Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik Labor für Elektrische Messtechnik LMT Messtechnik Praktikum



Versuch 1: Rechnergesteuerte Messungen unter LabVIEW (Stand 11.2011)

Inhaltsverzeichnis

1.	EINFÜ	HRUNG	2
1	.1 Z iei	SETZUNG UND VERSUCHSAUSSTATTUNG	2
-		TOKOLLERSTELLUNG UND AUSARBEITUNG	
-		ZINFORMATIONEN ZU LABVIEW	
•	1.3.1	Allgemeines	
	1.3.2	Tools Palette	
	1.3.3	Hilfefunktion	
	1.3.4	Optionen bei grafischen Darstellungen im Front Panel	
1	.4 Vor	BEREITUNG:	
2.	VERS	UCHSDURCHFÜRHUNG	8
2		ZEICHNUNG UND ANALYSE EINES SPANNUNGSVERLAUFS MITTELS DAQ-KARTE	
	2.1.1	Konfiguration des DAQ-Assistant	
	2.1.2	Quantisierungsintervall AU ermitteln	
	2.1.3	Analyse der Kenngrößen des Signalverlaufs	
_	2.1.4	Ausarbeitung	
2		7/FFT SPECTRUM ANALYZER ALS VIRTUELLES INSTRUMENT	
	2.2.1	Durchführung	
	2.2.2	Ausarbeitung	
2		SUNG EINER DIODENKENNLINIE MITTELS EXTERNER GPIB-BUS MESSGERÄTE	
	2.3.1	Durchführung	
	2.3.2	Ausarbeitung	
2		SUNG AN DIODEN MITTELS DAQ-KARTE	
	2.4.1	Durchführung	
	2.4.2	Ausarbeitung	
2	5 Wei	TERE VERSUCHSDURCHFÜHRUNGEN	

1. Einführung

1.1 Zielsetzung und Versuchsausstattung

Ziel des Versuches ist es, Sie mit vernetzbaren Messgeräten und Messprogrammen vertraut zu machen und entsprechende Grundlagen zu vertiefen. Hierzu werden sowohl einfache Messprogramme erstellt als auch fertige Programme angewendet. Als Programmieroberfläche steht LabVIEW von National Instruments zur Verfügung. Folgende Geräte werden bei der Versuchsdurchführung verwendet:

- Arbeitsplatzrechner mit Intel i5 CPU (2,8 GHz) mit eingebauter PCIe-DAQ-Karten 6361E von National Instruments, auf dessen Ein-/Ausgänge über einen BNC-Connector-Bloch (BNC-2110) zugegriffen werden kann. Weitere Infos zur DAQ-Karte und zum Connector-Block
- Digitalmultimeter (DMM) Agilent 34410A mit GPIB-, USB- und LAN-Schnittstelle (verwendet) angesteuert werden kann. Weitere Infos zum DMM
- Funktionsgenerator Agilent 33521A mit USB- und LAN-Schnittstelle (verwendet) Weitere Infos zum Funktionsgenerator

1.2 Protokollerstellung und Ausarbeitung

Protokoll:

Neben einem freiwilligen handschriftlichen Protokoll muss ein EDV-Protokoll mit OpenOffice Writer geführt werden, in das diverse Screen Shots aufzunehmen und mit selbstverfassten Kommentaren zu ergänzen sind. Die Screen Shots können wie folgt in die Zwischenablage kopiert werden:

- Gesamter Bildschirm mit Taste "Druck" (eher ungünstig)
- Gesamtes, aktives Fenster mit Tastenkombination "Alt + Druck"
- Ausgewählte Elemente des Front Panel oder des Block Diagrams mit Tastenkombination "Strg + C" oder rechte Maustaste → kopieren.

Von der Zwischenablage können die Objekte dann in das Protokollfile kopiert werden (z.B. mit Tastenkombination "Strg + V" oder rechte Maustaste → einfügen. Das Protokollfile können Sie zur Auswertung entweder auf eigenem Datenträger (z.B. Memory-Stick) mitnehmen oder sich per Mail zuschicken.

Wichtig: Wenn Sie zu Hause mit Word arbeiten, speichern Sie das File am Ende des Praktikums im Word-Format ab!

Ausarbeitung:

Die Ausarbeitung besteht zum Einen aus der Überarbeitung des Protokollfiles im Hinblick auf Gestaltung und klare Erläuterungen und zum Anderen aus der Beantwortung der zu den einzelnen Punkten explizit gestellten Ausarbeitungs-Aufgaben.

Die Ausarbeitung soll dann mit dem Protokollfile und der Vorbereitung in dem Betreuer in einem gesamten File abgegeben werden. (CD oder Email). In jedem Fall ist das Deckblatt, welches über Moodle Download zu beziehen ist, vollständig ausgefüllt beizufügen.

1.3 Kurzinformationen zu LabVIEW

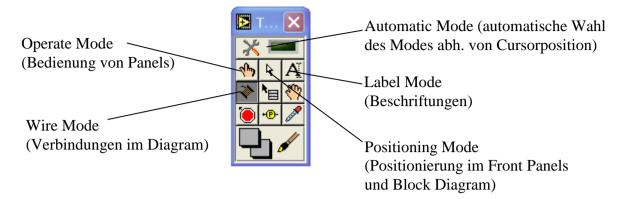
1.3.1 Allgemeines

In LabVIEW gibt es zwei Fenster: Das Front Panel, welches die Benutzeroberfläche des Messprogramms darstellt und das Diagram Window, in welchem der grafische Source Code in Form eines Signalflussplans realisiert ist. Den Ein-/Ausgabeelementen des Front Panels werden automatisch entsprechende Elemente im Diagram Window zugeordnet und umgekehrt. Neue Elemente werden erzeugt, indem man in dem entsprechenden Fenster mit der rechten Maustaste klickt, und dann das gewünschte Element aus der strukturierten Palette auswählt.

In diesem Versuch arbeiten Sie hauptsächlich mit Express-VIs (Auswahl "Express" im Diagram Window) bzw. mit fertigen Programmen.

1.3.2 Tools Palette

Die Eigenschaften des Mauscursors können mit Hilfe der Tools Palette eingestellt werden. Die Tools Palette kann im Pull Down Menu "Window" mit "Show Tools Palette" aktiviert werden.

