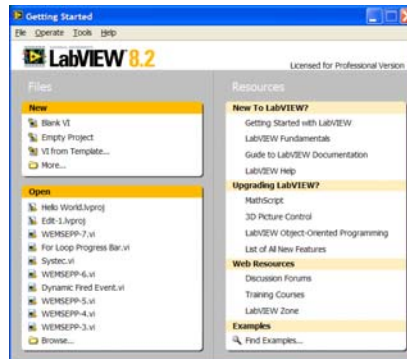


LabVIEW und Virtuelle Instrumente

Vorlesungsunterlagen

Herbert Pichlik
mit freundlicher Unterstützung durch NI Germany

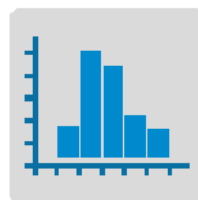
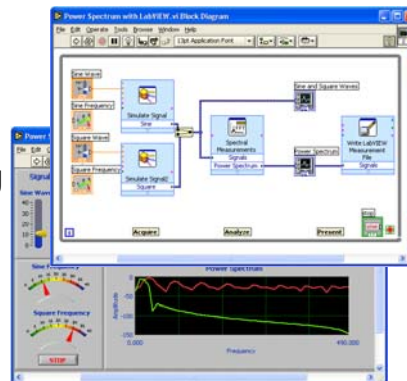
herbert@pichlik.de
Nürnberg, Februar 2008



1

Grafische Programmierplattform

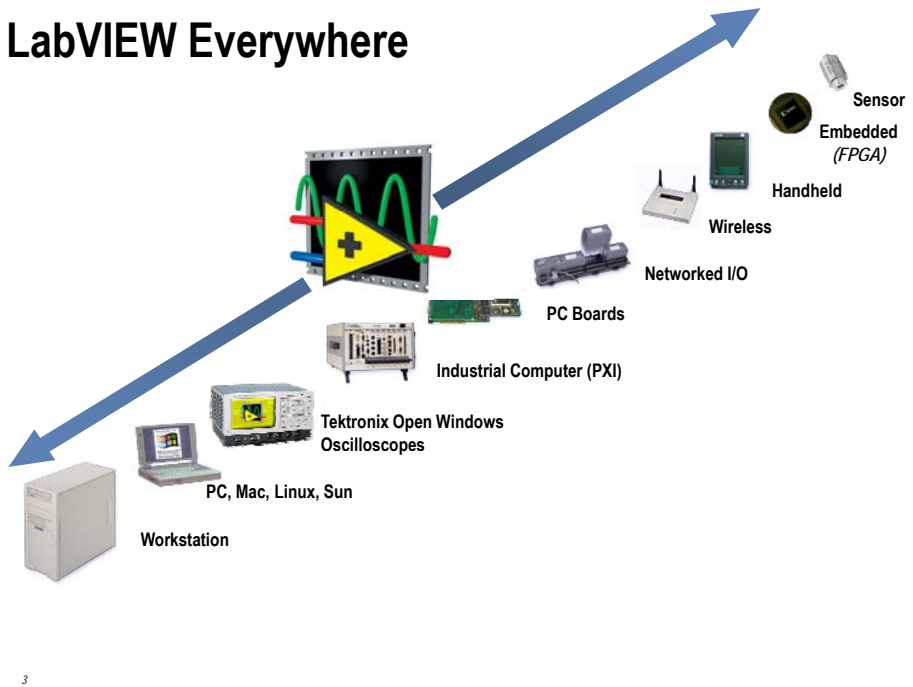
- Rapid Application Development und Rapid Prototyping
- Ereignissteuerung, Objektorientierung und Verteilte Anwendungen
- Targets: Real-Time, FPGA, PDA, Embedded, DSP, etc.
- Versionen in engl., dt. fr., jap., chin.



