

# 355 – Labview

## 1. Aufgaben

- 1.1 Erarbeiten Sie sich die Grundlagen im Umgang mit Labview anhand einer einfachen Aufzeichnung eines Signals.
  - a) Lesen Sie ein sinusförmiges Signal ein und speichern Sie den entsprechenden Zeitverlauf ab.
  - b) Lesen Sie ein Signal ein (Sinus, Dreieck, Rechteck) und führen Sie eine Fouriertransformation durch. Speichern Sie den Zeitverlauf sowie das Spektrum des Signals ab.
- 1.2 Lesen Sie ein sinusförmiges Eingangssignal mit konstanter Amplitude kontinuierlich ein. Lassen Sie sich den Zeitverlauf sowie das Frequenzspektrum anzeigen. Erhöhen Sie nun die Frequenz und beschreiben Sie die Beobachtung.
- 1.3 Erzeugen Sie ein Gemisch aus einem sinusförmigen Signal und weißem Rauschen. Charakterisieren Sie das Signal und das Rauschen. Bewerten Sie die Auswertbarkeit des Signals bei unterschiedlichem Signal-Rausch-Verhältnis.
- 1.4 Lesen Sie Strom- und Spannung an einem PT100 mit Hilfe von Labview aus. Konvertieren Sie den erhaltenen Widerstand in eine Temperatur und lassen Sie sich den Wert graphisch anzeigen.

## 2. Grundlagen

### Stichworte:

Messwerterfassung mit dem PC, Sampling Theorem, Zusammenhang Zeit- und Frequenzbereich, Signal-Rausch-Verhältnis, weißes Rauschen, strom- und spannungsrichtige Messung

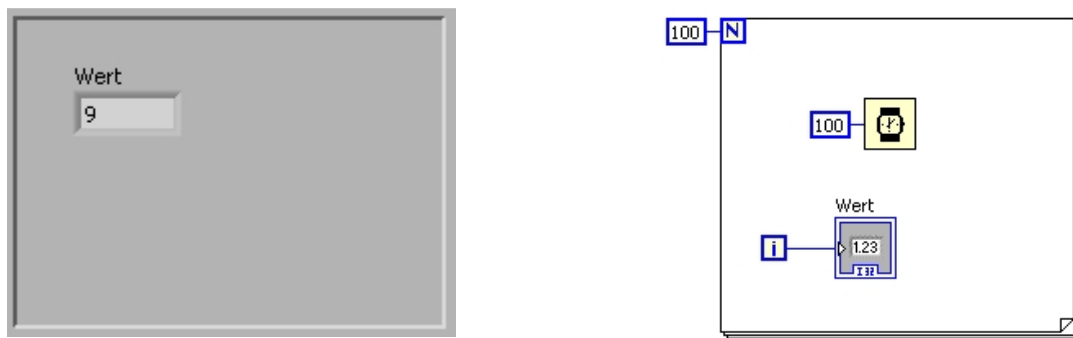
### 2.1 Labview

Labview stellt eine graphische Programmiersprache zur Automatisierung von Messwerterfassungs- und Steuerungsproblemen dar. Es ist für die Lösung zahlreicher Probleme im Labor geeignet. Abb. 1 stellt ein typisches Labview-Programm dar. Man unterscheidet zwischen einem Front-Panel (dem eigentlichen Bedienteil für den Benutzer) und dem Programmteil, in dem das eigentliche Programm codiert wird. Im Gegensatz zu anderen Programmiersprachen, werden in Labview die einzelnen Programmbefehle graphisch miteinander verbunden. Abb.1 stellt ein einfaches Programm dar, das in einer FOR-Schleife von 0 bis 99 zählt, die Zahl auf dem Front-Panel ausgibt und pro Schritt 100 ms wartet.