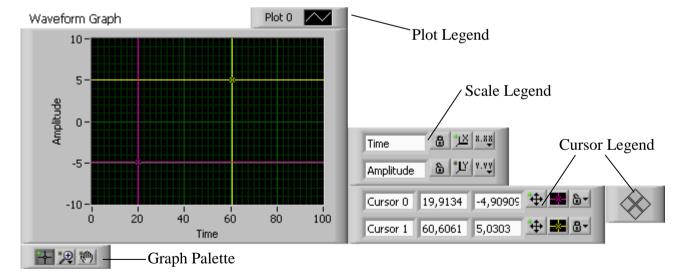


1.3.3 Hilfefunktion

Ausführliche Hilfe zu einem Sub-VI erhalten Sie, indem Sie mit der rechten Maustaste auf das VI klicken und Help auswählen. Eine kurze Hilfestellung zu jedem VI, auf dem sich der Cursor befindet erhalten Sie, indem im Pull Down Menü "Help" "Show Context Help" ausgewählt wird oder kurz die Tastenkombination Ctrl + H (bzw. Strg + H) betätigt wird.

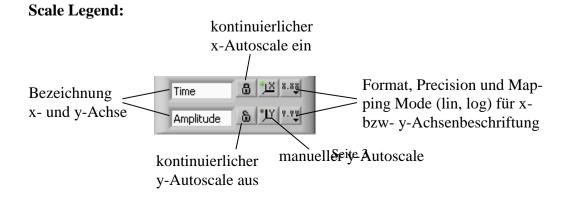
1.3.4 Optionen bei grafischen Darstellungen im Front Panel

Die Flächen Plot Legend, Scale Legend, Cursor Legend und Graph Palette können bei grafischen Darstellungen (Graph oder Chart) durch Klick mit der rechten Maustaste unter "Visible Items" wahlweise zugeschaltet werden:



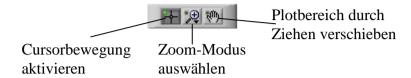
Plot Legend:

Hier werden die Namen der einzelnen Plots angezeigt und durch Klick auf den Linienbereich kann das Erscheinungsbild der Kurve eingestellt werden.

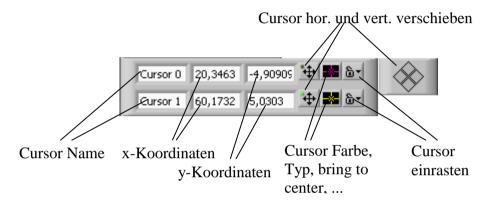


Hinweis: Sie können auch skalieren, indem Sie auf den Anfangs- bzw. Endwert der Skalierung doppelklicken und einen numerischen Zahlenwert eingebgen. Gilt für x- und y-Achse!

Graph Palette:



Cursor Legend:



1.4 Vorbereitung:

Zu 2.1: Aufzeichnung und Analyse eines Spannungsverlaufs mittels DAQ-Karte

- Wie groß ist das Quantisierungsintervall beim Messbereich ± 10 V und 16 Bit Auflösung?
- Welcher Acquisition Mode ("N Samples" oder "Continuous Samples") ist erforderlich, um ein stehendes Bild des Zeitverlaufs eines periodischen Signals zu erzielen? Begründen Sie Ihre Aussage! Hinweis: Bei "Continuous Samples" werden auch N Werte gemeinsam übertragen aber die entsprechenden Zeitbereiche folgen im Gegensatz zu "N Samples" ohne Zeitlücke aufeinander.
- Wie viele Abtastwerte sind jeweils in einem Block aufzunehmen, damit bei einer Abtastrate von 100 kS/s der dargestellte Signalverlauf 0,1 Sekunden lang ist?
- Tragen Sie die jeweiligen allgemeinen Berechnungsformeln für Sinus, Dreieck und Rechteck in die Tabelle ein und zwar in Abhängigkeit vom Spitze-Spitze-Wert U_{SS} , dem Gleichanteil U_0 und Tastgrad δ .

Quantisierungsintervall:

$$\Delta u = \frac{u_{max} - u_{min}}{2^{16}} = 0.305 mV$$

	Wechselanteil	Gesamte Mischspannung
Sinus mit Offset	$Uw(Uss) = \frac{Uss}{2\sqrt{2}}$	$U(U0, Uss) = \sqrt{U_0^2 + U_w^2}$
Dreieck mit Off- set	$Uw(Uss) = \frac{Uss}{2\sqrt{3}}$	$U(U0, Uss) = \sqrt{U_0^2 + U_w^2}$
Rechteck mit Offset (Tastgrad = 50%)	$Uw(Uss) = \frac{Uss}{2}$	$U(U0, Uss) = \sqrt{U_0^2 + U_w^2}$
Rechteck (Tastgrad ≠ 50%)	$Uw(Uss) = Uss * \sqrt{\delta * (1 - \delta)}$	$U(U0, Uss) = \sqrt{U_0^2 + U_w^2}$

Zu 2.2: <u>DFT/FFT Spectrum Analyzer als virtuelles Instrument</u>

- Wie groß ist die Auflösung Δf (Abstand benachbarter diskreter Werte im Spektrum), wenn die Abtastrate $f_{Abt} = 10^5$ Hz ist und 2^{12} Punkte abgetastet wurden? Wird bei dieser Punktezahl die FFT oder die DFT berechnet? Hinweis: LabVIEW wählt immer die FFT, wenn möglich.
- Unter welcher (theoretischen) Bedingung tritt ohne Window bei einer exakt sinusförmigen Spannung im Spektrum nur eine einzelne Linie auf?
- Die höchste in einem Signal vorkommende Frequenzkomponente $f_{S,max}$ sei 20 kHz. Welche Abtastrate muss mindestens vorliegen, damit keine Aliasing-Fehler auftreten?
- Sie analysieren eine Sinusspannung der Frequenz 77 kHz mit einer Abtastrate von 40 kHz und haben somit das Abtasttheorem verletzt. Welche falsche Alias-Frequenz entnehmen Sie Ihrem Spektrum? Wodurch können solche Alias-Fehler vermieden werden?

$$\Delta f = \frac{f_{abt}}{n} = 24,414Hz$$

Es wird die FFT verwendet, da $f_{abt} = 2^x$.

Die Aufzeichnungszeit ist ein Vielfaches der Periodendauer des Signals. Somit tritt kein Leakage Effekt auf.

Bei einem Signal mit $f_{max} = 20 \text{kHz}$ muss mindestens mit $f_{abt} = 40 \text{kHz}$ abgetastet werden, um Aliasingfehler zu vermeiden.

Da das Abtasttheorem verletzt wird, erscheint die Frequenz bei 3kHz.

Vor der Abtastung muss ein Anti Aliasing Filter eingesetzt werden bzw. die Abtastfrequenz muss der abzutastenden Frequenz angepasst werden.

zu 2.3 Messung einer Diodenkennlinie mittels externer Messgeräte

Der Messaufbau besteht aus dem Funktionsgenerator 33521A, dem Digitalmultimeter 34410A und einem Dekadenwiderstand.

