



# HSB

Hochschule Bremen  
City University of Applied Sciences

## Elektrische Messtechnik (ELMESS)

### **Laborversuch 1: Oszilloskop (OSZ)**

Fakultät 4: Elektrotechnik und Informatik Technische Informatik

WS 2021/2022

Laborbetreuer: Prof. Dr. Ing. Manfred Mevenkamp  
M.Sc.-Phys. Hendrik Sander

#### Labor Gruppe C7

Kelly Mbitketchie Koudjo  
Kevin Pfeifer

ISTI (B.Sc)  
DSI (B.Sc.)

Matrikel Nr. 5136175  
Matrikel Nr. 5131378

## 4.1 Messaufbau

Für diesen Laborversuch stand zur Verfügung:

- Ein Oszilloskop mit 2 Tastköpfen
- Eine Box mit Signalgenerator
- Eine Platine mit  $1k\Omega$  Widerstand und Schraubklemme mit Kondensator
- Ein Multimeter
- BNC-Kabel
- Federklemmen
- Ein Computer

Für die Messung während der Versuchsdurchführung wurden folgende Messgeräte benutzt:

### 1. Ein Digitaloszilloskop

Es ist ein Oszilloskop, das das Eingangssignal digital speichert und analysiert, anstatt analoge Techniken zu verwenden. Heutzutage ist es die am häufigsten verwendete Art von Oszilloskop aufgrund der erweiterten Trigger-, Speicher-, Anzeige- und Messfunktionen beziehungsweise Messmethoden, die es anbietet. Bei diesem Versuch wurde das DSO-X 2024A Oszilloskop (4-Kanal und Bandbreite 200 MHz) mit Messmethoden wie die "Cursor-Methode" (vertikale und/oder horizontale Messung) und die "Trace-Daten-Methode" (automatische Messung der Signale am Computer darstellen) benutzt.

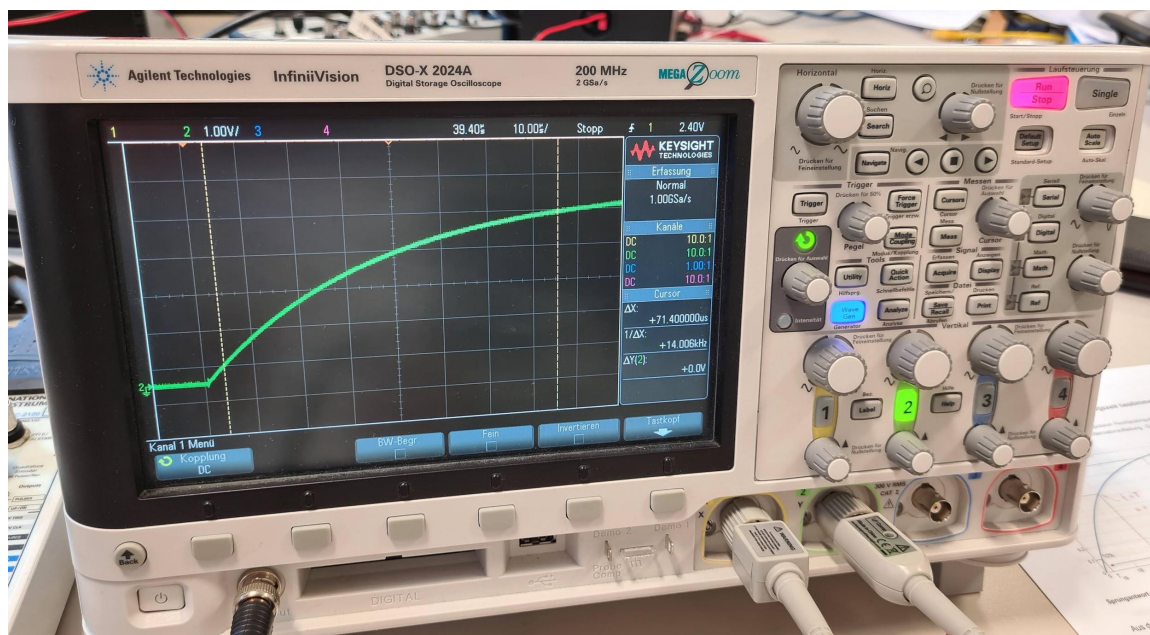


Abbildung 1: Agilent/Keysight - DSO-X 2024A Digital Oszilloskop, InfiniiVision 2000 X-Series

