**Mechatronisches Projekt**

Migration of LabVIEW into the Test of Magnetic Properties

Projektdokumentation über das mechatronische   
Projekt des 6. Semesters in der  
Fakultät Mechatronik und Elektrotechnik

durchgeführt an der

Hochschule Esslingen

Robert-Bosch-Str. 1

73037 Göppingen

Deutschland

vorgelegt von  
**Jan Philipp Grünewald, Smiljan Mahkovec, Marc Schnaitmann,**

**Christian Meier, Till Schwaderer**

Betreuer:  
Prof. Dr.-Ing H. Förschner (Hochschule Esslingen)  
Uwe Weidlich (Hochschule Esslingen)

Bearbeitungszeitraum  
15. März 2017 bis 28. Juni 2017

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis 2

1 Aufgabenstellung 4

2 Beschreibung des Programmes 6

2.1 Zustandsdiagramm 6

2.2 State Maschine 6

2.2.1 Beschreibung der einzelnen Unterschiritte der State Maschine 7

2.2.2 Beschreibung Daten im Cluster 10

2.3 MagnetoGUI.vi 13

2.3.1 Beschreibung des VIs 13

2.4 Anpassung.vi 16

2.5 Anpassungspruefung.vi 16

2.6 AnsteuerungFrequenzgenerator.vi 16

2.7 AnsteuerungOszilloscope.vi 17

2.8 Entmagnetisierung.vi 17

2.9 FindeArrayIndexNullstelle.vi 17

2.10 FlussdichteAnpassen.vi 18

2.11 FrequenzgeneratorInit.vi 18

2.12 MessbereichEinstellen.vi 18

2.13 MessdatenAuslesen.vi 19

2.14 MessdatenPeriode.vi 19

2.15 Messung.vi 20

2.16 MessungHystereseschleife.vi 20

2.17 MessungHBPeriode.vi 20

2.18 MessungNeukurve.vi 21

2.19 OsziKanalInfo.vi 21

2.20 OsziOffsetMessen.vi 21

2.21 OszilloscopeInit.vi 22

2.22 RungeKutta.vi 22

2.23 SymmetrierungMessdaten.vi 22

3 Offene Punkte 23

4 Weitere Verbesserungen 24

Quellenverzeichnis 25

Abkürzungsverzeichnis 26

# Aufgabenstellung

Die Aufgabe des Mechatronischen Projektes war es, den Versuch Magnetische Eigenschaften, für die weichmagnetischen Werkstoffe auf eine neue Software umzusetzen. Die alte Software wurde im Pascal Code geschrieben. Um den Versuch wieder auf den neuen Standard zu bringen, wurde der Versuch in LabVIEW neu Programmiert.

Als Vorlage für die für diese Arbeit, diente der Pascal Code.

**Das bisherige Programm konnte folgende Funktionen ausführen:**

* Eingabe der Werkstoffe und Anordnungsparameter
* Vorgaben Frequenz und Flusswert vollautomatisch anfahren
* Messung der Remanenz (Br)
* Messen der Koerzitivfeldstärke (Hr)
* Messen der maximalen Flussdichte (B) und der maximalen magnetischen Feldstärke (H)
* Messen der Verlustleistung
* Messen der Hystereseschleife
* Messen der Neukurve
* Messen der Kommutierungskurve
* Grafische Darstellung der Hystereseschleife
* Grafische Darstellung der Neukurve
* Grafische Darstellung der Kommutierungskurve
* Grafische Darstellung aller Eingabeparameter und Messergebnisse
* Ausdruck der Dokumentation

**Durch die Programmierung in LabVIEW wurden folgende Funktionen zusätzlich geändert bzw. hinzugefügt:**

* Die Dokumentation muss nicht mehr gedruckt werden, sonder kann nun an einem gewünschten Pfad gespeichert werden.
* Es gibt eine Strombegrenzung
* Exportieren der Daten in Excel