- Welche Größe (Spannung oder Strom) wird bei dem Messaufbau entsprechend <u>2.4 Durchführung</u> invertiert gemessen? Die Invertierung ist im Auswerteprogramm schon berücksichtigt!
- Dimensionieren Sie den Widerstand so, dass bei der negativsten Spannung von U_{min} = -10V ein Zenerstrom von -30 mA durch die 5,6 V Zenerdiode fließt. Wie groß ist bei diesem Widerstand die maximale positive Spannung U_{max} zu wählen, damit in Durchlassrichtung maximal +30 mA fließen, die Kennlinie also von -30 mA bis +30 mA geht?
- Wie groß müssen bei der 2,6 V Zenerdiode die Spannungen U_{max} und U_{min} gewählt werden, damit ebenfalls von -30 mA bis +30 mA gemessen wird?
- Geben Sie sinnvolle Werte von U_{max} und U_{min} für die Si-Diode an, damit der maximale Durchlassstrom +30 mA beträgt.

Hinweis: Die ermittelten Spannungen sind Leerlaufspannungen des Funktionsgenerators. Bei der Ermittlung des Dekadenwiderstands ist der Innenwiderstand des Funktionsgenerators von 50 Ω zu berücksichtigen.

Der Stromfluss wird invertiert gemessen, da die beiden Außenleiter an einem Knoten angeschlossen werden müssen, um keine Kurzschlüsse zu verursachen.

5,6 Z-Diode:

$$R = 4.4 \frac{V}{30 \text{mA}} - 50\Omega = 96.67\Omega$$

 $U_{max} = 0.7V + 30 \text{mA} \cdot 146.67\Omega = 5.1V$

2,6 Z-Diode:

$$U_{max} = 0.7V + 30 \text{mA} \cdot 146.67 \Omega = 5.1V$$

 $U_{min} = -2.6V - 30 \text{mA} \cdot 146.67 \Omega = -7V$

Si-Diode:

$$U_{max} = 0.7V + 30\text{mA} \cdot 146,67\Omega = 5.1V$$

$$U_{min} = 0\text{V}$$

zu 2.4: Messung an Dioden mittels DAQ-Karte

Da mit der DAQ-Karte ein Strom nicht direkt gemessen werden kann, wird an seiner Stelle der Spannungsabfall an dem in Serie liegenden Dekadenwiderstand gemessen. Die Spannungsversorgung der Serienschaltung wird mit dem Analog Output "AO 0" der DAQ-Karte realisiert und über das Messprogramm verändert. Der DAC kann maximal \pm 5 mA Strom liefern.

- Dimensionieren Sie den Dekadenwiderstand so, dass bei einer minimalen negativsten Spannung $U_{min} = -10 \text{V}$ am Analg Output "AO 0"ein Zenerstrom von -5 mA durch die 5,6 V Zenerdiode fließt. Wie groß ist bei diesem, von 2.4 abweichenden Dekadenwiderstand die maximale positive Spannung zu wählen, damit in Durchlassrichtung +5 mA fließen, die Kennlinie also von -5 mA bis +5 mA geht?
- Wie groß müssen bei der 2,6 V Zenerdiode U_{max} und U_{min} gewählt werden, damit die Kennlinie beim selben Dekadenwiderstand ebenfalls von -5 mA bis +5 mA geht?

Hinweis: Der Innenwiderstand des DAC darf zu 0Ω angenommen werden.

$$5,6$$
 Z-Diode $R = 4,4$ $\frac{V}{5\text{mA}} = 880\Omega$ $U_{max} = 0,7V + 880\Omega \cdot 5\text{mA} = 5,1V$ $2,6$ Z-Diode $U_{max} = 0,7V + 880\Omega \cdot 5\text{mA} = 5,1V$ $U_{min} = -2,6V - 5\text{mA} \cdot 880\Omega = -7V$ Si-Diode $U_{max} = 0,7V + 880\Omega \cdot 5\text{mA} = 5,1V$ $U_{min} = 0,7V + 880\Omega \cdot 5\text{mA} = 5,1V$ $U_{min} = 0,7V + 880\Omega \cdot 5\text{mA} = 5,1V$

2. Versuchsdurchfürhung

2.1 Aufzeichnung und Analyse eines Spannungsverlaufs mittels DAQ-Karte

Mit Hilfe der DAQ-Karte soll ein vom externen Funktionsgenerator Agilent 33521A generiertes Spannungssignal aufgezeichnet und sein Zeitverlauf dargestellt werden. Ferner sollen einige Kenngrößen des Zeitverlaufs berechnet und diese Ergebnisse numerisch ausgegeben werden.

Achtung: Für alle Messungen mit der DAQ-Karte sind die Analogeingänge des Connector Blocks auf GS (Ground Source) zu stellen!

Das Messprogramm soll neu erstellt werden, also fangen Sie mit einem "Blank VI" an und laden den DAQ-Assistant (re. Mausklick \rightarrow Express auf Function Palette wählen \rightarrow Input \rightarrow DAQ Assistant wählen.

2.1.1 Konfiguration des DAQ-Assistant

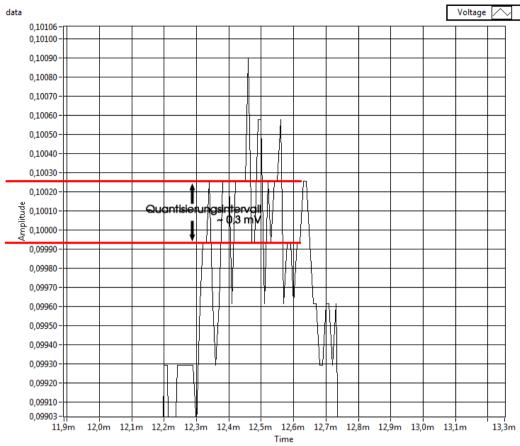
Nachdem das Express VI "DAQ Assistant" ins Diagram Window gezogen wurde, öffnet es sich automatisch für die Konfiguration:

- 1. Analogen Eingangskanal festlegen: Acquire Signals → Analog Input → Voltage → X-SerieDAQ (PCIe-6361) → einen Eingangskanal aus ai0 ... ai7 → Finish drücken (dieses Fenster beenden)
- 2. Configuration festlegen: Signal Input Range (Max = 10V; Min = -10V); Terminal Configuration = Differential; Acquisition Mode entsprechend Vorbereitung; Rate (Hz) = 100k; Samples to read entsprechend Vorbereitung so, dass die Blockzeit 0,1 s beträgt.
- 3. Triggering festlegen: Start Trigger: <None>; Reference Trigger: Digital Edge; Trigger Source = PFI0; Pre-Trigger Samples entsprechend Vorbereitung so dass Pretrigger = 50%; Edge: egal; dann ok Button drücken → das Express VI konfiguriert sich dann!

