



Elektronikpraktikum

4 Signalausbreitung auf Leitungen

Stichworte zur Vorbereitung: Wellenwiderstand, Leitungstheorie für homogene Leitungen, Leitungsbeläge, Dämpfung, Anpassung, Reflexionsfaktor, Phasengeschwindigkeit, Gruppengeschwindigkeit, Fouriertransformation einer Deltafunktion und einer Rechteckfunktion im Zeitraum.

Schriftliche Vorbereitung: Leiten Sie für einen Stromkreis mit Quellenspannung U_0 , Quellenwiderstand R_i , Klemmenspannung U_{kl} und Lastwiderstand R_L einen Ausdruck für die am Lastwiderstand erzeugte Leistung ab. Bei welchem R_L liegt das Maximum der abgegebenen Leistung?

Erklären Sie anhand eines Ersatzschaltbilds die Eigenschaften eines koaxialen Leiters. Stellen Sie die Kenngrößen eines Kabels vom Typ RG-58 dar.

Verständnisfragen: Was versteht man unter dem Wellenwiderstand einer Leitung? Wann tritt Reflexion auf, wann spricht man von Anpassung? Welcher Zusammenhang besteht zwischen Signalübertragung und Bandbreite?

Hinweise:

Stellen Sie am Oszilloskop die Sprache auf Deutsch, damit die unten gegebenen Anweisungen passen. Lassen Sie für die nachfolgenden Experimente die Lastimpedanz des Signalgenerators auf dem voreingestellten Wert von 50Ω . Für eine zuverlässige Triggerung und konsistente Darstellung auf dem Oszilloskop ist es von Vorteil, stets externe Triggerung auf den SYNC Ausgang der Signalquelle zu verwenden. Verwenden Sie zur Aufzeichnung der Signalverläufe das fertige LabVIEW-Programm „*oszisnaps-hot.vi*“

4.1 Impedanzanpassung



Abbildung 1: Variabler Abschlusswiderstand

Was bedeutet Impedanzanpassung und wozu braucht man sie?

Verbinden Sie den Ausgang des Funktionsgenerators über eine 1 m-Koaxialleitung mit dem Oszilloskop.

Erklären Sie die gemessene Signalamplitude für ein angelegtes Sinussignal mit 100 kHz und $3V_{\text{rms}}$.

Fügen Sie mit Hilfe eines BNC-T-Stücks zwischen Kabelende und Oszilloskopeingang den variablen Abschlusswiderstand ein und stellen Sie Leistungsanpassung ein (s. Abb.1).

Welcher Widerstand war zur Anpassung nötig?

4.2 Dämpfung



Abbildung 2: Aufbau mit 10 m-Kabel

Untersuchen Sie die Signaldämpfung auf einem 10 m-Kabel in Abhängigkeit von der Frequenz des eingespeisten Signals zwischen 100 kHz und 50 MHz. Stellen Sie dazu am Generator ein Sinussignal mit $3V_{\text{rms}}$ ein. Verbinden Sie den Generatorausgang über das 1 m-Kabel und ein BNC-T-Stück mit CH 1 des Oszilloskops. Führen Sie das Signal

vom BNC-T-Stück weiter über das 10 m-Kabel zu CH2, wo über ein weiteres BNC-T-Stück die Leitung mit 50Ω (bei abgezogener Box genau einstellen!) abgeschlossen wird (s. Abb.2).

Wie lautet die Effektivspannung der Signale U_e und U_a für jede Frequenz?

Wie ist der Verlauf der Kabeldämpfung $a = 20 \log \frac{U_e}{U_a}$ [dB] über der Frequenz?

Erstellen Sie ein doppelt-logarithmisches Diagramm für die Dämpfung in dB/100m.

4.3 Dispersion

Was bedeutet Dispersion? Untersuchen Sie die Signalgeschwindigkeit c auf dem 10 m-Kabel in Abhängigkeit von der Frequenz. Stellen Sie dazu bei 500 kHz die Signale auf CH1 und CH2 ohne Offset in der vertikalen Bildschirmmitte dar, so dass sie übereinanderliegen. Um die (geringe) Laufzeitdifferenz zu sehen, erhöhen Sie auf beiden Kanälen die Eingangsempfindlichkeit.

Untersuchen Sie nun die Frequenzabhängigkeit bis 50 MHz und stellen Sie das Ergebnis in einem Diagramm c über $\log f$ dar.