### 2. 2 Tastköpfen (Dämpfung 10:1)

Der Tastkopf, auch Tastteiler ist ein Messmittel für hauptsächlich verwendet bei Messungen mit dem Oszilloskop. Bei der Vielzahl an Messaufgaben kann das Oszilloskop nicht immer direkt an das Messobjekt angeschlossen werden, deswegen hilft je nach Anforderungen zur Anpassung die Zwischenschaltung eines Tastkopfes, der das Messsignal über ein Koaxialkabel an das anzeigende Messgerät weitergibt. In diesem Versuch wurden 2 passiven Tastköpfen (N2863B und N2842A) mit der Dämpfung 10:1 zur Verfügung gestellt.



Abbildung 2: Keysight N2863B und N2842A

### 3. Eine Box mit Signalgenerator

Sie ist eine Box, die elektrische Spannung mit einem charakteristischen Zeitverlauf erzeugt. Signalgenerator ist der Oberbegriff für alle signalerzeugenden Generatoren. Für den Versuch wurde eine BNC-2120-Box (eine Box mit BNC-Kabel) als ein TTL-Signalgenerator angewendet.



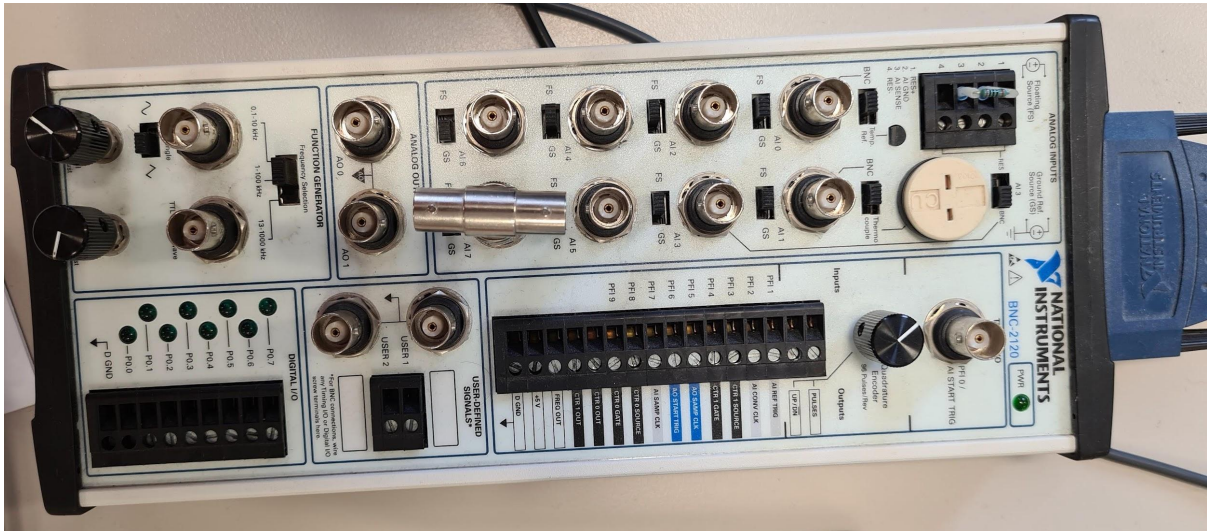


Abbildung 3: BNC-2120-Box mit Signalgenerator

#### 4. Eine RC-Filterschaltung

Unter RC-Gliedern versteht man in der Elektrotechnik Schaltungen, die aus einem ohmschen Widerstand  $R$  und einem Kondensator  $C$  aufgebaut sind. RC-Glieder sind lineare und zeitinvariante Systeme. In diesem Fall ging es um einen RC-Tiefpass mit Widerstandswert  $R = 1k\Omega$  gearbeitet.