Um den Zeitverlauf sichtbar zu machen, schließen Sie nun im Diagram Window am data Ausgang einen grafischen Indicator an, (Maus auf den data Ausgang fahren, connect Wire Mode wählen und re. Maustaste \rightarrow Create \rightarrow Graph Indicator) Ziehen Sie dann den Graphen im Front Panel auf eine sinnvolle Größe und machen Sie die Scale Legend und Graph Palette sichtbar (auf Graphen re. Mausklick \rightarrow Visible Items \rightarrow )

2.1.2 Quantisierungsintervall ΔU ermitteln

Verbinden Sie den Output des Funktionsgenerators mit dem von Ihnen gewählten Eingangskanal auf dem Connector Block und legen Sie den Sync-Ausgang auf den PFI0 des Connector Blocks. Aktivieren Sie den Ausgang des Funktionsgenerators (Channel drücken \rightarrow Output = On wählen) und stellen zunächst ein Dreieck-Signal (über Waveforms) mit kleiner Amplitude (ca. 10 mVpp) und einer Frequenz von 100 Hz ein. Starten Sie Ihr Untitled 1 VI, wodurch eine einzelne Aufzeichnung durchgeführt wird. Versuchen dann mit Hilfe der Zoom Funktion die Größe des Quantisierungsintervalls ΔU abzuschätzen. Hierzu muss die vertikale Skalierung mit höherer Genauigkeit angegeben werden. Gehen Sie hierzu im Operate Modus (Maus ist Handsmbol) auf das Feld y.yy der Scale Legend und wählen eine sinnvolle Precision aus. Binden Sie den Graphen, aus dem Sie das ΔU ausgelesen haben ins Protokollfile ein! Vergleichen Sie das gemessene ΔU mit dem aus der Vorbereitung.



Die Werte stimmen mit der in der Vorbereitung (0,3052mV) näherungsweise überein.

2.1.3 Analyse der Kenngrößen des Signalverlaufs

Folgende Größen sollen ermittelt und auf dem Front Panel ausgegeben werden. Gehen Sie dabei vor wie in der LabVIEW-Übung in der Vorlesung.

- Gleichanteil Uo der Mischspannung, Effektivwert U der Mischspannung und Spitze-Spitze Wert Uss der Spannung (Express VI "Amplitude and Level Measurements")
- Zeitverlauf des Wechselanteils uw(t) (am Funktionsgenerator eine Mischspannung einstellen)
- Effektivwert des Wechselanteils Uw aus dem Zeitverlauf von u_w(t)
- Tastgrad δ (Duty Cycle)
- Bei Interesse und wenn Sie gut in der Zeit sind, weitere Kenngrößen auswählen

Damit die grafische Darstellung und die Ausgabe der Messergebnisse kontinuierlich erfolgen, muss der gesamte Datenfluss noch in eine While Schleife eingebunden werden. (Express \rightarrow Exec Control \rightarrow While Loop \rightarrow über alles drüberziehen)

Erstellen Sie das Messprogramm und wenden Sie es für die Zeitfunktionen Sinus, Dreieck, Rechteck, jeweils mit überlagertem Offset an. Die jeweiligen Signale sind am Funktionsgenerator Agilent 33521A manuell einzustellen. Wählen Sie bei Rechteck auch einmal einen von 50% verschiedenen Tastgrad δ (Duty Cycle). Messen Sie jede Spannung mit beiden DMM (Agilent 34410A und Metrahit Energy Handmultimeter).

Mit dem 34410A messen Sie nacheinander im Wechselspannungsbereich (AC-Filter = 3Hz über Config einstellen ...) und im Gleichspannungsbereich (NPLC = Number of Power Lind Cycles = 2 über Config einstellen ...). Mit dem Metrahit messen Sie die Spannung im Gleich- und Wechselspannungsbereich ($V_{\underline{\sim}}$ ist auf roter Skala)

Kopieren Sie jeweils die grafische Darstellung und die numerischen Messergebnisse des Front Panels in Ihr Protokollfile und tragen Sie zusätzlich die drei angezeigten Werte der beiden DMM's im Protokollfile ein – einprägsam kennzeichnen (z.B. $U_{AC} = ...; U_{DC} = ...; U_{AC+DC} = ...)$

Vergleichen Sie die Einstellungen "Amplitude" und "Offset" am Funktionsgenerator mit den Zeitverläufen bzw. den numerischen Ergebnissen Ihres VI's. Schalten Sie am Funktionsgenerator von Output Load = $50~\Omega$ auf Output Load = High Z um (Channel \rightarrow Output Load) und erläutern Sie, was die jeweilige Auswahl bedeutet.

Belasten Sie den Funktionsgenerator über ein T-Stück mit 50 Ω und vergleichen Sie nochmals gemessene und eingestellte Werte, wenn Output Load = 50 Ω gewählt ist. Notieren Sie Ihre Erkenntnisse ins Protokollfile.

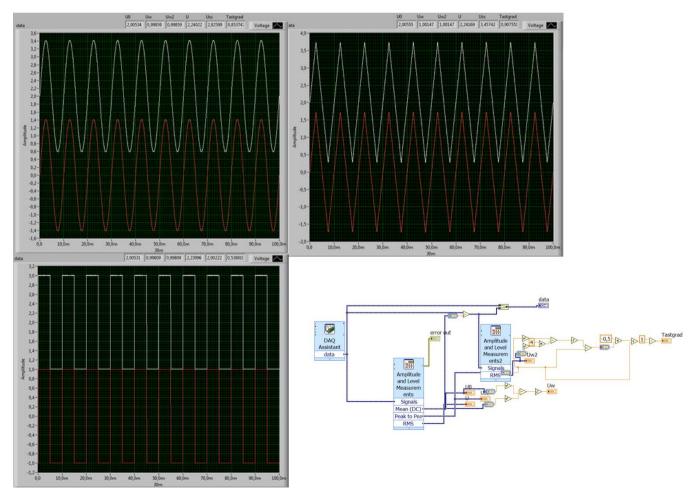
Der rote Verlauf zeigt den AC-Anteil der Spannung, der weiße Verlauf die gesamte Mischspannung.