### 2.2 Messwerterfassung mit dem PC

Vielfach ist es notwendig, ein analoges Signal an einem Rechner weiterzuverarbeiten. Ein Analog-Digital-Wandler (AD-Wandler) setzt dabei das kontinuierliche Analogsignal in ein diskretes Digitalsignal um. Ein N Bit Wandler kann dabei  $2^N - 1$  verschiedene Zustände darstellen. Bei einer maximalen Eingangsspannung von  $U_{\max}$  ergibt sich also eine Spannungsauflösung  $\Delta U$  von:

$$\Delta U = \frac{U_{\max}}{2^N - 1}. \quad (1)$$

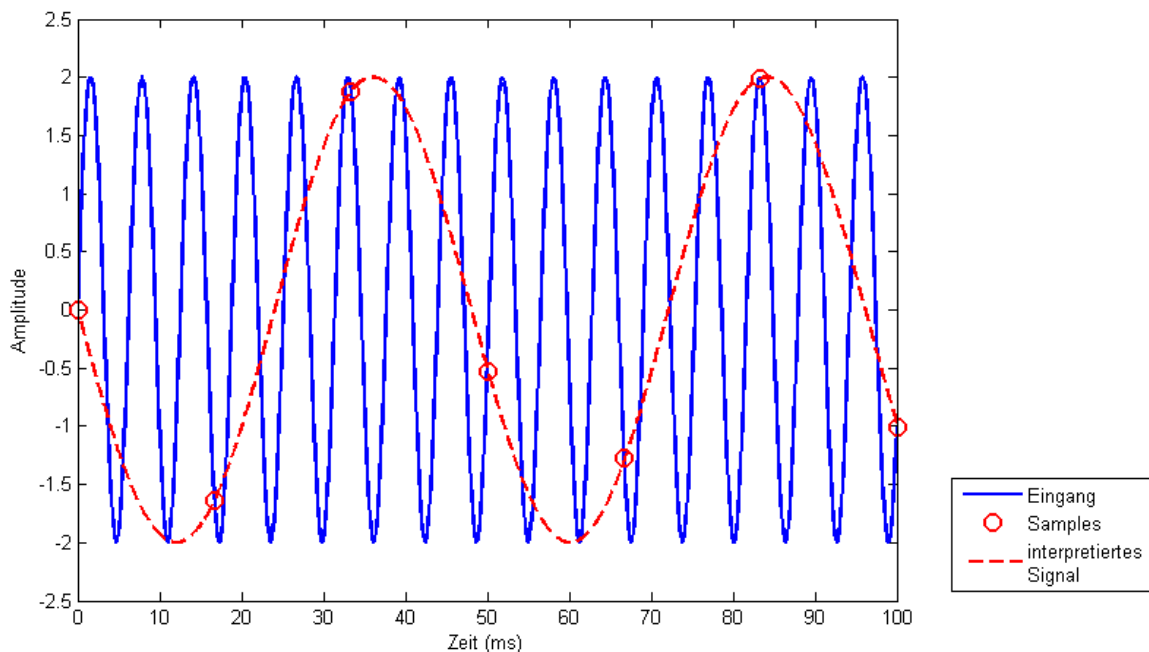


**Abb. 1:** Beispielprogramm in Labview. Links – Front Panel. Dieser Teil des Programms stellt die Schnittstelle zum Benutzer dar und wird während des Ausführens des Programms angezeigt. Rechts – Blockdiagramm. Dieser Teil enthält den Programmcode zur Ausführung der entsprechenden Ausgaben.

Um ein Signal nach dem Digitalisieren rekonstruieren zu können, müssen pro Periode mindestens 2 Werte aufgenommen werden. Um also bei einem Signalgemisch mit einer größten Signalfrequenz von  $f_{\text{signal}}$  keine Information bei der Abtastung zu verlieren, muss mindestens mit einer Abtastfrequenz  $f_{\text{sample}}$  von:

$$f_{\text{sample}} \geq 2 \cdot f_{\text{signal}} \quad (2)$$

aufgezeichnet werden. Man bezeichnet diese Bedingung als Abtast- oder Nyquist-Theorem. Werden dennoch größere Signalfrequenzen angelegt, so kann man die Frequenz des Signals nicht eindeutig interpretieren (siehe Abb. 2). Es kommt zu einer falschen Interpretation der Signalfrequenz. Man nennt diesen Effekt Aliasing.



**Abb. 2:** Abtastung eines Signals mit zu geringer Abtastfrequenz. Die eingezeichneten Punkte entsprechen den Abtastwerten. Es wird ersichtlich, dass eine falsche Signalfrequenz rekonstruiert wird, wenn das Abtasttheorem (siehe Gl. (2)) verletzt wird.