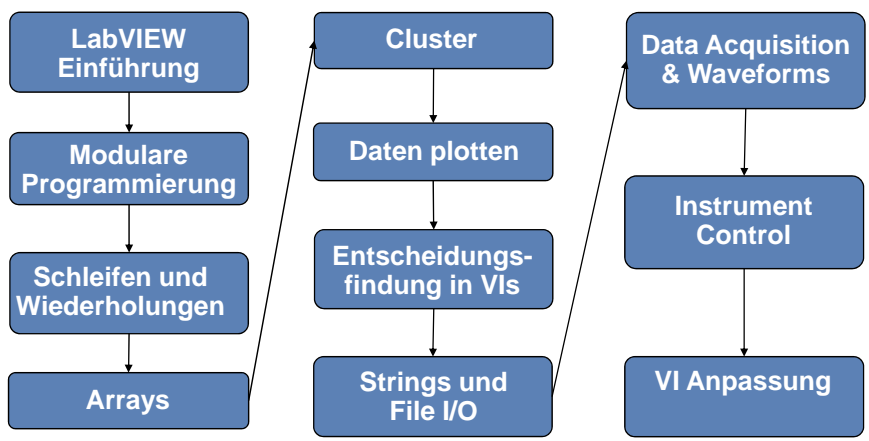
Erfassen, Analysieren und Präsentieren

2

LabVIEW Everywhere



Kursübersicht



Lektion 1

Einführung in LabVIEW



Themen

- LabVIEW Entwicklungsumgebung
- Front Panel
- Block Diagram
- Datenflussprogrammierung
- LabVIEW Hilfe und Dokumentation
- Fehlersuche und Debugging

5

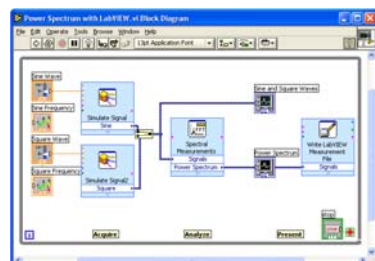
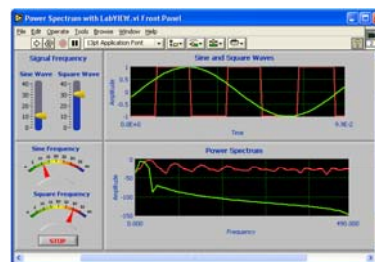
Virtuelle Instrumente (VIs)

Front Panel

- Controls = Eingabeelemente
- Indicators = Anzeigeelemente

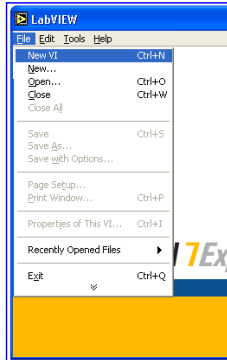
Block Diagram

- Sourcecode
- Komponenten verdrahtbar

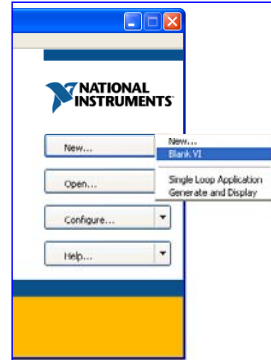


6

Neue Elemente erzeugen



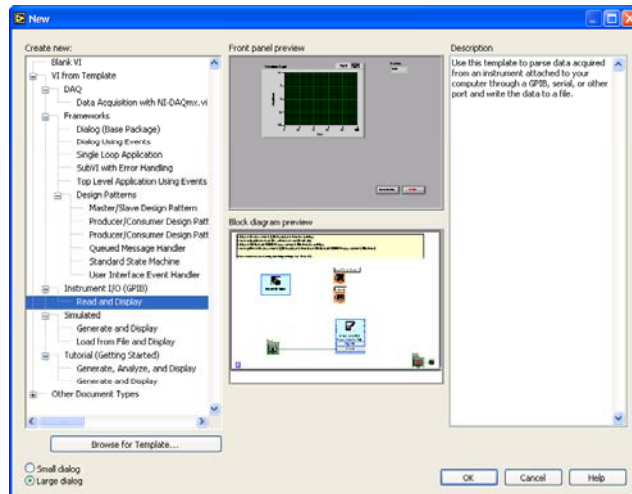
- File»New VI to open a blank VI



- File»New... ermöglicht die Erzeugung neuer Elemente wie Templates (Vorlagen), Controls, glob. Variablen, VIs, etc.