Messung mit den Voltmetern:

	Agilent	Metrahit
Rechteck	$U_{dc}=2,005V, U_{ac}=0,4989V$	$V_{ac+dc} = 2,0708V$
Sinus	$U_{dc}=2,005V, U_{ac}=0,3528V$	$V_{ac+dc} = 2,0403V$
Dreieck	U_{dc} =2,005V, U_{ac} =0,2885V	$V U_{ac+dc} = 2,0301V$

Messeinstellung: Uoff=2V, Amplitude 1,000 Vpp, Tastgrad = 0,5

High Z Mode: Ändert nicht die Ausgangsimpedanz von 50 Ohm, sondern lediglich die Darstellung des Displays. Dieser Modus zeigt richtige Werte an, sofern ein hoher Lastwiderstand angeschlossen ist (DAQ-Karte). Durch Umstellung auf High Z Mode sind die Displaywerte des Vi's und die des Frequenzgenerators gleich.



2.1.4 Ausarbeitung

- 1. Berechnen Sie die relativen Abweichungen zwischen den drei Werten, die mit den beiden DMM's gemessen wurden und den entsprechenden numerischen Ergebnissen, die das Messprogramm liefert für alle untersuchten Zeitfunktionen.
- 2. Überprüfen Sie die Formeln für die Berechnung der Signalkenngrößen U und U_W aus der <u>Vorbereitung zu 2.1</u>, indem Sie die mittels Ihres Programms ermittelten Zahlenwerte von U und U_W aus den Messwerten von U_{SS} und U_0 (und ggf. von δ) berechnen und mit den gemessenen Werten vergleichen. Tragen Sie die Ergebnisse in die nachfolgende Tabelle ein und bewerten Sie die Übereinstimmung.

Versehentlich wurden bei der Messung verschiedene Einstellungen am Funktionsgenerator gewählt. Für die VI-Messung wurde die Spannung mit RMS eingeprägt, bei den Multimetern richtigerweise mit Vpp. Somit weichen die Spannungen im Vorhinein voneinander ab. Eine Beurteilung der Differenzspannung $\Delta U = U_{VI} - U_{voltmeter}$ ist uns somit leider nicht möglich.

	U_{SS}	U_0	Tastgr. δ	U	U als Funk-	U_{W}	U _W als
	(aus LV-	(aus LV-	(aus LV-	(aus LV-	tion von	(aus LV-	Funktion
	Progr.)	Progr.)	Progr.)	Progr.)	(U_{SS}, U_0, δ)	Progr.)	von
							(U_{SS},U_0,δ)
Sinus	2,826	2,005	xxxxxx	2,240	2,2402	0,999	0,999
Dreieck	3,457	2,005	xxxxxx	2,241	2,2396	1,002	0,9979
Rechteck (Tastgrad = 50%)	2,002	2,005	xxxxxx	2,239	2,2409	0,998	1,001

Wie man erkennen kann, stimmen die Messwerte im Rahmen der Messgenauigkeit mit den berechneten Werten sehr gut überein.

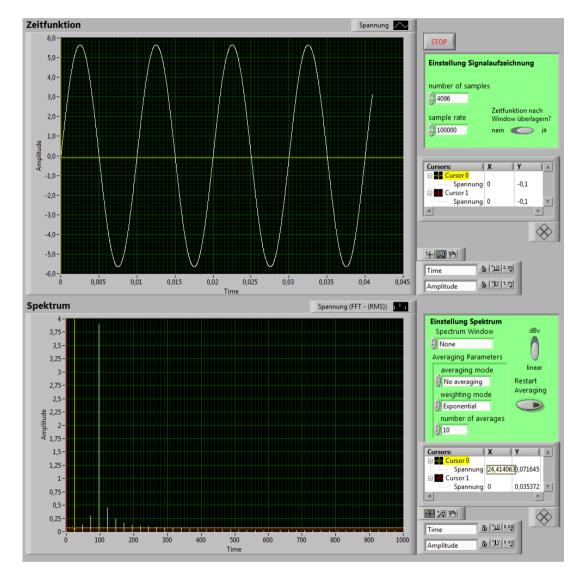
2.2 DFT/FFT Spectrum Analyzer als Virtuelles Instrument

2.2.1 Durchführung

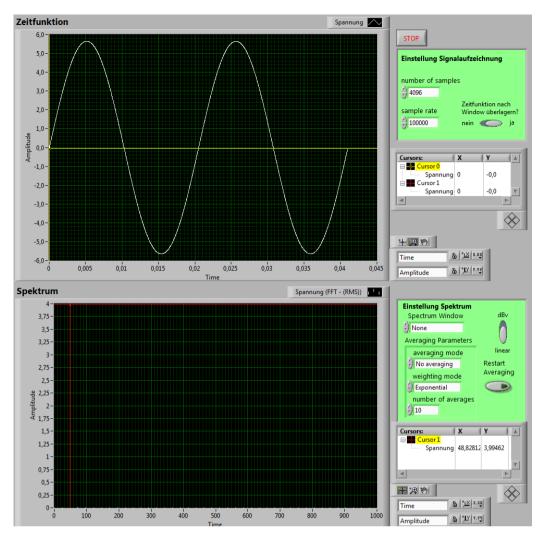
Laden Sie das VI "Spektrum Analyzer.vi", schließen Sie den Ausgang des Funktionsgenerators an den Kanal AI 0 an und verbinden den Triggerausgang des Funktonsgenerators mit PFI 0.

- Stellen Sie entsprechend der Vorbereitungsfrage f_{Abt} = 10⁵ Hz und 2¹² Punkte ein (Display Settings = Linear und Window = None). Wählen Sie am Funktionsgenerator Sinus aus mit einer Frequenz, die weit unterhalb der Nyquistfrequenz liegt (z.B. 100 Hz). Schalten Sie die Darstellung im Spektrum auf Linienplot und überprüfen Sie die Auflösung, die Sie in der Vorbereitung berechnet haben. Notieren Sie den Vergleich in Protokoll.
- Verändern Sie nun die Anzahl der Abtastpunkte oder die Signalfrequenz so, dass der Sprung bei
 der periodischen Fortsetzung des Abtastzeitfensters einmal maximal und einmal minimal wird.
 Was ist über den Effektivwert bzw. die Frequenz der größten Linie in diesen Fällen auszusagen,
 wenn Sie das Ergebnis mit der Zeitfunktion vergleichen? Notieren Sie Ihre Erkenntnis ins Protokoll.
- Ermitteln Sie nun bei maximalem Sprung (also bei maximalem Leakage-Effekt) durch Probieren aller Fenster dasjenige, bei dem der Linien-Effektivwert am besten mit dem tatsächlichen der Sinusspannung übereinstimmt. (ggf. Cursor zum genauen Auslesen der Linie verwenden) Notieren Sie das Ergebnis ins Protokoll.
- Der Sinus des Funktionsgenerators ist nicht ideal und hat somit kleine Oberwellen. Dies soll nachfolgend untersucht werden. Stellen Sie die Signalfrequenz auf ca. 1 kHz ein und wählen Sie die Anzahl der Abtastpunkte oder die Signalfrequenz so, dass sich wieder maximale Sprungstellen an den Rändern ergeben. Stellen Sie die Display Settings auf dB ein und wählen Sie Poly-