Die Fouriertransformation gibt einen Zusammenhang zwischen Zeit- und Frequenzbereich an. Mit ihrer Hilfe kann man einem beliebigen Zeitverlauf ein Frequenzspektrum zuordnen. Beide Darstellungen beinhalten dabei die vollständige Information des Signals. In der Elektronik ist es

vielfach hilfreich, die Signalinformation im Frequenzraum darzustellen. Zeitverlauf  $f(t)$  und Frequenzspektrum  $F(\omega)$  hängen dabei durch die Transformationspaare [1]:

$$\text{Hintransformation:} \quad F(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt, \quad (3)$$

$$\text{Rücktransformation:} \quad f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} F(\omega) e^{i\omega t} d\omega \quad (4)$$

zusammen.

### 2.3 Rauschen und dessen Charakterisierung

Unter Rauschen versteht man eine statistische Schwankung einer Messgröße. Das Frequenzspektrum eines Rauschsignals ist in der Regel sehr breit. Abb. 3 zeigt den schematischen Zeitverlauf einer Rauschspannung. Die Werte liegen dabei gleichmäßig um einen Mittelwert:

$$\langle U \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T U(t) dt = 0 \quad (5)$$

herum angeordnet. Es gibt im statistischen Mittel gleich viele positive wie negative Werte, so dass der Mittelwert verschwindet. Dieser Wert kann deshalb nicht zur Charakterisierung von Rauschwerten herangezogen werden.

Eine mögliche Charakterisierung ergibt sich aus dem 2. zentralen Moment - der Varianz:

$$\langle U^2 \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T (U(t) - \langle U \rangle)^2 dt \neq 0. \quad (6)$$

Der Integrand ist jetzt stets positiv, so dass das Ergebnis verschieden von Null ist und eine Charakterisierung des Rauschprozesses ermöglicht. Um einen Vergleich von Amplitudenwerten zu ermöglichen, wird vielfach die Standardabweichung herangezogen:

$$\sqrt{\langle U^2 \rangle} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (U(t) - \langle U \rangle)^2 dt} \neq 0. \quad (7)$$

Man teilt Rauschprozesse hinsichtlich ihres Frequenzspektrums ein: Viele Rauschprozesse haben ein konstantes Frequenzspektrum. Man bezeichnet dieses Rauschen als weisses Rauschen, da alle Frequenzkomponenten gleich stark vertreten sind. Ein weiterer, wichtiger Rauschprozess ist das sogenannte rosa Rauschen. Hier sind niedrige Frequenzkomponenten stärker vertreten als höhere. Vielfach verhält sich das Spektrum wie

$$F(\omega) \propto \frac{1}{\omega^n} \quad (8)$$

mit  $n = 1 \dots 2$ .

Elektronisches Rauschen ist stets vorhanden und überlagert ein zu messendes Signal. Eine wichtige Größe stellt dabei das Signal-Rausch-Verhältnis (SNR – signal-to-noise ratio) dar. Es ist definiert als das Verhältnis aus *Signalleistung* und *Rauschleistung*:

$$SNR = \frac{P_{\text{Signal}}}{P_{\text{Rauschen}}} \quad (9)$$

Werden Signal und Rauschen an einem Ohmschen Widerstand abgegriffen, so ergibt sich:

$$SNR = \frac{P_{\text{Signal}}}{P_{\text{Rauschen}}} = \frac{\frac{U_{\text{Signal}}^2}{R}}{\frac{U_{\text{Rauschen}}^2}{R}} = \frac{U_{\text{Signal}}^2}{U_{\text{Rauschen}}^2} \quad (10)$$

Die quadratische gemittelte Rauschspannung  $U_{\text{Rauschen}}^2$  entspricht dabei der Varianz des Rauschprozesses.

### 3. Versuchsdurchführung

Die Durchführung der Programmieraufgaben erfolgt in enger Zusammenarbeit mit Ihrem Assistenten. Labview bietet darüber hinaus eine umfangreiche Online-Hilfe an. Es ist *nicht* erforderlich, dass Sie sich *vor* Versuchsbeginn in Labview einarbeiten. Die Aufgaben sollen Ihnen lediglich einen kleinen Einblick in Labview geben.

Speichern Sie jede Ausbaustufe Ihres Programms ab, so dass Sie es jederzeit wiederverwenden können.

Lassen Sie sich das einzulesende Signal stets parallel am Oszilloskop darstellen.