7

Template Browser



8

Front Panel (FP) Menüleiste

Titelleiste

Front Panel Toolbar

Boolean Control

Waveform Graph Label

Waveform Graph

Plot

Scalen Legende

Icon

Graph Legende

9

Block Diagramm (BD) Menüleiste

Titelleiste

Block Diagram Toolbar

SubVI

Divisions Funktion

Graph Terminal

Wire Data

While Loop Structure

Numerische Konstante

Timing Funktion

Boolean Control Terminal

10

Front Panel und Block Diagramm Werkzeugleisten



Run button

Continuous Run button

Abort button

Pause/Continue button



Warning indicator



Enter button



Broken Run button



Additional Buttons on the
Block Diagram Toolbar

- Execution Highlighting button
- Step Into button
- Step Over button
- Step Out button

Font ring

Alignment ring

Distribution ring

Resize ring

Reorder ring

Context Help Button

11

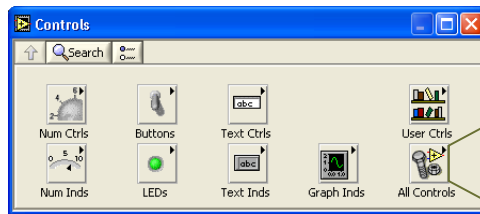
Tools Palette



- LabVIEW kann automatisch Werkzeuge selektieren
- Manuelle Selektion mit Leertaste (2 wichtigste Elemente) oder Tab-Taste (4 wichtigste Elemente)
- Im FP und BD verfügbar
- Werkzeuge sind Instanzen von Mauszeigeroptionen
- Werkzeuge ermöglichen die Veränderung von Elementen in FP und BD
- Anzeige mit **Window»Show Tools Palette** oder Shift+PopUp

12

Front Panel – Controls Palette



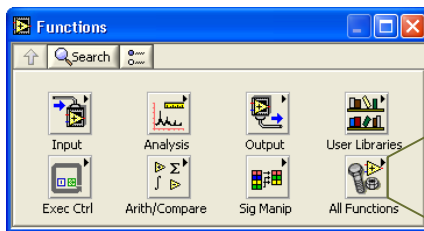
Controls Palette



All Controls Palette

13

Block Diagram – Functions Palette



Functions Palette

Express VIs



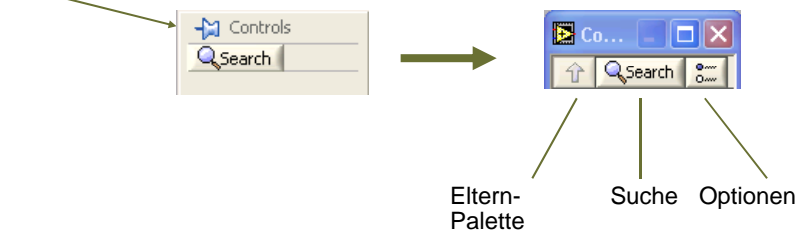
All Functions Palette

Alle Funktionen

14

Palette Tools

Pin, um Palette zu selektieren

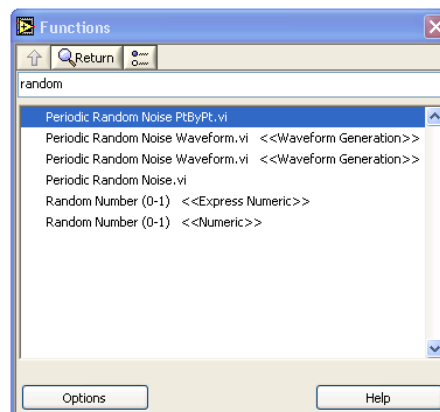


- Grafische "fließende" (auf Desktop frei bewegbare) Paletten
- Subpaletten können in "floating palettes" konvertiert werden
- Mit den Optionen kann zwischen Express und Advanced Palettensubset umgeschaltet werden