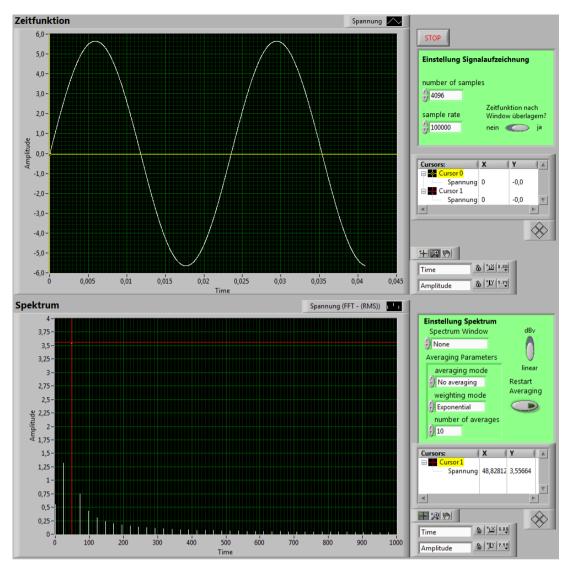
- gonzug. Speichern Sie das Spektrum ohne Windows und mit Hanning Window ab und bewerten Sie die Unterschiede hinsichtlich Messbarkeit der Harmonischen. Testen Sie auch den Einfluss des Averaging auf das Rauschen im Spektrum. Notieren Sie Ihre Beobachtungen ins Protokoll.
- Nachfolgend sollen die Aliasingfehler bei Verletzung des Abtasttheorems untersucht werden. Stellen Sie hierzu die Abtastfrequenz auf 40 kHz (wie in Vorbereitung) und erhöhen Sie die Signalfrequenz des Sinus kontinuierlich von 100 Hz bis auf 77 kHz. Vergleichen Sie das Ergebnis mit dem aus der Vorbereitung.
- Um das Zustandekommen des Aliasing-Fehlers besser verstehen zu können, laden Sie jetzt das "Abtast_Spektrum_Demo.vi" mit dem Sie die vorherige Messung noch mal rein simulieren. Bei der Simulation besteht jetzt aber die Möglichkeit, den tatsächlichen Verlauf der Spannung hochaufgelöst zu überlagern. Markieren Sie die Abtastpunkte im Zeitverlauf und erläutern Sie mit eigenen Worten, wie die falschen Alias-Frequenzen entstehen. Kopieren Sie den abgetasteten und den hochaufgelösten Zeitverlauf bei einer sinnvollen Frequenz in das Protokollfile.



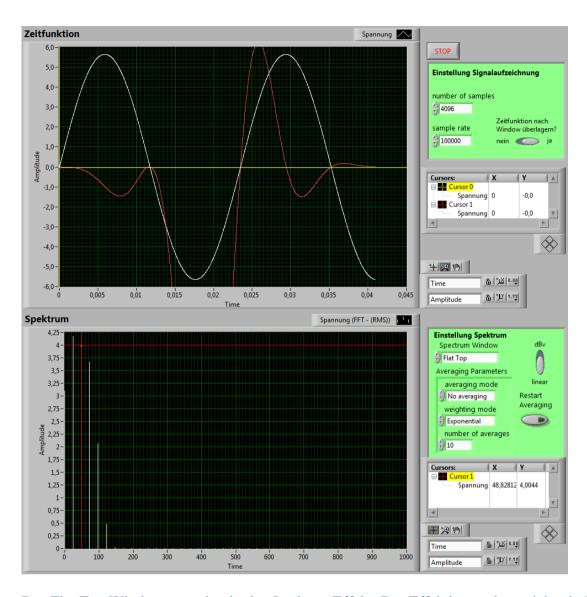
Die mit dem Cursor 0 (gelb hinterlegt) erfasste Frequenz beträgt 24,414063 und stimmt somit mit der Vorbereitung überein.



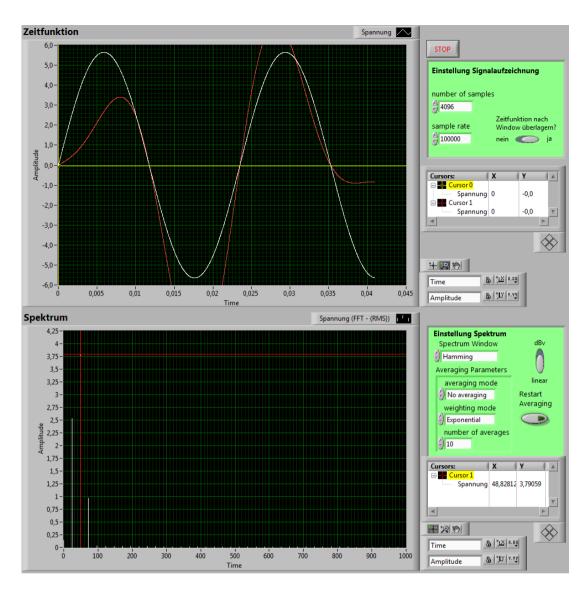
Die Aufzeichnungszeit ist ein Vielfaches der Periode des Sin-Signals. Leakage-Effekte treten somit nicht auf. Der Effektivwert und die Frequenz stimmen genau mit der Zeitfunktion überein.



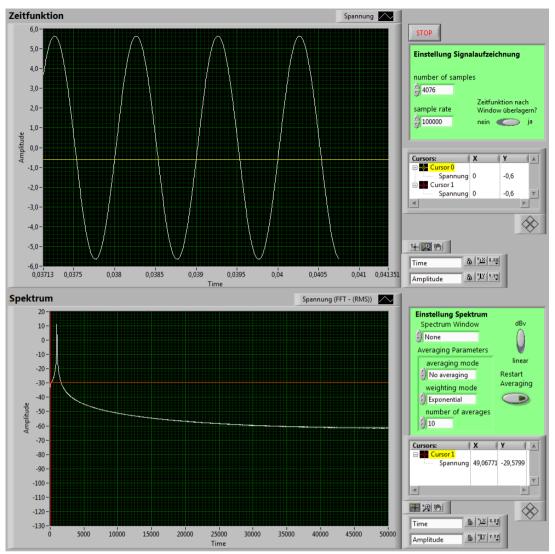
Durch den maximalen Sprung kommt es zu Leakage-Effekten, welche sich in einem ausgedehnten Frequenzband widerspiegeln. Die Frequenz der Zeitfunktion ist nicht mehr klar erkennbar. Der Effektivwert des Frequenzmaximums stimmt mit dem Effektivwert des Zeitsignals nicht mehr überein.