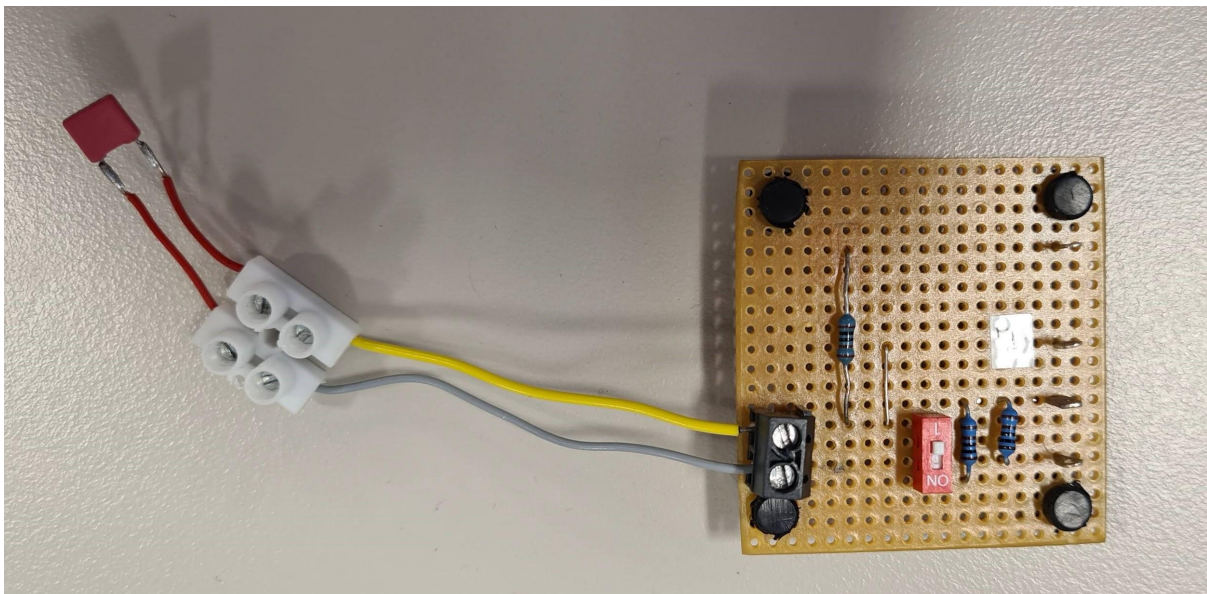


Abbildung 4: RC-Filterschaltung mit  $R = 1k\Omega$

#### 5. Ein Multimeter

Ein Multimeter ist ein Messgerät, das mehrere elektrische Eigenschaften messen kann. Ein typisches Multimeter kann Spannung, Widerstand und Strom messen, in diesem Fall wird es auch als Volt-Ohm-Milliammeter(VOM) bezeichnet, da das Gerät mit Voltmeter-, -Amperemeter und -Ohmmeterfunktionalität ausgestattet ist. Einige bieten die Messung

zusätzlicher Eigenschaften wie Temperatur und Volumen. Beim Versuch OSZ wurde mit einem METRAHIT TRMS-Multimeter als Ohmmeter gearbeitet.