15

Suche nach Controls, VIs und Funktionen

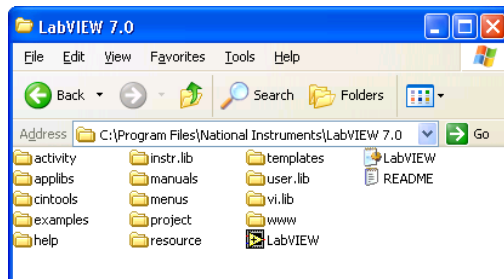
- Search-Knopf für Textsuche
- "Click and drag"-Funktionalität um Elemente in BD zu bringen. Mit Doppelklick wird Elternpalette geöffnet.



16

Anpassungen von Control & Funktions Paletten

Programme» National Instruments» LabVIEW 8.x

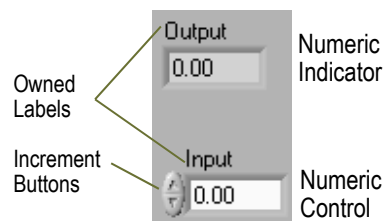
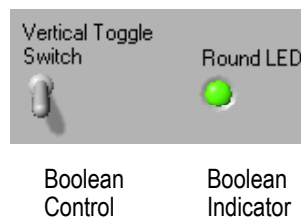


- vi.lib muss im LabVIEW Verzeichnis bleiben
- I.d.R. nur user.lib oder instr.lib erweitern um neue Elemente hinzuzufügen

17

VI Front Panel erzeugen

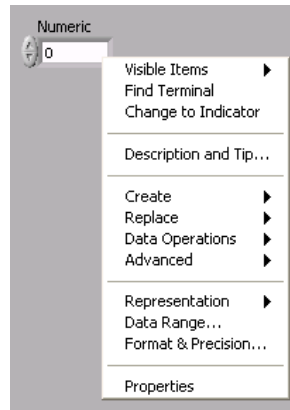
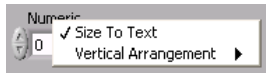
Erzeugen des Front Panels durch Platzieren von Eingabeelementen (Controls) sowie Anzeigeelementen (Indicators) und dekorativen Elementen (Decorations)



18

Shortcut Menüs für Front Panel Objekte

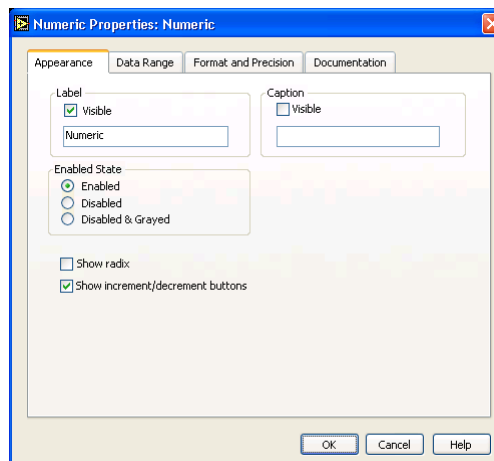
Rechtsklick auf Elemente ermöglicht die Einstellung von Optionen



19

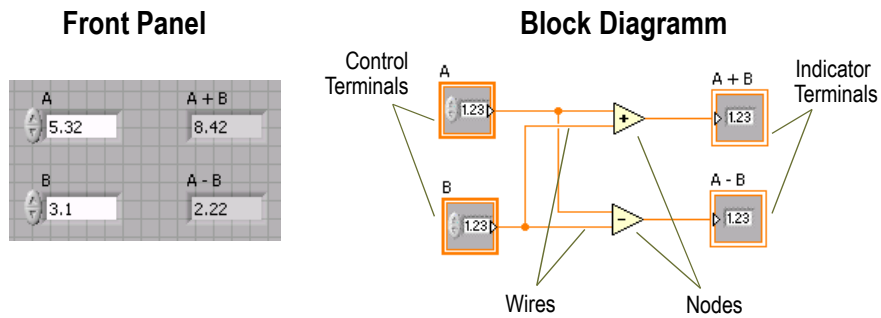
Property Page (Eigenschaftsseiten)