- 3.1 Diese Aufgabe wird von einem Betreuer vorgeführt. Vollziehen Sie alle Schritte selbst an Ihrem Rechner nach. Achten Sie darauf, dass Sie den Anweisungen exakt folgen.

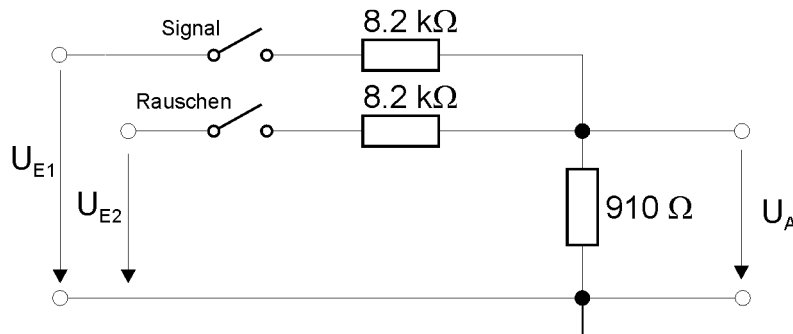
Legen Sie an den Eingang des Messerfassungssystems (Eingang AI0) eine sinusförmige Spannung (Frequenz 50–100 Hz, Amplitude ~ 1 V). Benutzen Sie den Funktionsgenerator Agilent 33210A als Signalquelle. Achten Sie darauf, dass Sie den Ausgang des Generators für die Messung aktivieren.

a) Benutzen Sie den Datenerfassungsassistenten zum Einlesen des Signals. Setzen Sie dabei die Abtastrate auf 10 kHz und nehmen Sie 2500 Samples auf. Lassen Sie sich das eingelesene Signal am Bildschirm anzeigen und speichern Sie die Daten auf der Festplatte ab.

b) Erweitern Sie das unter a) erstellte Programm um die Darstellung der Fouriertransformierten des Signals. Speichern Sie die Fouriertransformierte ab. Zeichnen Sie nun unterschiedliche Signale (Frequenzen und Amplituden wie in Aufgabe a) ) mit unterschiedlicher Kurvenform (Sinus, Dreieck, Rechteck, Rauschen) auf. Speichern Sie den Zeitverlauf- sowie das Frequenzspektrum für Ihr Protokoll ab. Plotten Sie den Zeitverlauf sowie das Spektrum für jede Signalform. Diskutieren Sie die Unterschiede. Welche Rauschform liegt vor?

- 3.2 Entfernen Sie das Sub-VI zur Speicherung der Daten in Ihrem Programm aus Aufgabe 1. Fügen Sie nun um Ihren Programmcode eine WHILE-Schleife (Palette: Programmierung). Schließen Sie als Abbruchbedingung ein Schaltelement an (Rechtsklick auf den Abbruch-Anschluss + Erstelle Bedienelement). Führen Sie nun Ihr Programm aus. Legen Sie ein sinusförmiges Signal mit einer Eingangsspannung von rund 1 V sowie einer Frequenz von zwischen 50 und 100 Hz an. Erhöhen Sie die Frequenz langsam bis zu 20 kHz und beobachten Sie den Zeitverlauf sowie das Frequenzspektrum. Diskutieren Sie die Beobachtungen.

- 3.3 Mit Hilfe der in Abb. 3 dargestellten Schaltung lassen sich ein Signal sowie Rauschen miteinander mischen. Verwenden Sie für das Signal den Hameg-Frequenzgenerator HM 8030 und für das Rauschen den Agilent Funktionsgenerator 33210A.



**Abb. 3:** Schaltung zum Mischen von Signal und Rauschen.

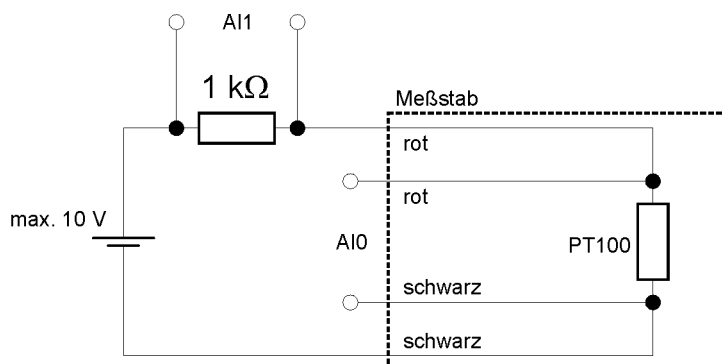
Erweitern Sie das Programm aus Aufgabe 1 um die Berechnung des Mittelwerts, der Standardabweichung sowie der Varianz. Ein entsprechendes Sub-VI finden Sie in der Palette Mathematik → Wahrscheinlichkeit im Blockdiagramm.