Hinweis:

Beachten Sie das Cheatsheet "Richtig messen"(Punkt 2)

4.4 Pulsformanalyse

Entfernen Sie das 10 m-Kabel und stellen Sie sicher, dass die Leitung wie Abb. 1 mit 50Ω abgeschlossen ist. Schalten Sie den Funktionsgenerator auf Pulsbetrieb und wählen Sie eine Pulsbreite (Width) von 20 ns, eine Anstiegszeit (Edge Time) von 5 ns, eine Wiederholfrequenz von 100 kHz, ein Low Level von 0 V, ein High Level von 5 V.

Untersuchen Sie nun die Pulsform an CH1 mit dem Oszilloskop (CH2 abschalten). Dokumentieren Sie jeden Schritt der folgenden Messaufgaben durch Abspeichern des Oszilloskop-Bildes und Notiz Ihrer Beobachtungen:

Messen Sie die 10%–90%-Signalanstiegszeit.

Tipp:

Cheatsheet "Oszilloskop" beachten

Berechnen Sie aus der gemessenen die wahre Signalanstiegszeit unter Berücksichtigung der Bandbreite des Oszilloskops.

Justieren Sie die Spannungsnulllinie zurück auf die vertikale Bildschirmmitte und legen Sie den Puls auf der Zeitachse symmetrisch in die Mitte des Oszilloskop-Bildschirms.

Schalten Sie nun das MATH MENU ein (rote Taste) und wählen Sie die Operation FFT (Fast Fourier Transformation). Durch Änderung der HORIZONTAL Zeitauflösung (Abtastrate) können Sie den dargestellten Spektralbereich sinnvoll einstellen. Beobachten Sie das Spektrum bei Veränderung der Pulsbreite Δ und der Ansteigsflanke. Interpretieren Sie das Spektrum. **Welche Frequenzen fehlen bei einem Impuls der Breite Δ ?** Erläutern Sie die Zusammenhänge zwischen Pulsform und Spektrum in der Ausarbeitung zum Versuch.

Überprüfen Sie Ihre Überlegung, indem Sie das Zeitsignal Ihres Pulses (Width 20 ns, Edge Time 5 ns) beobachten und dabei die Bandbreite des Oszilloskops ändern.

4.5 Pulsausbreitung

Entfernen Sie den Abschlusswiderstand und verbinden Sie stattdessen das 10 m-Koaxialkabel mit dem BNC-T-Stück an CH1. Beschreiben Sie Ihre Beobachtung (Zeitauflösung ca. 100 ns/Div wählen) bei offenem Kabelende und bei Kurzschluss am Kabelende (variablen Abschlusswiderstand auf Null stellen). Stellen Sie dann den Abschlusswiderstand so ein, dass keine Reflexion stattfindet.

Welchen Wert messen Sie bei abgezogener Widerstandsbox mit dem Ohmmeter?

Wodurch entstehen die Formunterschiede zwischen dem eingespeisten und dem reflektierten Puls?

Selbst bei bestem Bemühen kann durch Anpassen des Abschlusswiderstands das reflektierte Signal nicht ganz zum Verschwinden gebracht werden — **woran könnte das liegen?**

Stecken Sie das Ende des 10 m-Kabels auf CH2. **Welchem Abschlusswiderstand entspricht dies?** Erklären Sie die Amplitude des Signals an CH2.

Vergrößern Sie nun die Impedanz des Generators, indem Sie auf die Ausgangsbuchse einen (unbekannten) Widerstand stecken (rundes Gehäuse mit BNC-Buchsen, Abb.3).

Beobachten Sie wieder bei offenem Kabelende, Kurzschluss und angepasstem Abschlusswiderstand (Aufbau wie in Abb. 2) und erklären Sie die auftretenden Pulsmuster.



Abbildung 3: Unbekannter Quellwiderstand

Berechnen Sie die neue Quellimpedanz aus den Amplituden der am offenen Kabelende reflektierten Pulse (Abschlusswiderstand entfernen, Kabelende auf CH 2 stecken lassen!). Um das „Dach“ der Pulse richtig zu sehen, verbreitern Sie den Eingangspuls so weit, dass die reflektierten Pulse gerade noch voneinander getrennt sind. Vernachlässigen Sie bei der Auswertung die Dämpfung durch das Kabel.