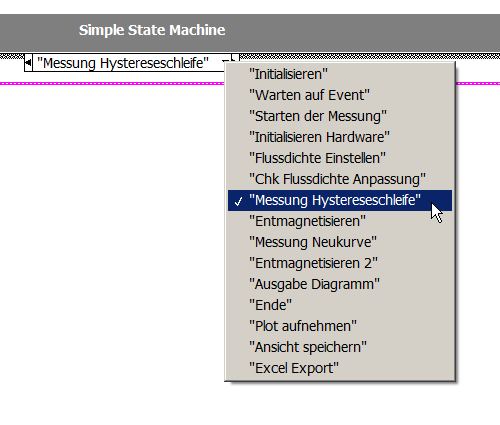
# Beschreibung des Programmes

## Zustandsdiagramm

## State Maschine

Die State Maschine ist in der MagnetoGUI.vi hinterlegt. 

Hier werden die einzelnen SubVIs nacheinander aufgerufen.



### Beschreibung der einzelnen Unterschiritte der State Maschine

#### Initialisieren

Die Diagramme werden beim Start des Programmes zurückgesetzt.

#### Warten auf Event

In diesem Schritt kann der Bediener seine Einstellungen vornehmen. Es wird so lange in diesem Schritt gewatet bis die „Messung Starten“ Taste betätigt wurde. Nach Ablauf der Messung kommt man wieder in diesen Schritt.

#### Starten der Messung

Nachdem der Taster „Messung Starten“ betätigt wird, wird dieser Schritt ausgeführt. Hierbei werden die Diagramme nochmals zurückgesetzt und die Eingegebenen Parameter in ein Cluster übergeben. Es werden noch die Parameter Faktor 1, Faktor 2 und die Theoretische Primärwindungszahl berechnet, welche intern für das weitere Vorgehen benötigt werden.

#### Initialisieren der Hardware

Bevor nun mit der Messung begonnen wird, werden Oszilloskop und der Frequenzgenerator initialisiert.

Bei der Einstellung des **Oszilloskops** werden unter anderem folgenden Parameter eingestellt:

* Zuweisung VISA Name
* Manuelle Bedienung gesperrt
* Range auf 40 V (Channel 1 und 2)
* Time base auf 200ms
* Externer Trigger
* Positive Flanke für Trigger

Bei der Einstellung des **Frequenzgenerators** werden unter anderem folgenden Parameter eingestellt:

* Zuweisung VISA Name
* Frequenz auf 50 Hz
* Signalform Sinus
* Amplitude 0,05V

**Aufgerufene VIs:**

FrequenzgeneratorInit.vi und OszilloscopeInit.vi

#### Flussdichte Einstellen

Um die gewünschte Flussdichte zu erhalten, wird die Spannung am Frequenzgenerator langsam schrittweise erhöht, bis die Spannung gefunden wird, die der eigestellten Flussdichte entspricht.

**Aufgerufene VIs:** FlussdichteAnpassen.vi

#### Chk Flussdichte Anpassung

Die in Kapitel 2.2.1.5 ermittelte Spannung, wird nun auf die Mindestspannung des Frequenzgenerators angehoben, sofern sie kleiner als diese ist.

**Aufgerufene VIs:** Anpassungspruefung.vi

#### Messung Hystereseschleife

Innerhalb dieses VIs wird die Hystereseschleife gemessen, die Spannungswerte welche zur Flussdichte proportional sind integriert und korrigiert. Ebenfalls werden hier die markanten Punkte wie Remanenz, Koerzitivfeldstärke, Bmax und Hmax bestimmt.

**Aufgerufene VIs:** MessungHystereseschleife.vi

#### Entmagnetisieren 1

Nach dem Messen der Hystereseschleife wird der Werkstoff entmagnetisiert. Dazu wird die Spannung langsam schrittweise vermindert.

**Aufgerufene VIs:** Entmagnetisierung.vi

#### Messung Neukurve

Um die Neukurve zu erhalten, werden in diesem Schritt die nötigen Messungen gestartet.