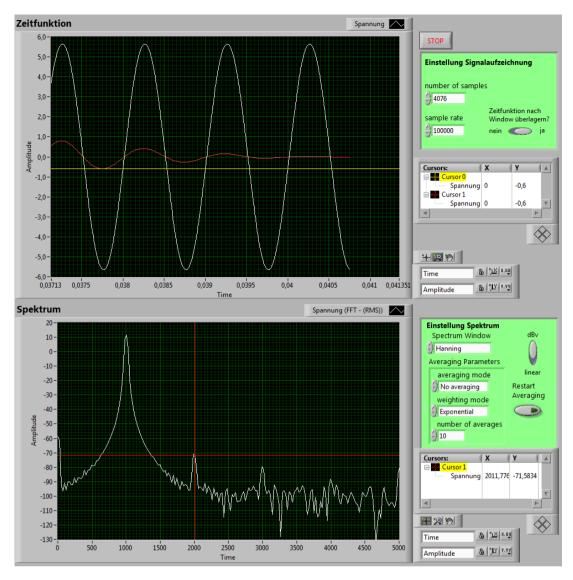
Das Flat Top Window unterdrückt den Leakage-Effekt. Der Effektivwert lässt sich mit diesem Window am besten bestimmen.



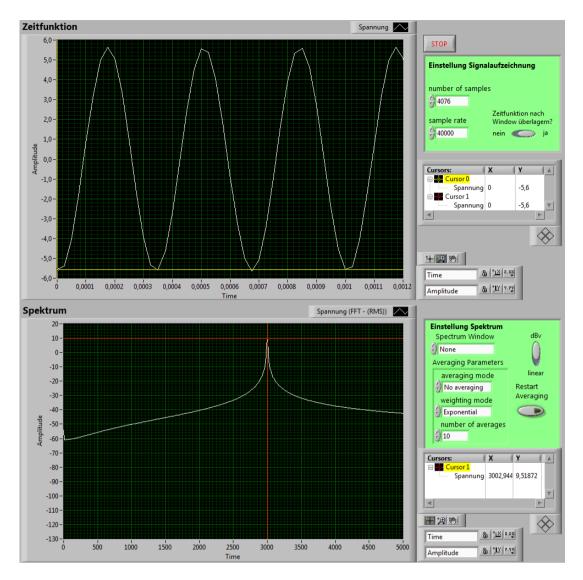
Die Effektivwerte stimmen beim Hamming Window nicht überein, jedoch werden die falschen Frequenzen schneller unterdrückt.



Ohne Window werden die Oberwellen des Sinus durch den Leakage-Effekt unterdrückt.



Mit Hanning Window werden die einzelnen Oberwellen des Sinus wieder sichtbar. Durch zusätzliches Averaging wird das Rauschen weitestgehend unterdrückt und die Oberwellen werden noch besser erkennbar.



Durch Abtastung mit einer Frequenz kleiner $2*f_{ny}$ wird das Abtasttheorem verletzt und die 77kHz-Frequenz wird bei 3kHz dargestellt. Bei weiterem Absenken der Frequenz bis auf 100Hz wandert der Frequenzpeak zwischen $0 < f < f_{ny}$.

2.2.2 Ausarbeitung

- Nennen Sie Gründe, für die Verwendung von Windows bei FFT- bzw. DFT-Spectrum-Analyzern.
- Wie können Oberwellen im Spektrum besser aus dem Rauschen hervorgehoben werden? (Stichwort!)

Gründe für die Verwendung von Windows:

Leakage-Effekte werden unterdrückt. Harmonische Oberwellen sind erkennbar und differenziert betrachtbar. Eine Rekonstruktion eines abgetasteten Signals bedingt möglich.

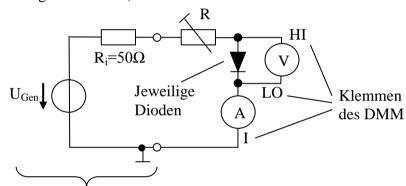
2.3 Messung einer Diodenkennlinie mittels externer GPIB-Bus Messgeräte

Diese Messung ist mit dem vorgegebenen VI "Diodenkennlinie_GPIB.vi" durchzuführen. Dieses VI steuert den Funktionsgenerator und die beiden DMM's so an, dass die Diodenkennlinie automatisch gemessen werden kann.

2.3.1 Durchführung

Laden Sie das "Diodenkennlinie_DMM_FktGen.vi und stellen Sie den Dekadenwiderstand auf den in der Vorbereitung ermittelten Wert ein. Da die Umschaltung vom Spannungs- auf den Strommessbereich mit Relais realisiert wird, werden zunächst alle Spannungswerte und dann erst alle Stromwerte gemessen (siehe Anzeige auf Frontpanel und Messgerät). Geben Sie folgende Größen auf dem Frontpanel ein:

- Maximale positive Leerlaufspannung U_{max} und minimale negative und U_{min}, zwischen denen die Spannung am Funktionsgenerator variiert wird.
- Sinnvolle Anzahl der Punkte auf der Diodenkennlinie.
- VISA resource name für DMM und Funktionsgenerator; richtige Auswahl daran erkennbar, dass der Name bzw. die IP-Adresse des Geräts enthalten ist. IP ist wie folgt abrufbar:
 - DMM: Utility \rightarrow Remote I/O \rightarrow LAN \rightarrow Enabele yes \rightarrow LAN Settings view \rightarrow IP Adr.
 - FktGen: System \rightarrow I/O Config \rightarrow LAN Settings
- Erforderlichen Wert der Widerstandsdekade einstellen (muss nicht auf dem Front Panel eingegeben werden)



Bauen Sie die nebenstehende Schaltung auf, bei der wegen der gemeinsamen LO-Klemme von Strom- und Spannungsmessung eine Größe (Spannung oder Strom) negativ gemessen werde, was aber in der Auswertesoftware korrigiert wird.