Rechtsklick auf Elemente und Auswahl "Properties" ermöglicht die Einstellung von Eigenschaften



20

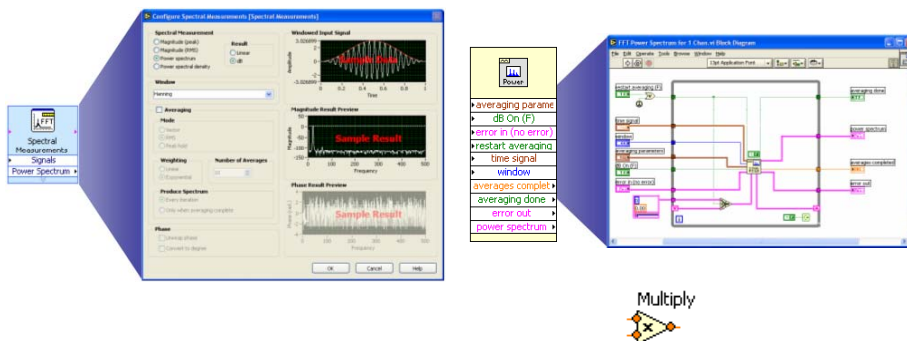
VI Block Diagramme erzeugen



21

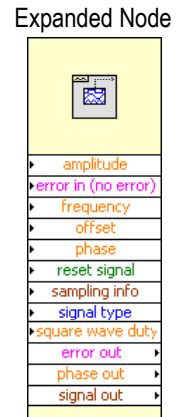
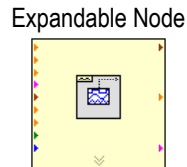
Express VIs, VIs und Funktionen

- **Express VIs:** Interaktive VIs mit konfigurierbaren Dialogen
- **Standard VIs:** modularisierte VIs, Anpassung über Terminals
- **Functions:** LabVIEWs fundamentale Elemente; FP und BD nicht vorhanden



22

Block Diagramm – Darstellung von VIs

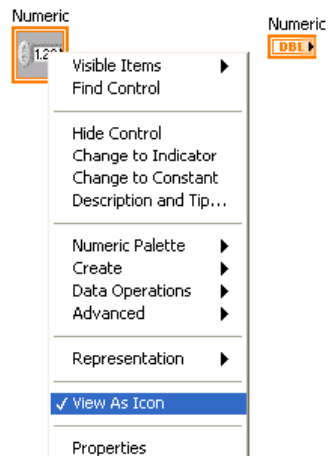


- Function Generator VI
- Drei Darstellungen
- Links: Standard VI
- Mitte und rechts: Express VI

23













Block Diagramm Terminals

- Terminals sind Ein- und Ausgangsstellen um Informationen zwischen VIs sowie FP und BD auszutauschen
- Terminals sind vergleichbar mit Parametern in textbasierten Programmiersprachen
- “View As Icon” über rechte Maustaste ein- und ausschaltbar



24

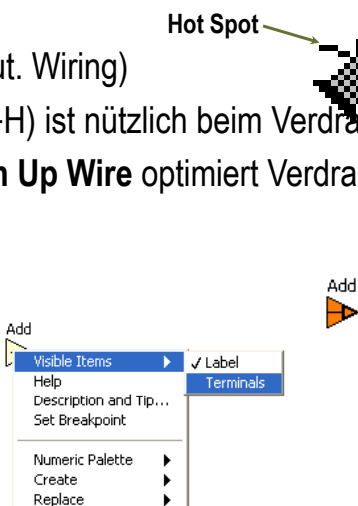
Block Diagramme verdrahten Darstellung

	Scalar	1D Array	2D Array
Numeric			
Boolean			
String			
Dynamic			

25

Wiring Techniques

- Automatische Verdrahtung (aut. Wiring)
- Context Help Fenster (STRG+H) ist nützlich beim Verdrahten
- Rechtsklick auf Draht + **Clean Up Wire** optimiert Verdrahtung
- Tip Strips verwenden
- Automatic wire routing
- Rechtsklick auf Terminals und selektieren **Visible Items»Terminals**