**Aufgerufene VIs:** MessungNeukurve.vi

#### Entmagnetisieren 2

Nach dem Messen der Neukurve, wird das Werkstück Entmagnetisiert.

**Aufgerufene VIs:** Entmagnetisierung.vi

#### Ausgabe Diagramm

In diesem Schritt werden die ermittelten Daten an die GUI übergeben und grafisch in einem Diagramm dargestellt.

#### Ende

Nachdem die Messung vollständig ist, wird die Sperrung am Frequenzgenerator und Oszilloskop aufgehoben, sodass diese wieder manuell bedient werden können.

**Aufgerufene VIs:** AnsteuerungOszilloscope.vi und AnsteuerungFrequenzgenerator.vi

#### Plot aufnehmen

Der Plot kann per Knopfdruck auf „Plot Speichern“ an einem beliebigen Pfad gespeichert werden.

#### Ansicht speichern

Die Ansicht (mit Gruppennamen, Uhrzeit, Eingestellte und berechnete Parameter, etc.) kann per Knopfdruck auf „Ansicht Speichern“ an einem beliebigen Pfad gespeichert werden.

#### Excel Export

Die gemessene Daten können in eine Excel liste importiert werden.

### Beschreibung Daten im Cluster

**Data:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Bezeichnung | Datentyp | Erklärung |
| Faktor 1 | Double 64-Bit Reell | Berechnet aus Eingabeparameter |
| Faktor 2 | Double 64-Bit Reell | Berechnet aus Eingabeparameter |
| Theoretische Primärwindungszahl | Double 64-Bit Reell |  |
| Anzahl Messpunkte | Longe 32-Bit Integer |  |
| Minimale Spannung FG | Double 64-Bit Reell |  |
| Pfad für Messwerte und Plots | Pfad |  |
| Maximalstrom | Double 64-Bit Reell | Strombegrenzung |

**GUI Data:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Bezeichnung | Datentyp | Erklärung |
| Eisenquerschnitt | Double 64-Bit Reell |  |
| Wirksame Länge | Double 64-Bit Reell |  |
| Primärwindungszahl | Double 64-Bit Reell |  |
| Sekundärwindungszahl | Double 64-Bit Reell |  |
| Messwiderstand | Double 64-Bit Reell |  |
| Spannungsteilerverhältnis | Double 64-Bit Reell |  |
| Dichte des Eisens | Double 64-Bit Reell |  |
| Magn. Flussdichte | Double 64-Bit Reell |  |
| Frequenz | Double 64-Bit Reell |  |
| Probebezeichnung | String |  |
| Name | String |  |
| Gruppe | String |  |

**Messung Hystereseschleife:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Bezeichnung | Datentyp | Erklärung |
| B - Hysterese Array | 1D Array aus Double 64-Bit Reell |  |
| H - Hysterese Array | 1D Array aus Double 64-Bit Reell |  |
| Hystereseverluste | Double 64-Bit Reell |  |
| Hmax | Double 64-Bit Reell |  |
| Bmax | Double 64-Bit Reell |  |
| Remanenz | Double 64-Bit Reell |  |
| Koerzitivfeldstärke | Double 64-Bit Reell |  |