Legen Sie nun mit Hilfe des in Abb. 3 dargestellten Mischers ein Rauschsignal an das Messwerterfassungssystem an. Nehmen Sie den Mittelwert, die Standardabweichung, die Varianz, den Zeitverlauf sowie das Frequenzspektrum auf. Welche Größen sind zur Charakterisierung des Rauschens geeignet, welche nicht?

Schalten Sie nun das Rauschen ab und legen Sie eine sinusförmige Eingangsspannung mit einer Frequenz von rund 100 Hz sowie einer Amplitude von ca. 1 V an den Mischer an. Zeichnen Sie das Ausgangssignal auf und werten Sie analog wie bei der Rauschmessung die Daten aus.

Simulieren Sie nun ein verrauschtes Signal durch gleichzeitiges Anlegen von Signal und Rauschen. Wählen Sie als Signal eine kleine sinusförmige Wechselspannung mit einer Frequenz von rund 100 Hz. Messen Sie jeweils durch Abschalten von Signal bzw. Rauschen den Anteil des Rauschens bzw. Signals am Ausgang des Mischers. Bestimmen Sie das Signal-Rausch-Verhältnis des Mischsignals. Wiederholen Sie die Aufgabe für 4 weitere Amplituden des Rauschens zur Variation des Signal-Rausch-Verhältnis. Bewerten Sie das Signal. Bis zu welchem Signal-Rausch-Verhältnis kann man das Zeitsignal noch erkennen? Wie bewerten Sie den Informationsgehalt des Spektrums?

- 3.4 In dieser Aufgabe soll eine Messgröße (hier Temperatur) elektronisch an einem Rechner aufgezeichnet und weiterverarbeitet werden. Bauen Sie hierzu die Schaltung nach Abb. 4 auf. Verwenden Sie den Messstab aus dem Praktikumsversuch 350. Die Spannung am Temperatursensor wird direkt mit der Messkarte aufgezeichnet (Kanal AI0). Der fließende Strom wird als proportionale Spannung am Vorwiderstand abgegriffen (Kanal AI1). Da wir hier Gleichspannungssignale verarbeiten, reicht es, wenn Sie lediglich pro Abtastung einen einzelnen Wert einlesen. Achten Sie darauf, dass die Eingänge der BNC-Box BNC-2120 auf "GS" geschaltet sind (kleine Schiebeschalter unter jedem BNC Eingang).



**Abb. 4:** Schaltung zur Erfassung einer Temperatur mit Hilfe eines Computers. Achten Sie darauf, dass der BNC Eingang im Modus "GS" betrieben wird.

*Hinweis: Es empfiehlt sich, die Aufgabe Schritt für Schritt durchzuführen. Lesen Sie zuerst die Spannung am Temperatursensor ein und lassen Sie sie als Anzeigeelement darstellen. Sobald der eingelesene Wert stimmt, gehen Sie zur Strommessung über. Benutzen Sie ein Digitalmultimeter zur Überprüfung der Werte.*

Berechnen Sie den Widerstand des Temperatursensors nach dem Ohmschen Gesetz und zeigen Sie den entsprechenden Wert an. Rechnen Sie den Wert in eine Temperatur um (linearen Zusammenhang zwischen Widerstand und Temperatur ausnutzen!) und zeigen Sie die gemessene Temperatur in °C an.

*Mögliche Erweiterungen:*

- Minimum/Maximum Anzeige
- zeitlicher Verlauf der Temperatur
- Variation der Anzeige (Thermometer, Analogmessinstrument, ...)

### **Literatur:**

T. Butz, *Fouriertransformation für Fußgänger*, Teubner Stuttgart 2000.

H. W. Ott, *Noise Reduction Techniques in Electronic Systems*, John Wiley & Sons 1988.