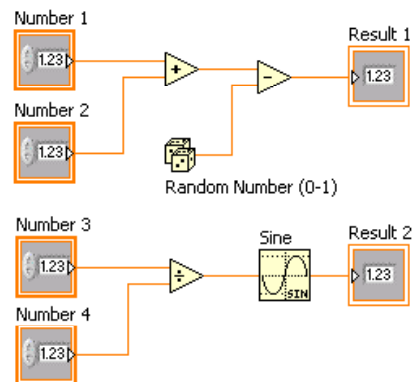


Anzeige von Terminalverbindungen in einer Funktion

26

Dataflow Programming

- Datenfluss analog zu Stromfluss (Datenquelle zu Datensenke)
- Knoten werden abgearbeitet, wenn alle Eingangsterminals gültige Daten haben
- Nach der Abarbeitung stehen Informationen an den Ausgangsterminals zur Verfügung



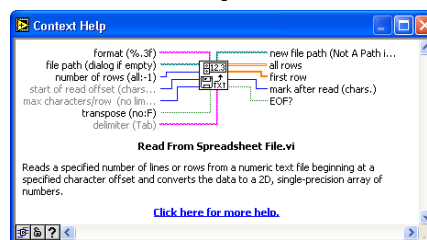
27

Kontexthilfe

- **Help»Show Context Help**, <STRG-H> oder **Show Context Help Window** Knopf in Werkzeugpal.
- Hilfe Anzeigen durch Mauscursor über Objekt

- Verbindungen:

Required – fett
 Recommended – normal
 Optional - angegraut



Simple/Detailed Context Help Lock Help More Help

28

LabVIEW Hilfe

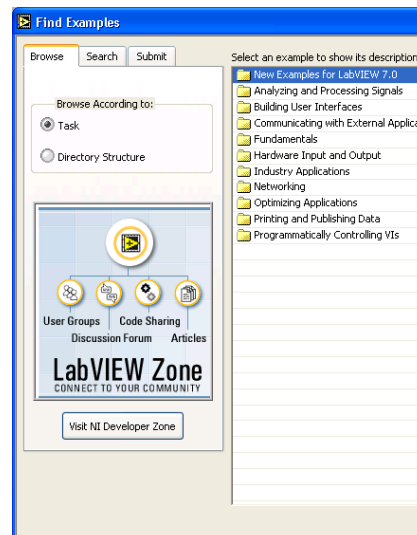
- Klicke auf More Help Knopf in Kontext Hilfe
- Wähle **Help»VI, Function, & How-To Help**
- Klicke auf **Click here for more help** in Kontext Hilfe
- Detaillierte Hilfe rund um LabVIEW
- Wichtig: Verwaltung von Favoriten



29

NI Example Finder

- **Help»Find Examples** um Beispiele zu suchen
- Web-Integration
- Vielfältige Suchoptionen





30

Debugging Techniken

Finding Errors

 Klicken auf gebrochenen Pfeil listet Fehler

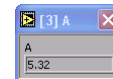
Execution Highlighting

  Execution Highlighting ermöglicht Visualisierung des Datenflusses (Bläschen auf Drahten, Skalare Werte und Anzahl Arrayelemente auf Terminals)

31

Debugging Techniques

Probe Rechtsklick auf Draht und Auswahl



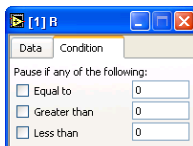
Breakpoints



Rechtsklick auf Draht und Auswahl Set Breakpoint; Hält Abarbeitung an diesem Punkt an (Pause) und ermöglicht Einzelschrittbetrieb

Conditional Probe

Kombination von Breakpoint und Probe. (mit Rechtsklick wählbar)



32

Debugging Techniken (Einzelschrittbetrieb)