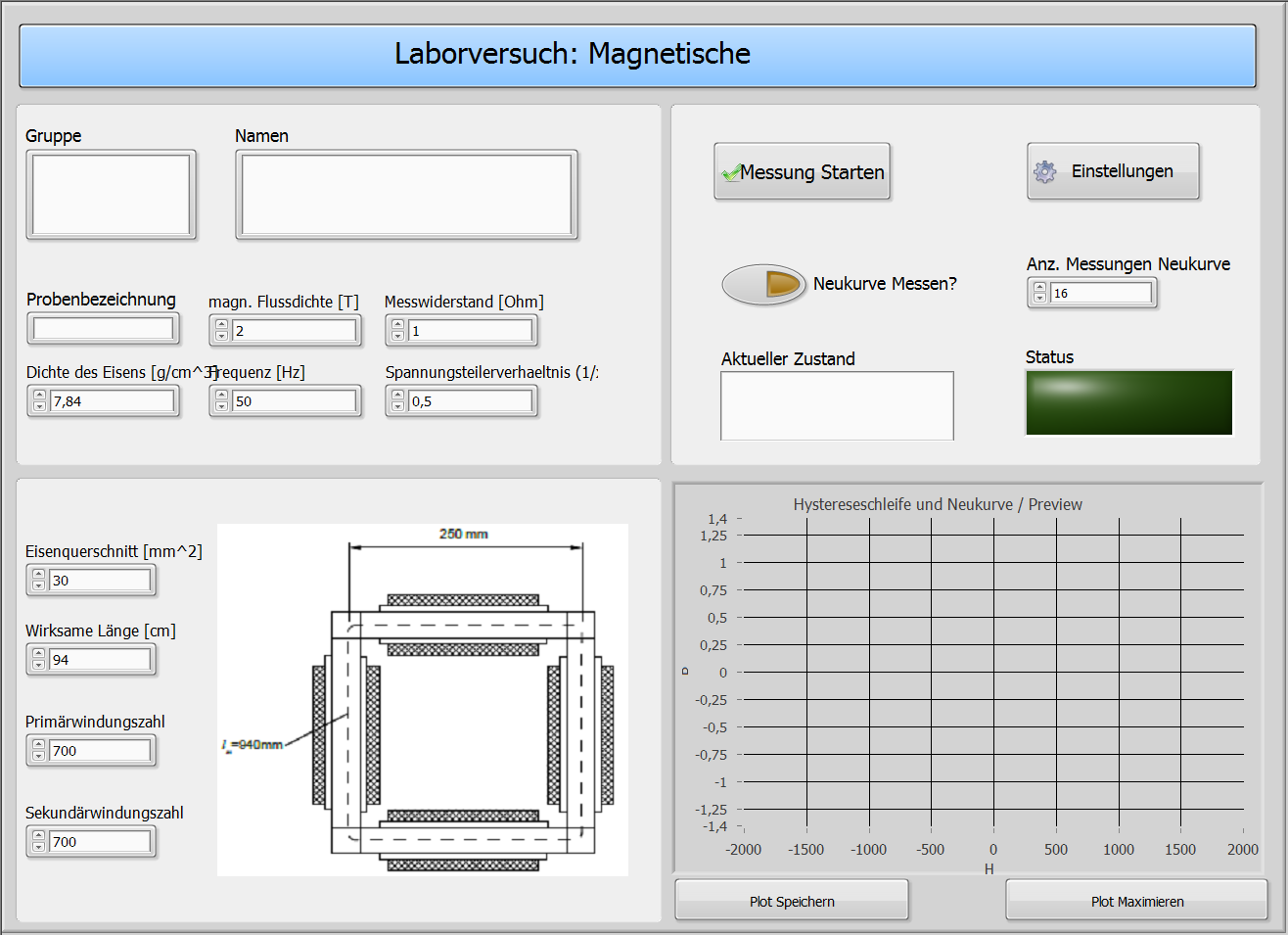
**Messung Neukurve:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Bezeichnung | Datentyp | Erklärung |
| B - Neukurve Array | 1D Array aus Double 64-Bit Reell |  |
| H - Neukurve Array | 1D Array aus Double 64-Bit Reell |  |
| Anzahl Messpunkte Neukurve | Byte 8-Bit Integer |  |
| Neukurve Messen? | Boolean |  |