**(Falls ein Bild vorhanden ist)**

Abbildung 5: METRAHIT TRMS Multimeter

## 4.2 Zu Abschnitt 3.3 "Anstiegszeit ermitteln"

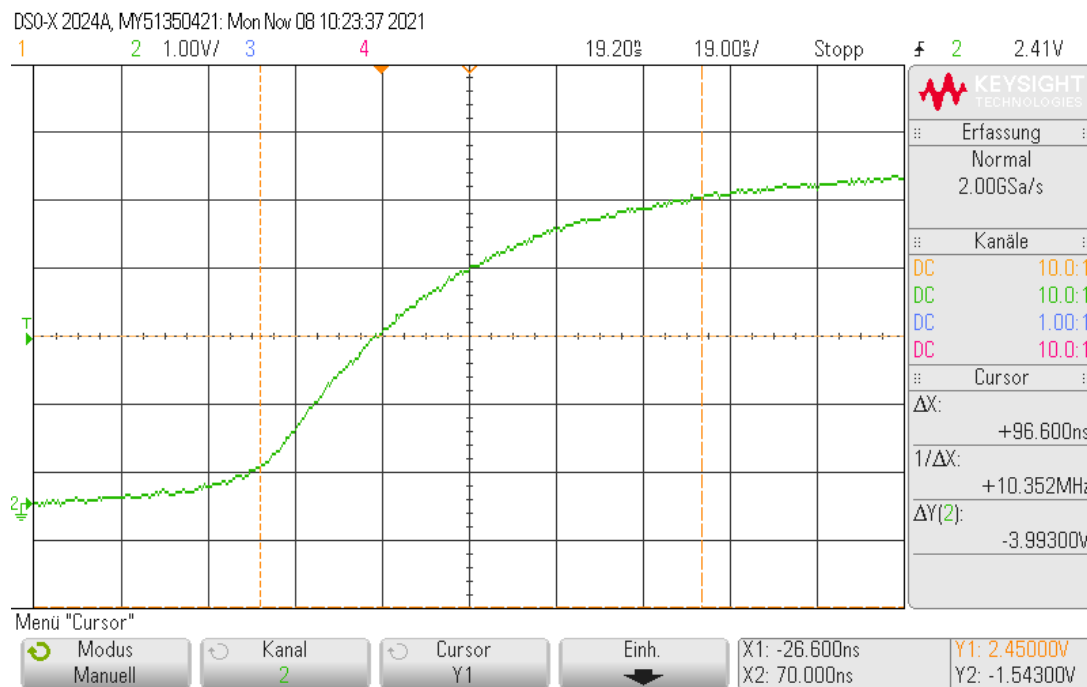


Abbildung 6: Anstiegszeit

- Die Anstiegszeit  $t_r$  und ihre Unsicherheit bestimmen

Für die Bestimmung der Anstiegszeit muss erstmal die Zeitkonstante  $T$  berechnet werden. Dafür werden die  $X_1$  und  $X_2$  auf die Rasterlinie des 10%- und 90%-Niveaus verschoben und man erhält:  $X_1 = -26,6ns$  und  $X_2 = 70ns$ . Danach wird es festgelegt, dass die Cursor eine Unsicherheit von  $\pm \frac{1}{20} \text{Div}$  haben mit  $19 ns/\text{Division}$ .

$$\text{Dementsprechend } \Delta t_i = \frac{19 ns}{20} = 0,95ns$$

$$\text{Daraus folgt: } t_1 = -26,6ns \pm 0,95ns$$

$$t_2 = 70ns \pm 0,95ns$$

$$\text{Die Auswertung ergibt dann: } T = (t_2 - t_1) \pm \Delta T$$

$$\text{Vobei } \Delta T = \sqrt{\Delta t_1^2 + \Delta t_2^2} = \sqrt{(0,95^2)ns + (0,95^2)ns} = 1,343ns$$

$$\Rightarrow T = (70ns - (-26,6ns)) \pm 1,343ns$$

$$\Rightarrow T = 96 ns \pm 1,343ns$$

Aus dem Anhang A ist  $t_r \approx 2,2 \cdot T \Leftrightarrow t_r \approx 2,2 \cdot (96,6ns \pm 1,343ns)$   
 $\Leftrightarrow t_r \approx 212,52ns \pm 2,954ns$

Die Anstiegszeit lautet  $t_r = 212,52ns$

und ihre Unsicherheit ist  $\Delta t_r = 2,954ns$

- Abweichung vom Oszilloskop-Messwert

Der Oszilloskop-Messwert ist  $\Delta x = 96,6ns$ .

Abweichung:  $\Delta x - \Delta t_r = 96,6ns - 2,954ns = 93,646ns$

- Zusammenhang zur Bandbreite

$$\frac{t_r}{\text{Bandbreite}} = \frac{0,35}{200 \text{ MHz}} = 1,75ns$$

- Ja, damit lässt sich entscheiden, dass die nichtidealen Flanken durch den Signalgenerator verursacht werden, oder ob das Oszilloskop eventuell so steile Flanken nicht korrekt darstellen kann, weil beim TTL-Signals ist ein sehr hohe Anstiegszeit mit einer deutlich weniger Unsicherheit, im Vergleich zu dem Oszilloskop, das eine große Unsicherheit für eine sehr kleine Anstiegszeit hat.

