen Leitung spricht man, wenn ihre geometrischen und elektrischen Eigenschaften ortsunabhängig sind. Die Übertragungseigenschaften einer solchen Leitung lassen sich mittels ihrer auf die Längeneinheit bezogenen Längsimpedanz  $R' + j\omega L'$  und Queradmittanz  $G' + j\omega C'$  beschreiben. Die Anteile  $L'$  und  $C'$  werden durch die Kabelgeometrie und die elektromagnetischen Stoffkonstanten des Isoliermaterials bestimmt. Für ein Koaxialkabel gilt

$$L' = \frac{\mu_0 \mu_r}{2\pi} \ln \frac{r_a}{r_i} \quad , \quad C' = 2\pi \epsilon_0 \epsilon_r \frac{1}{\ln \frac{r_a}{r_i}} \quad .$$

Als Wellenwiderstand  $\underline{Z}_0$  bezeichnet man das Verhältnis der Momentanwerte von Spannung und Strom. Für eine homogene Leitung erhält man den ortsunabhängigen Wert

$$\underline{Z}_0 = \sqrt{\frac{R' + j\omega L'}{G' + j\omega C'}} \quad .$$

Setzt man  $\mu_r = 1$ , so kann der Wellenwiderstand einer homogenen koaxialen Leitung aus der zugeschnittenen Größengleichung

$$\underline{Z}_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln \frac{r_a}{r_i} \quad (\underline{Z}_0 \text{ in Ohm})$$

berechnet werden. Schließt man eine Leitung mit einem Widerstand  $R_a = \underline{Z}_0$  ab, wird ein über die Leitung zu diesem Abschlusswiderstand laufendes Signal von diesem vollständig absorbiert. Man sagt, die Leitung ist angepasst; es tritt keine Reflexion auf. In allen

anderen Fällen wird ein Teil der Signalenergie reflektiert. Für den Reflexionsfaktor gilt

$$\underline{r} = \frac{\underline{Z}_a - \underline{Z}_0}{\underline{Z}_a + \underline{Z}_0} \quad .$$

Als Laufzeit  $t'_l$  bezeichnet man die Zeit, in der ein bestimmter Signalzustand den Weg von einer Längeneinheit zurückgelegt hat. Für eine homogene Leitung gilt bei Vernachlässigung der Dämpfung

$$t'_l = \sqrt{L'C'} \quad .$$

### 3 Hinweise zu den Aufgaben

Das von Ihnen zu untersuchende Kabel hat folgende Daten:

Geometrie:	Radius des Innenleiters	$r_i$	=	0,55 mm,
	Radius des Außenleiters	$r_a$	=	2,65 mm,
	Länge	$l$	=	50 m;
Dielektrikum:	relative Dielektrizitätskonstante	$\epsilon_r$	=	1,58,
	relative Permeabilität	$\mu_r$	=	1,0.

Nehmen Sie bei allen Rechnungen das Kabel verlustfrei an. Überlegen Sie, wie das Kabelende bei der Messung der Kabelkapazität bzw. -induktivität geschaltet werden muss! Die Induktivitätsmessung mit der vorhandenen LC-Messbrücke ist problematisch; überlegen Sie, warum! Beachten Sie die Messfrequenz der Brücke und die Güte des als Spule geschalteten Kabels.

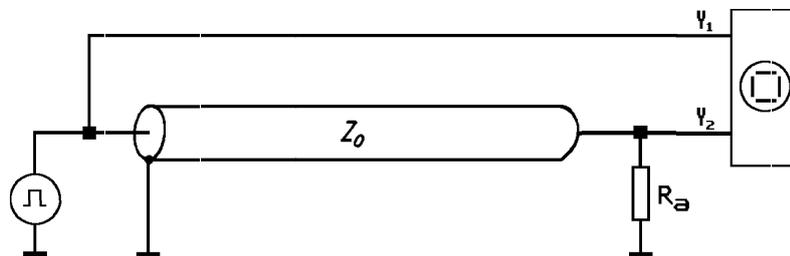


Abb. 1 Versuchsaufbau

Die Impulsdauer  $t_p$  am Signalgenerator muss kleiner als die Laufzeit  $t_l$  gewählt werden. Drucken Sie die Bildschirmdarstellung und erläutern Sie die Schirmbilder in den Fällen, in denen Reflexionen auftreten.

Tatsächlich ist das Kabel nicht verlustfrei, sondern weist eine Dämpfung auf. Messen Sie die Dämpfung für eine Impulsausbreitungsstrecke von 50 m und von 100 m.

Beachten Sie, dass das Kabel zur Messung der Dämpfung am Ende der Impulsausbreitungsstrecke reflexionsfrei abgeschlossen sein muss. Mit einem Serienwiderstand zwischen Generatorausgang und Kabel kann der Innenwiderstand der Signalquelle auf den Wellenwiderstand des Kabels eingestellt werden.

Geben Sie die Dämpfung in Dezibel (dB) an.