**Globale Variablen:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Bezeichnung | Datentyp | Erklärung |
| bmax1 | Double 64-Bit Reell | Maximale Flussdichte Messung 1 |
| bmin1 | Double 64-Bit Reell | Minimale Flussdichte Messung 1 |
| bmax2 | Double 64-Bit Reell | Maximale Flussdichte Messung 2 |
| bmin2 | Double 64-Bit Reell | Minimale Flussdichte Messung 2 |
| hmax1 | Double 64-Bit Reell | Maximale magn. Feldstärke Messung 1 |
| hmin1 | Double 64-Bit Reell | Minimale magn. Feldstärke Messung 1 |
| hmax2 | Double 64-Bit Reell | Maximale magn. Feldstärke Messung 2 |
| Spannungsabweichung | Double 64-Bit Reell |  |
| Tatsächliche Flussdichte | Double 64-Bit Reell |  |
| Tatsächliche Anzahl an Punkte | Double 64-Bit Reell |  |
| Max Spannung erreicht? | Boolean |  |
| Min Spannung erreicht? | Boolean |  |
| Keine Neu- oder Kommutierungskurve möglich | Boolean |  |
| Strombegrenzung aktiv? | Boolean |  |
| Abbruch Messung | Boolean |  |

## MagnetoGUI.vi



### Beschreibung des VIs

In diesem VI ist die State Maschine hinterlegt. Dies ist auch die das Main.vi des Projektes.

In dem VI kann man mehrere Register öffnen. Diese sind Hauptansicht, Optionen und Plotansicht.

* Hauptansicht:

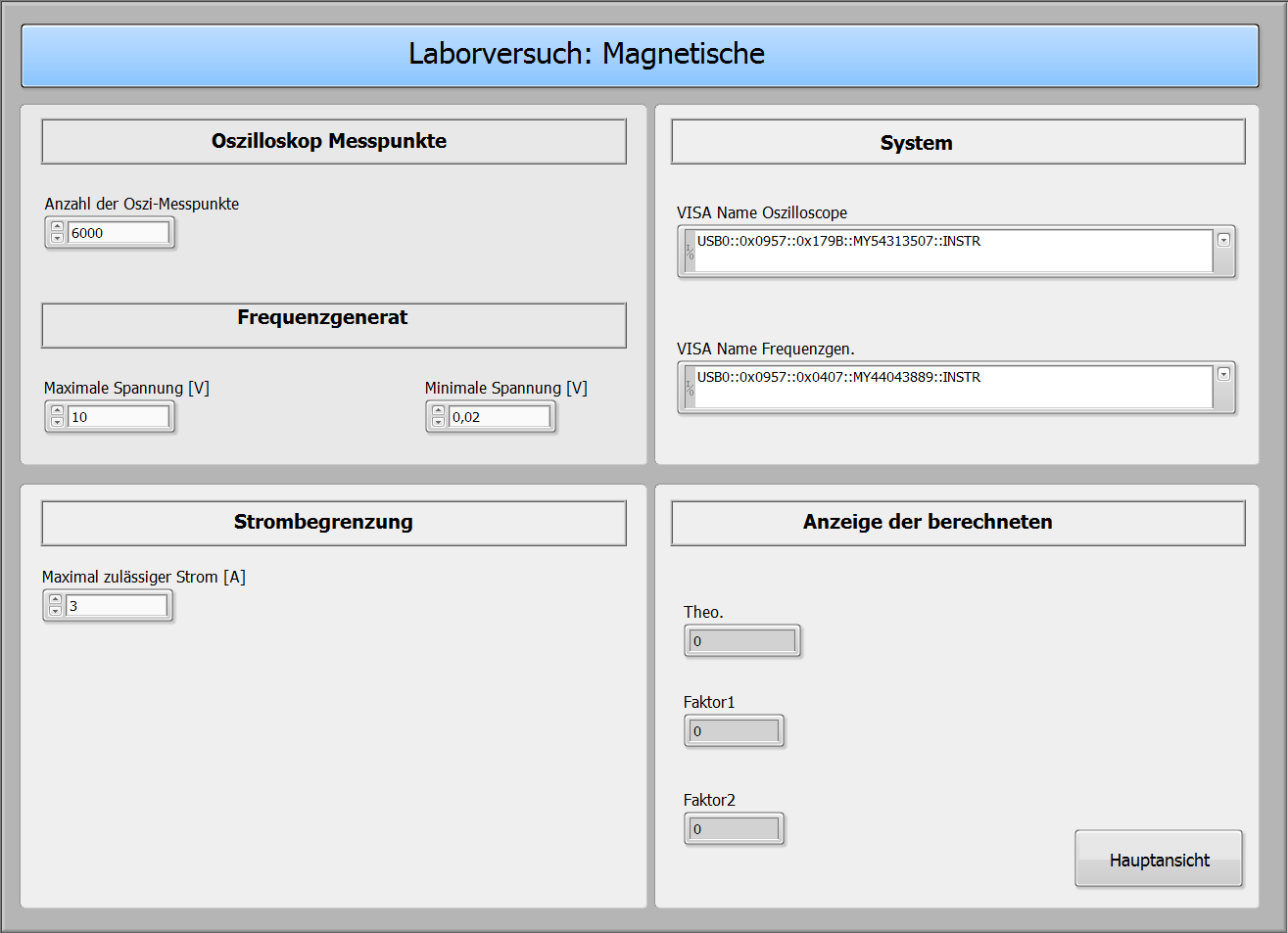
Auf dieser Ansicht hat der Bediener die Möglichkeit, seine Daten für den Versuch einzustellen. In der folgenden Tabelle sind die Maximale und Minimale Eingabewerte aufgeführt.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Bezeichnung | max | min | Erklärung |
| Probenbezeichnung | 12 | 0 | Textbezeichnung der Probe |
| Wirksame länge | 1000 | 1 | Mittlere Eisenwegstrecke in [cm] |
| Eisenquerschnitt | 10000 | 1 | Eisenquerschnitt in [mm²] |
| Dichte des Eisens | 50 | 1 | Eisendichte in [g/cm³] |
| Primärwindungszahl | 1500 | 1 |  |
| Sekundärwindungszahl | 1500 | 1 |  |
| Spannungsteilerverhältnis | 100 | 1 | Spannungsteiler (Messteiler) |
| Messwiderstand | 100 | 1 | Messwiderstand in [Ohm] |
| Frequenz | 15000 | 15 | Frequenz in [Hz] |
| Magn. Flussdichte | 5 | 0.001 | Flussdichte in [T] |