### 4.3 Zu Abschnitt 3.4.1 “Widerstand”

- Messwert des Widerstands mit absoluter Unsicherheit:

Messwert des Widerstands:  $R = 1,003k\Omega$

Genauigkeit aus der technischen Kennwerte des Multimeter:  $\pm 2,0\% v.M + 10 D$

$$\begin{aligned} \text{Absolute Unsicherheit: } \Delta R &= \frac{2}{100} \cdot 1,003k\Omega + \frac{10}{100} \\ &= 0,12006k\Omega \end{aligned}$$

- Messwert des Widerstands mit relativer Unsicherheit:

Messwert des Widerstands:  $R = 1,003k\Omega$

Genauigkeit aus der technischen Kennwerte des Multimeter:  $\pm 2,0\% v.M + 10 D$

$$\text{Relative Unsicherheit: } \frac{\Delta R}{R} = \frac{0,12006}{1,003} = 0,119\%$$

### 4.4 Zu Abschnitt 3.4.2 “Speisung durch BNC-Box”

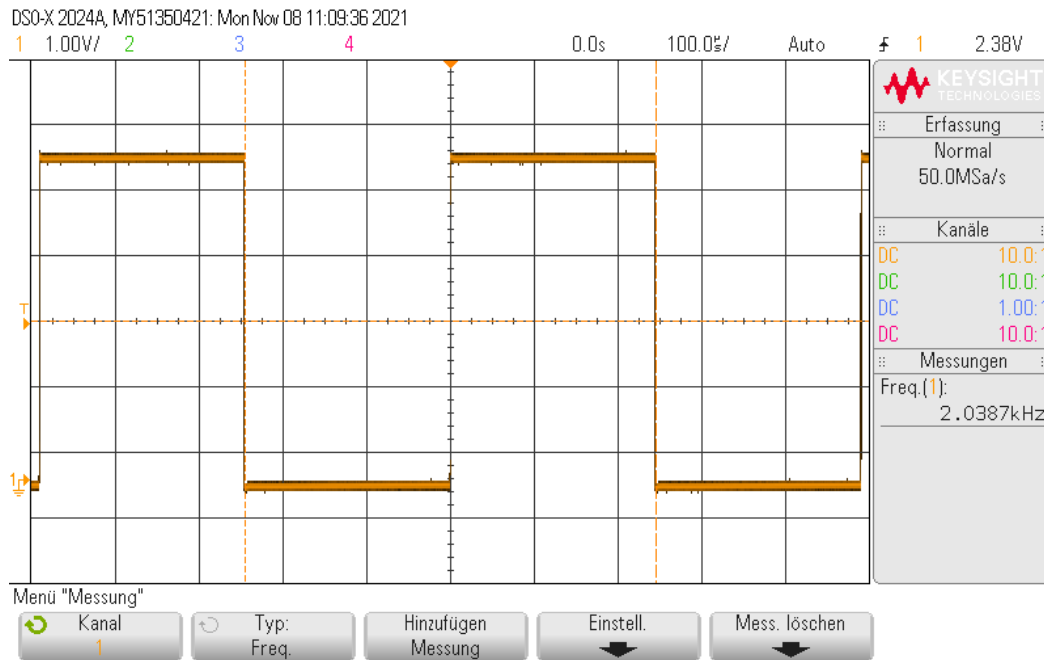
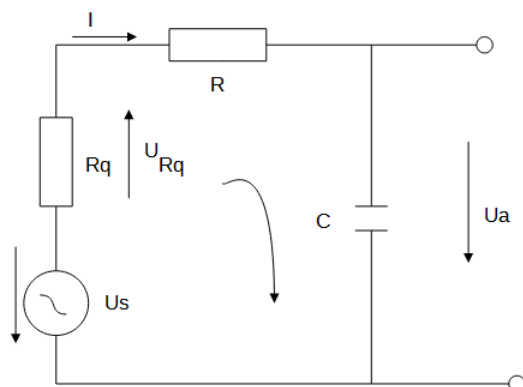


Abbildung 7: TTI-signal der BNC-Box am Oszilloskop darstellen

#### 4.4.1 Nichtideale Spannungsquelle

- Ursache für die Abweichung der Eingangsspannung von der Rechteckform

Die Zeitkonstante ist viel kleiner als die Periodendauer des Rechtecksignals, deshalb wird der Kondensator vollständig aufgeladen, bevor es entladen wird. Aber bei einer großer Zeitkonstante lädt der Kondensator nahezu linear. Die Eingangsspannung lässt sich abweichen, da das Signal von der BNC-Box zu der Schaltung angelegt wurde und dadurch ist der Kondensator nicht komplett aufgeladen und das hat die Änderung des Signalverlaufs verursacht.



Legende:  $U_s$  = Eingangsspannung des  
Signalgenerators.  
 $U_a$  = Ausgangsspannung des  
Oszilloskops.  
 $U_{Rq}$  = Ersatzspannungsquelle.