Step Into, Step Over, Step Out Knöpfe



Schritt in Knoten



Schritt über Knoten



Schritt aus Knoten heraus

33

Tipps

- Tastatur-Shortcuts:

<i>Windows</i>	<i>Sun</i>	<i>Linux</i>	<i>MacOS</i>	
<Ctrl-R>	<◆-R>	<M-R>	<⌘-R>	Run a VI
<Ctrl-F>	<◆-F>	<M-F>	<⌘-F>	Find object
<Ctrl-H>	<◆-H>	<M-H>	<⌘-H>	Activate Context Help window
<Ctrl-B>	<◆-B>	<M-B>	<⌘-B>	Remove all broken wires
<Ctrl-W>	<◆-W>	<M-W>	<⌘-W>	Close the active window
<Ctrl-E>	<◆-E>	<M-E>	<⌘-E>	Toggle btwn Diagram/Panel Window

- Zugriff auf Tools Palette mit <shift>-Rechtsklick
- Increment/Decrement schneller durch Drücken der <shift> - Taste
- Tools»Options: Voreinstellungen für LabVIEW Umgebung
- VI Properties (File Menü Voreinstellungen für einzelne VIs)
- Stoppen von VIs durch Tastenkombination <STRG>+.

34

Lektion 2 Modulare Programmierung



Themen

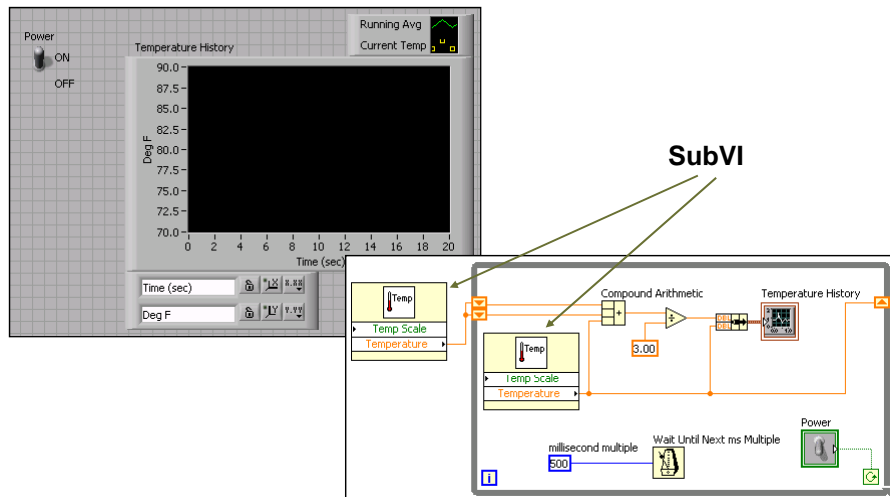
SubVIs

Icons und Connector Pane

SubVIs

35

LabVIEW Hierarchie



36

SubVIs

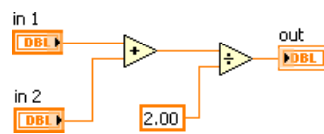
Function Pseudo Code

```
function average (in1,
  in2, out)
{
  out = (in1 + in2)/2.0;
}
```

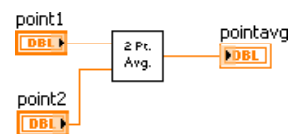
Calling Program Pseudo Code

```
main
{
  average (point1, point2,
  pointavg)
}
```

SubVI Block Diagram

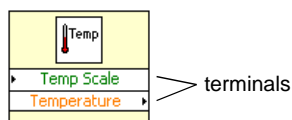


Calling VI Block Diagram



37

Icon/Connector



- Icons repräsentieren VIs in Elternblockdiagrammen
- Daten mit diesem VI werden über Terminals ausgetauscht