Auf dieser Ansicht kann der Bediener die Messungen mit seinen eingestellten Daten zu starten. Nach der Messung erscheint ein kleiner Plot auf der rechten unteren Seite.

* Optionen:

Hier kann der Bediener weitere Einstellungen vornehmen. Diese sind beispielsweise die Änderung der VISA-Name vom Oszilloskope oder dem Frequenzgenerator.



* Plotansicht

In dieser Ansicht kann der Bediener den Plot vergrößert betrachten. Es werden des Weiteren noch die Eingestellten Daten Angezeigt. Es besteht die Möglichkeit den Plot angezeigte Fenster der GUI abzuspeichern.

## Anpassung.vi



Passt die Spannung des Frequenzgenerators mit der Genauigkeit (Schrittweite) der Variable "add" an, sodass die gewünschte Flussdichte erreicht wird. Dabei wird überprüft, ob die maximale bzw. minimale Spannung des Frequenzgenerators unterschritten oder überschritt wird. Ebenfalls wird hier auf die Strombegrenzung hin überprüft.

## Anpassungspruefung.vi



Weist nach der Flussdichte-Anpassung der Spannungsabweichung den minimal möglichen Spannungswert des Frequenzgenerators zu und stellt die Spannung des Frequenzgenerators auf diesen Wert ein, wenn die Spannungsabweichung kleiner der minimal möglichen Spannung des Frequenzgenerators ist.

## AnsteuerungFrequenzgenerator.vi

### 

Das VI übergibt der Hardware einen String mit dem Einstellungen gesetzt oder abgefragt werden können.

## AnsteuerungOszilloscope.vi



Das VI übergibt der Hardware einen String mit dem Einstellungen gesetzt oder abgefragt werden können.

## Entmagnetisierung.vi



Das VI führt die Entmagnetisierung des Werkstoffes durch.