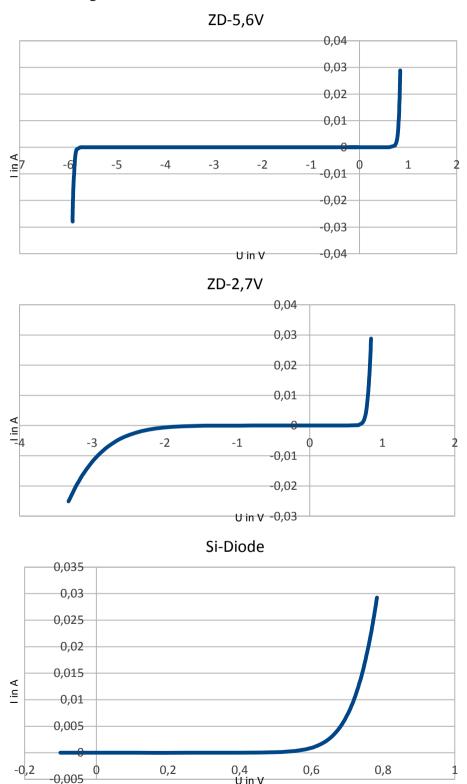
ESB des Fkt.Gen.

Die Messung wird ausgeführt, wenn Sie das VI starten und dann den Taster "messen" betätigen.

- Messen Sie die Kennlinien der Si-Diode, und der Zener-Dioden ZD-2,7V und ZD 5,6V, indem Sie die in der Vorbereitung ermittelten Werte von U_{max} und U_{min} der jeweiligen Dioden eingeben und dann messen. Überprüfen Sie, ob die in der Vorbereitung ermittelten Werte für U_{max} und U_{min} zu den richtigen Strom-Endwerten führen. Testen Sie das Speichern und Laden der Kennlinien. Sie können den Filenamen die Extension *.csv geben, damit durch Doppelklick automatisch das OpenOffice Tabellendokument (oder zu Hause ggf. Excel) geöffnet wird.
- In den gespeicherten Files sind die Spannungswerte in der ersten und die Stromwerte in der zweiten Zeile gespeichert. (Trennzeichen ist Tab) Öffnen Sie ein solches File mit OpenOffice Tabellendokument und versuchen Sie die Kennlinie grafisch darzustellen. (beide Zeilen markieren → Diagramm wählen → xy wählen → Datenbereich: Datenreihe in Zeilen wählen → fertig stellen → re. Maulklick und Titel eingeben (incl. Achsenbezeichnung)
- Nehmen Sie diese Files mit den drei Diodenkennlinien für die Ausarbeitung mit nach Hause.

2.3.2 Ausarbeitung

Binden Sie die drei mit Open Office Tabellendokument oder mit Excel erzeugten Kennlinien in Ihre Ausarbeitung ein. Aus der Grafik soll dann ersichtlich sein, dass der maximale Durchlassstrom 30 mA und der maximale Zenerstrom -30 mA beträgt. Erklären Sie geringfügige Abweichungen von den Anfangs- und Endstromwerten.

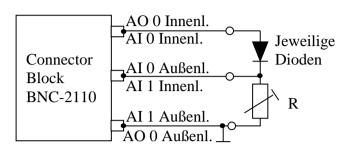


Durch Toleranzen in den Widerständen, im Digitalmultimeter sowie im Frequenzgenerator sind bei maximaler und minimaler Spannung nicht die gewünschten +-30mA zu erreichen.

2.4 Messung an Dioden mittels DAQ-Karte

Ziel dieses Unterpunktes ist es, Ihnen zu zeigen, dass eine Messung mit DAQ-Karte deutlich schneller erfolgt als mittels externen Geräten aber nur kleinere Stromwerte eingestellt werden können.

2.4.1 Durchführung



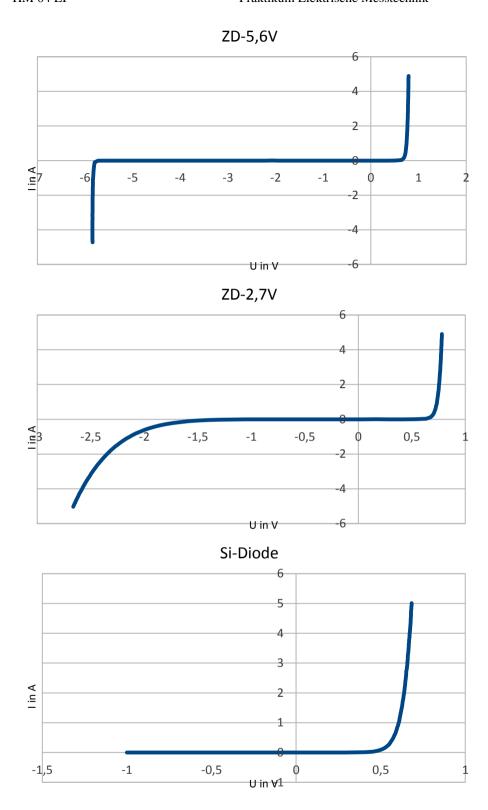
Laden Sie das Diodenkennlinie_DAQ.vi und schließen Sie den Prüfling wie nebenstehend gezeichnet über den Connector-Block BNC-2110 an. Starten Sie das VI und geben Sie die Werte für den Dekadenwiderstand R, U_{max} und U_{min} entsprechend Vorbereitung ein und wählen Sie eine sinnvolle Anzahl von Messpunkten. Vergessen Sie nicht, R auch richtig einzustellen!

• Nehmen Sie die Kennlinien der drei Dioden mit den in der Vorbereitung ermittelten Parametern auf, testen Sie die Funktionen Speichern und Laden. Bewerten Sie die Geschwindigkeit der Messung im Verglich zu der mit den externen GPIB-Bus Messgeräten.

2.4.2 Ausarbeitung

Begründen Sie, warum bei der Messung mit DAQ-Karte im Gegensatz zur Messung mit externen Geräten der Widerstand nicht nur eingestellt sondern auch auf dem Front Panel eingegeben werden muss.

Bei Messung mit externen Geräten wird der Stromfluss mittels Amperemeter ermittelt. Die DAQ-Karte misst lediglich die Spannung am Widerstand. Mittels ohmschen Gesetz wird intern die Spannung in einen Strom durch den definierten Widerstand umgerechnet. Zudem ist die Messung mit DAQ-Karte wesentlich schneller als mit externen Geräten. Allerdings weist die DAQ-Karte bei weitem nicht einen so großen Messumfang auf (begrenzt auf 5mA).



2.5 Weitere Versuchsdurchführungen

sollten Sie noch Zeit und Interesse haben, so können Sie gerne eigene Ideen für Messaufgaben umsetzen.