Abbildung 8: Ersatzschaltbild

- Parameter

Zum Zeitpunkt des Sprungs, ist der Ausgang der Schaltung kurzgeschlossen, das heißt,

$$U_a = R \cdot I \Leftrightarrow I = \frac{U_a}{R} = \frac{3,047 \text{ V}}{1,003 \text{ k}\Omega} = 3,037 \text{ mA}$$

Nach dem Sprung ist die Ausgangsspannung wieder zu erkennen:  $U_s = 5,19 \text{ V}$  und damit lässt sich  $U_{Rq}$  mit dem Maschenverfahren wie folgt berechnen:

$$\begin{aligned} -U_s + U_{Rq} + U_a &= 0 \Leftrightarrow U_{Rq} = U_s - U_a \\ \Leftrightarrow U_{Rq} &= 5,19 \text{ V} - 3,047 \text{ V} \\ \Leftrightarrow U_{Rq} &= 2,143 \text{ V} \end{aligned}$$

Damit ist der Widerstand des Ersatzschaltbilds  $R_q = \frac{U_{Rq}}{I_k} = \frac{2,143 \text{ V}}{3,037 \text{ mA}} = 705,424 \Omega$



Abbildung 9: Anfängliche Sprunghöhe

#### 4.4.2 Anstiegszeit und Bestimmung der Kapazität des Kondensator

❖ Anstiegszeit  $t_r$  inklusiv Unsicherheit  $\Delta t_r$

- Zeitkonstante  $T$ :  
 $X_1 = ???$  und  $X_2 = ???$

Die Cursor sind mit einer Unsicherheit von  $\pm \frac{1}{20}$  Div festgestellt und haben  $19 \text{ ns/Division}$ .



Dementsprechend  $\Delta t_i = \frac{19 \text{ ns}}{20} = 0,95 \text{ ns}$

Daraus ergibt sich:  $t_1 = ??? \pm 0,95 \text{ ns}$

$$t_2 = ??? \pm 0,95 \text{ ns}$$

Die Auswertung ergibt dann:  $T = (t_2 - t_1) \pm \Delta T$

Vobei  $\Delta T = \sqrt{\Delta t_1^2 + \Delta t_2^2} = \sqrt{(0,95^2) \text{ ns} + (0,95^2) \text{ ns}} = 1,343 \text{ ns}$

$$\Rightarrow T = (??? - ???) \pm 1,343 \text{ ns}$$

$$\Rightarrow T = ??? \pm 1,343 \text{ ns}$$

Aus dem Anhang A ist  $t_r \approx 2,2 \cdot T \Leftrightarrow t_r \approx 2,2 \cdot (??? \pm 1,343 \text{ ns})$

$$\Leftrightarrow t_r \approx ???$$

- Die Anstiegszeit lautet  $t_r = ???$
- Unsicherheit ist  $\Delta t_r = ???$

❖ Kapazität des Kondensator (Verglichen mit dem Anhang A und die Vorbereitungsaufgaben 1 und 2)

- Zeitkonstante des Kondensators mit Hilfe der Anstiegszeit:

$$T \approx 0,455 \cdot t_r \Leftrightarrow T = 0,455 \cdot ??? = ???$$

- Mit dieser Zeitkonstante ist die Kapazität des Kondensator zu bestimmen:

$$T = R \cdot C \Rightarrow C = \frac{T}{R} = \frac{???}{1,003 \text{ k}\Omega} = ???$$

- Unsicherheit des Widerstands  $\Delta R$ :

Aus dem technischen Datenblatt des Multimeters ist Genauigkeit des Widerstands gleich  $\pm (0,1\% v. MW + 5D)$  wobei  $5D \equiv 500 \text{ m}\Omega$  und mit dem Messwert  $R = 1,003 \text{ k}\Omega$  gilt die Messunsicherheit:

$$\Delta R = \left[ (1 \cdot 10^{-3}) \cdot 1,003 \text{ k}\Omega + 500 \text{ m}\Omega \right] = 1,503 \Omega$$

