

3.7 Speicheroszilloskop

1 Einleitung

Zur Untersuchung von schnellen Zeitvorgängen verwendet man im Labor das Speicheroszilloskop. Das Messsignal wird von diesem Gerät in einstellbaren Zeitintervallen abgetastet, d.h. der sich ändernde Messwert wird zu den vorgegeben Zeitpunkten kurzzeitig festgehalten und jeweils in einen Digitalwert gewandelt. Diese Zeitfolge von Werten wird gespeichert. Von dem ursprünglichen Messsignal hat man also nur noch eine regelmäßige Folge von Einzelwerten, aus dem z.B. durch Interpolation das Signal näherungsweise wieder hergestellt werden kann. Dies funktioniert um so besser, je kürzer man die Zeitintervalle zwischen den Abtastungen wählt. Entsprechend steigt natürlich auch die Menge der zu speichernden Daten.

Die Abtastfrequenz ist dabei unbedingt dem jeweiligen Messsignal anzupassen. Wenn die höchste im Signal vorkommende Frequenz f_{\max} ist, muss die Abtastfrequenz mindestens doppelt so groß wie diese Frequenz sein (siehe dazu auch das *Abtasttheorem* von Nyquist und Shannon). Dies kann bei unbekanntem Signalen nur durch eine Bandbreitenbegrenzung gewährleistet werden. Dazu wird dem A/D-Wandler meist ein steilflankiger Tiefpass vorgeschaltet.

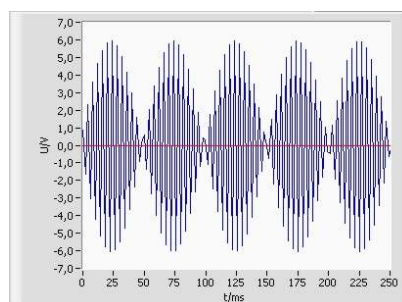


Abb. 1: Aliasing-Effekt bei Abtastung mit zu kleiner Frequenz

Tastet man ein Signal mit zu niedriger Frequenz ab, so weist das digitalisierte Signal Merkmale auf, die im Original nicht vorhanden sind. Diese Effekte sind unter der Bezeichnung *Aliasing* bekannt und stellen ein grundsätzliches, immer zu beachtendes Problem bei der digitalen Abtastung von Messwerten dar. Ein Beispiel für die daraus resultierenden Effekte zeigt die Abb. 1. Hier ist dargestellt, was aus einem sinusförmigen Signal von 760 Hz wird, wenn man es mit 500 Hz abtastet.

Die oben genannte Frequenz stellt also das absolute Minimum für die Abtastung dar. Um die Signalform möglichst gut darzustellen, ist eine deutlich höhere Abtastfrequenz erforderlich. In den Praktikumsversuchen wird jeweils darauf hingewiesen, wie die Abtastung einzustellen ist.

Im Vers. 3.3 wurde bereits ein einfaches Speicheroszilloskop programmiert. Dies ist jedoch nicht für die Aufzeichnung von schnellen Vorgängen, wie sie in den nachfolgenden Versuchen zu untersuchen sind, geeignet. In diesem Versuch wird daher zunächst ein universell verwendbares Speicheroszilloskop mit folgenden Eigenschaften in LabView programmiert und kalibriert:

- Einstellbare Verstärkung und einstellbarer Kanal,
- Einstellbares Abtastintervall (Zeitverzögerung),
- Einstellbare Amplituden-Triggerung,
- Anzeige der Messwerte in einem U-t-Diagramm (Spannung gegen Zeit).

2 Aufbau und Kalibrierung

Das UniMess-Interface stellt eine Funktion bereit, mit der 1020 Messwerte mit einer einstellbaren Abtastrate in einem Block aufgenommen und zwischengespeichert werden (siehe dazu auch die Bedienungsanleitung S. 4-5). Nach Ende der Messung werden diese Daten an den PC übertragen. Die Abtastfrequenz kann durch Einstellen einer Verzögerungszeit zwischen den einzelnen AD-Wandlungen im Bereich von etwa 25 Hz bis 45 kHz eingestellt werden.

Der Zusammenhang zwischen dem am UniMess einstellbaren Schleifenzähler n für die Messwerte-Auf-

nahme und dem daraus resultierenden Abtast-Zeitintervall ΔT ist durch eine lineare Funktion gegeben:

$$\frac{\Delta T}{\text{ms}} = \frac{a \cdot n + b}{1000} \quad (1)$$

Als Erstes sollen im Versuch die Koeffizienten a und b bestimmt werden. Auf der horizontalen Achse des LabView-Graphen wird daher zunächst der Laufindex der abgetasteten Werte (0..999) aufgetragen.

Zur Kalibrierung der Zeitbasis wird an den Eingang *ADWI* ein Sinussignal bekannter Frequenz gelegt. Über die Cursor-Funktion der LabView-X-Y-Anzeige kann der horizontale Abstand zweier Punkte gleicher Amplituden auf der dargestellten Sinuskurve ausgemessen werden. Dieser Abstand entspricht der Periodendauer des Signals, bzw. einem ganzen Vielfachen davon, wenn mehrere Perioden für die Messung benutzt werden.