## FindeArrayIndexNullstelle.vi



Bestimmt den Index eines Nulldurchgangs innerhalb eines Arrays mit Messwerten eines periodischen Signals. Dabei wird die erste Nullstelle ausgegeben die gefunden wurde!

## FlussdichteAnpassen.vi



Übergibt dem VI Anpassung die Spannungswerte. Die Spannungswerte werden in 2V, 1V, 0,5V, 0,1V, 0,05V, 0,02V Schritten an das VI übergeben. Es übernimmt somit die Schrittweitenvorgabe für den Regelungsalgorithmus in Anpassung.vi.

Bricht den Vorgang ab sobald die gewünschte Spannung bzw. Flussdichte erreicht wird, oder die Grenzen des Frequenzgenerators erreicht sind.

## FrequenzgeneratorInit.vi



Bei der Initialisierung des Frequenzgenerators werden unter anderem folgenden Parameter Eingestellt:

* Zuweisung VISA Name
* Frequenz auf 50 Hz
* Signalform Sinus
* Amplitude 0,05V

## MessbereichEinstellen.vi



Mithilfe dieses VIs wird die Spannung des ausgewählten Channels auf 90% der Größe des Anzeigeelements Skaliert. Zudem wird noch der gemessene Sinus auf 2 Perioden skaliert.

## MessdatenAuslesen.vi



Gibt die aufgenommenen Oszilloskope Daten des gewählten Kanals zurück. Anschließend wird bei den Messdaten noch der Offset des Oszilloskope raus gerechnet.

Die Aufnahme wird in einem vorherigen VI initialisiert.

## MessdatenPeriode.vi



Dem VI wird ein periodisches Signal in Form eines 1D-Arrays übergeben. Als Ausgabe Array wird das periodische Signal auf eine Periode reduziert.

Anmerkung:

Periodisches Signal muss x-Achsensymmetrisch sein.

Über booleschen Eingang kann zwischen Arbeiten mit selber erzeugten Periodenindices oder extern erzeugten Periodenindices umgeschaltet werden.

## Messung.vi



Nimmt die auf dem Oszilloskop angezeigte Kurve auf. Anschließend wird bei den Messdaten noch der Offset der Oszilloskope raus gerechnet.

## MessungHystereseschleife.vi



Nimmt die nach der Flussdichte-Anpassungs.vi detektierten Einstellungen um die Hystereseschleife zu messen. Es wird ebenfalls die Remanenz, Koerzitivfeldstärke, Bmax und Hmax bestimmt.

## MessungHBPeriode.vi



Dieses VI führt eine Skalierung und Messung von Channel 1 und Channel 2 durch. Die gemessenen Werte werden auf eine Periode limitiert. Die Arrays in denen die H & B Werte gespeichert wurden, können am Ausgang abgegriffen werden.

## MessungNeukurve.vi



Aufnehmen der Messwerte der Neukurve. Speichern der Messwerte der Neukurve in den Arrays B und H ab.

## OsziKanalInfo.vi



Gibt die entsprechenden Kanal-Infos des selektierten Kanals des Oszilloskops aus.

## OsziOffsetMessen.vi



Rechnet den Offset für das Messung.vi raus.

## OszilloscopeInit.vi



Mit diesem VI wird das Oszilloskope DSO-X-2002A initialisiert.

Bei der Initialisierung des Oszilloskops werden unter anderem folgenden Parameter Eingestellt:

* VISA Name zugweisen
* Manuelle Bedienung gesperrt
* Range auf 40 V (Channel 1 und 2)
* Time base auf 200ms
* Externer Trigger
* Positive Flanke für Trigger

## RungeKutta.vi



Durchführen des Runge-Kutta-Verfahrens. um das über die Spannung auf das B-Array zu schließen.

## SymmetrierungMessdaten.vi



Berechnet die Messdaten neu, damit diese mittig auf dem Plot angezeigt werden.

# Offene Punkte

# Weitere Verbesserungen

# Quellenverzeichnis

<https://blog.digilentinc.com/labview-compiler-under-the-hood/>

# Abkürzungsverzeichnis