❖ Messunsicherheit der Kapazität  $\Delta C$ :

$$\Delta C = C \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta R}{R}\right)^2 + \left(\frac{\Delta T}{T}\right)^2} = ??? \cdot \sqrt{\left(\frac{1,503 \Omega}{1,003 \text{ k}\Omega}\right)^2 + \left(\frac{1,343 \text{ ns}}{???}\right)^2} = ???$$

❖ Korrigierter Wert der Kapazität  $C_{\text{korrigiert}}$ :

Aus die Aufgabe 4.4.1 taucht eine nichtideale Spannungsquelle auf, die mit einem zusätzlichen Widerstand  $R_q$  verbunden ist. Diese Nichtidealität bringt eine Abweichung des Wertes der Kapazität mit sich aber mit den beiden Widerständen  $R_q$  (Widerstand der Spannungsquelle) und  $R$  (Innenwiderstand) kann der Wert der Kapazität noch korrigiert werden:

$$C_{\text{korrigiert}} = \frac{T}{R + R_q} = \frac{???}{1,003 \text{ k}\Omega + 705,424 \Omega} = ???$$

## 4.5 Zu Abschnitt 3.4.3

### 4.5.1 Anstiegszeit und Kapazität bei Speisung aus dem Oszilloskop

❖ Anstiegszeit  $t_r$  inklusiv Unsicherheit  $\Delta t_r$

- Zeitkonstante  $T$ :

$$X_1 = ??? \text{ und } X_2 = ???$$

Die Cursor sind mit einer Unsicherheit von  $\pm \frac{1}{20}$  Div festgestellt und haben  $19 \text{ ns/Division}$ .

$$\text{Dementsprechend } \Delta t_i = \frac{19 \text{ ns}}{20} = 0,95 \text{ ns}$$

$$\text{Daraus ergibt sich: } t_1 = ??? \pm 0,95 \text{ ns}$$

$$t_2 = ??? \pm 0,95 \text{ ns}$$

$$\text{Die Auswertung ergibt dann: } T = (t_2 - t_1) \pm \Delta T$$

$$\text{Vobei } \Delta T = \sqrt{\Delta t_1^2 + \Delta t_2^2} = \sqrt{(0,95^2) \text{ ns} + (0,95^2) \text{ ns}} = 1,343 \text{ ns}$$

$$\Rightarrow T = (??? - ???) \pm 1,343 \text{ ns}$$

$$\Rightarrow T = ??? \pm 1,343 \text{ ns}$$

$$\text{Aus dem Anhang A ist } t_r \approx 2,2 \cdot T \Leftrightarrow t_r \approx 2,2 \cdot (??? \pm 1,343 \text{ ns})$$

$$\Leftrightarrow t_r \approx ???$$

- Die Anstiegszeit lautet  $t_r = ???$
- Unsicherheit ist  $\Delta t_r = ???$

❖ Kapazität des Kondensator und ihre Unsicherheit

- Zeitkonstante des Kondensators mit Hilfe der Anstiegszeit:

$$T \approx 0,455 \cdot t_r \Leftrightarrow T = 0,455 \cdot ??? = ???$$

- Mit dieser Zeitkonstante ist die Kapazität des Kondensations zu bestimmen:

$$T = R \cdot C \Rightarrow C = \frac{T}{R} = \frac{???}{1,003 \text{ k}\Omega} = ???$$

- Unsicherheit des Widerstands  $\Delta R$ :

Aus dem technischen Datenblatt des Multimeters ist Genauigkeit des Widerstands gleich  $\pm (0,1\% v. MW + 5D)$  wobei  $5D \equiv 500 \text{ m}\Omega$  und mit dem Messwert  $R = 1,003 \text{ k}\Omega$  gilt die Messunsicherheit:

$$\Delta R = \left[ (1 \cdot 10^{-3}) \cdot 1,003 \text{ k}\Omega + 500 \text{ m}\Omega \right] = 1,503 \Omega$$

❖ Messunsicherheit der Kapazität  $\Delta C$ :

$$\Delta C = C \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta R}{R}\right)^2 + \left(\frac{\Delta T}{T}\right)^2} = ??? \cdot \sqrt{\left(\frac{1,503 \Omega}{1,003 \text{ k}\Omega}\right)^2 + \left(\frac{1,343 \text{ ns}}{???}\right)^2} = ???$$

4.5.2 Auswertung mit MATLAB,  
Least-Squares-Parameteridentifikation

## 4.6 Vergleichende Diskussion

???