Da in dem für die Kalibrierung benötigten Frequenzbereich (ca. 1 .. 100 Hz) die Frequenzanzeige am Generator zu ungenau ist, muss das LabView-Programm außerdem eine Periodendauermessung durchführen. Das UniMess stellt mit *Read IO nx* eine Funktion bereit, die zu diesem Zweck eingesetzt werden kann. Sie liefert als Messergebnis ein Array mit den Zeiten der Nulldurchgänge des Signals an einem der digitalen Eingänge (z.B. *IO 1*) von L (*Low*) nach H (*High*). Die Differenz zweier aufeinanderfolgender Messwerte liefert also die Periodendauer des Generatorsignals.

Für das Programm sind damit folgende Komponenten erforderlich:

- **Im Frontplattenfenster:**
 - Eingaben (*Digitales Bedienungselement - UI6*) für Kanal, Vorverstärkung, Triggermodus und den Wert des Schleifenzählers (Bereich 0 .. 500),
 - Eingabe (*Digitales Bedienungselement- DBL*) für die Triggerschwelle in Volt,
 - Anzeige (*Digitales Anzeigeelement - DBL*) für die Periodendauer in ms,
 - Anzeige (*XY-Anzeige mit Cursor in Benutzerdef. Elemente*) für das Zeitdiagramm.
- **Im Diagrammfenster:**
 - Initialisierung des UniMess (*Init UniMess*),
 - Berechnung des Vorverstärkungsfaktors (*Formelknoten*),
 - Umrechnung von n in ΔT (zunächst $\Delta T = 1$, später wie Formel (1))
 - Programmabfolge (*Sequenz*): - siehe auch Abb. 2 und 3
 - *Rahmen 0*: Auswahl des Kanals 1 oder 2 (*Set ADW Channel*)
 - *Rahmen 1*: Einstellung der Verstärkung (*Set ADW Gain*)
 - *Rahmen 2*: Messung der Peridodendauer (*Read IO nx*)
 - *Rahmen 3*: Einstellung der Zeitverzögerung über den Schleifenzähler n (*Set ADW Delay*)
 - *Rahmen 4*: Einstellen der Triggerschwelle (*Set ADW Trigger*) mit Umrechnung der Spannung in einen Digitalwert
 - *Rahmen 5*:
 - Wandeln und Einlesen von 1000 Werten (*Read ADW Block*),
 - Wiederholungsschleife (*For-Schleife*):
 - Umrechnen der Digitalwerte in Spannungswerte (*Formelknoten*),
 - Zusammenfassen der x- und y-Werte (*Elemente bündeln*) für die Anzeige im Diagramm.

In den Abbildungen 2 und 3 sind die wichtigsten Teile der Programmsequenz dargestellt. In der Abb. 2 ist das komplette Diagramm mit dem Rahmen 5 zu sehen. Hier erfolgt das Einlesen der Spannungswerte und die Umrechnung für die Anzeige. Die Abb. 3 zeigt oben den Rahmen 2, in dem die Messung der Periodendauer erfolgt, unten die Einstellung der Triggerschwelle.

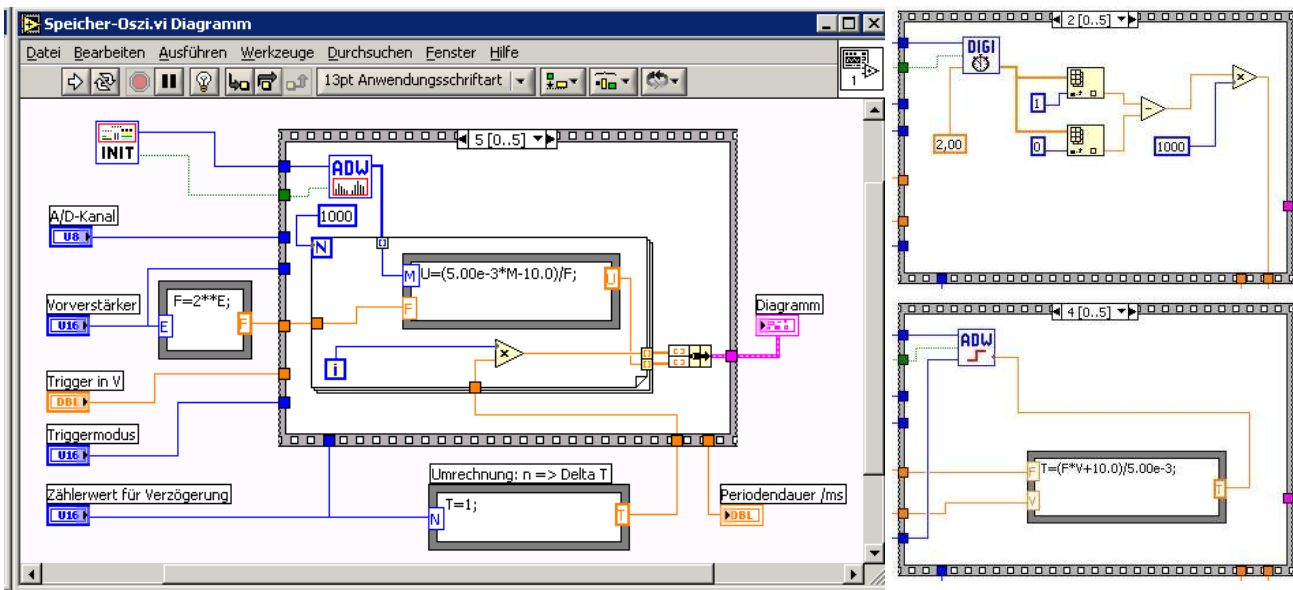


Abbildung 2: Diagramm mit Rahmen 5

Abbildung 3: Rahmen 2 und 4

Aufgaben:

- 2.1 Da die Programmierung relativ zeitaufwändig ist, dürfen Sie in diesem Versuch ein bereitgestelltes virtuelles Instrument verwenden. Sie finden es auf dem Praktikumscomputer unter:
E:\Praktikum\LabView-VI\Speicher-Oszi.vi.
- 2.2 Prüfen Sie die Funktion des Programms. An den Eingang *ADW 1* des UniMess wird dazu der Ausgang des Funktionsgenerators (MXG-9802A) angeschlossen. Stellen Sie dort ein Sinussignal von ca. 100 Hz ein. Beobachten Sie die Anzeige bei verschiedenen Einstellungen des Schleifenzählers.
- 2.3 Schließen Sie den TTL-Ausgang des Generators an den Eingang *IO1* an. Überprüfen Sie die Periodendaueranzeige durch Vergleich mit der am Generator abgelesenen Frequenz.
- 2.4 Legen Sie eine Wertetabelle mit Spalten für folgende Größen an:
 - n : Am UniMess eingestellter Schleifenzähler (*Set ADW Delay*)
 - T : Gemessene Periodendauer in ms (aus *Read IO nx*)
 - i_1 : x-Wert der 1. Cursorposition
 - i_2 : x-Wert der 2. Cursorposition
 - p : Anzahl der dazugehörigen Perioden
 - $\Delta T = pT / (i_2 - i_1)$: Berechnete Verzögerungszeit (siehe Formel (1))
- 2.5 Für verschiedene Werte von n (0, 1, 2, 10, 20, 50, 100, 200) wird die Signalfrequenz des Generators jeweils so eingestellt, dass auf der X-Y-Anzeige im Frontplattenfenster zwischen 1 und 3 Perioden dargestellt werden. Markieren Sie mit dem ersten Cursor einen Punkt am Anfang der Kurve in der Nähe des Nulldurchgangs. Der zweite Cursor wird möglichst weit rechts auf einen Punkt gleicher Amplitude und Flanke eingestellt. Nehmen Sie dazu die Pfeil-Knöpfe der Anzeige zur Hilfe. Lesen Sie jeweils die dazugehörigen Cursorpositionen und die von UniMess ermittelte Periodendauer ab, und tragen Sie die Werte in die Tabelle ein. Berechnen Sie ΔT .
- 2.6 Für die Funktion $\Delta T = f(n)$ wird eine lineare Regression durchgeführt, um die Koeffizienten a und b aus Formel (1) zu bestimmen. Verwenden Sie dazu das auf Ihrem PC installierte Programm *DataPlot*. Die Messwerte sollten mit guter Genauigkeit auf einer Geraden liegen. Wenn sich insbesondere bei großen Werten von n sichtbare Abweichungen ergeben, sollten diese Messpunkte überprüft werden. Ein einzelner fehlerhafter Punkt kann notfalls auch ganz gestrichen werden. Die vom Programm berechnete Standardabweichung (*Sigma*) sollte bei 10^{-3} liegen.

3 Ergänzung durch eine kalibrierte Zeitachse

Die horizontale Achse im X-Y-Diagramm soll die Zeit in ms anzeigen. Dazu muss im LabView-Programm in den zugehörigen Formelknoten (siehe Abb. 2) die Formel (1) mit den in Aufgabe 2.6 ermittelten Koeffizienten eingesetzt werden und die Achsenbeschriftung angepasst.

Aufgaben:

- 3.1 Entfernen Sie die Anzeige und den Programmteil (Rahmen 2) für die Periodendauermessung. Für die weiteren Versuche wird er nicht mehr benötigt.
- 3.2 Fügen Sie im Formelknoten für die x-Achse die Formel (1) mit den in Aufgabe 2.6 bestimmten Koeffizienten ein, so dass auf der horizontalen Achse die Zeit in ms angezeigt wird.
- 3.3 Fügen Sie auf der Frontplatte eine Anzeige für die Abtastzeit ΔT in ms hinzu.
- 3.4 Fügen Sie in die Formelknoten für die Umrechnung Spannung-Digitalwert (Triggerschwelle in Rahmen 3) und Digitalwert-Spannung (Anzeige in Rahmen 4) Ihre in Versuch 2 bestimmten Koeffizienten ein.
- 3.5 Überprüfen Sie die Kalibrierung der Zeitachse mit dem Funktionsgenerator bei einer Frequenz von ca. 100 Hz.