Icon



Connector

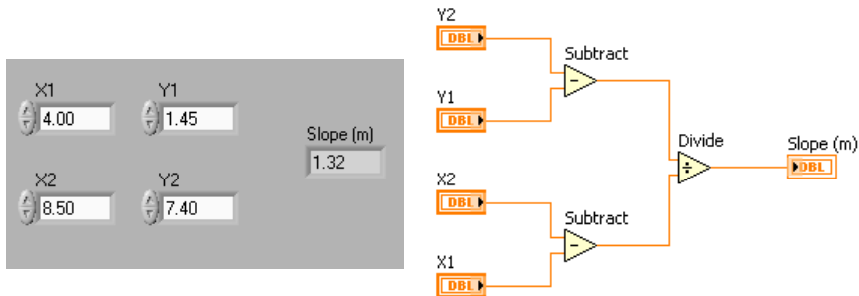


terminals

38

SubVI Beispiel – Berechnung einer Steigung

- VI innerhalb eines übergeordneten VI nennt man subVI
- Nach dem Editieren des Front Panels und des Blockdiagramms ist die ICON Pane und das Icon zu editieren. Beschreibungen nicht vergessen



39

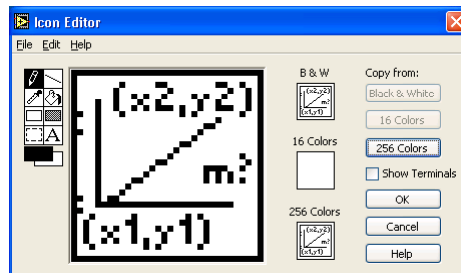
Icons erzeugen und verändern

- Icon: Grafische Repräsentation eines VIs
- Rechtsklick auf icon pane (Panel oder Diagramm)
- Immer alle Instanzen erzeugen
- Zwischenablage verwendbar über Shortcuts

Default Icon
(aut. Durch LV
durchnummeriert)

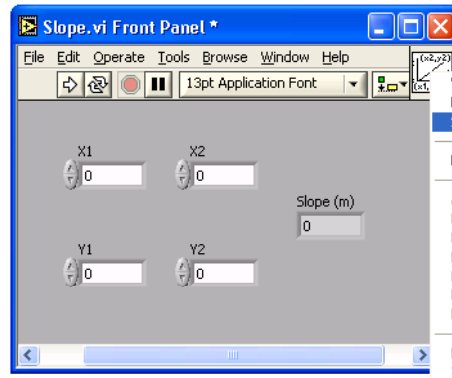


Kundenspez. Icon (besser)



40

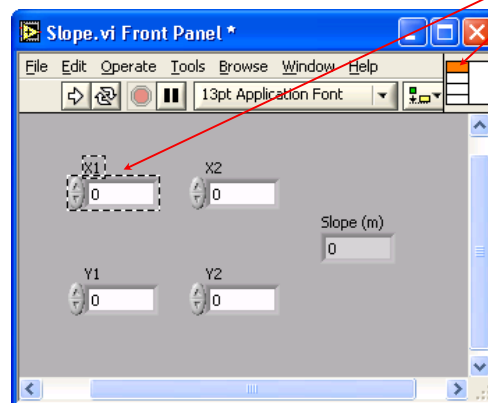
Konnektoren editieren



Rechtsklick auf Pane
(nur bei Front Panel)

41

Verbindungen erzeugen

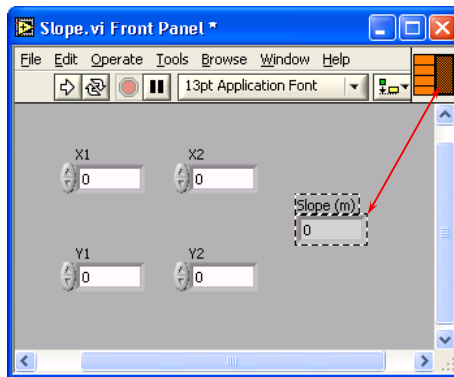


Klick mit
Wiring Tool

42

Die Connector Pane

Farben werden je nach Typ zugewiesen



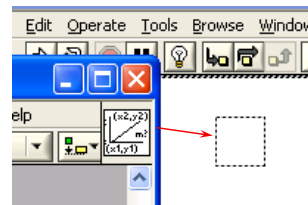
43

VIs als SubVIs benutzen

All Functions » Select a VI...

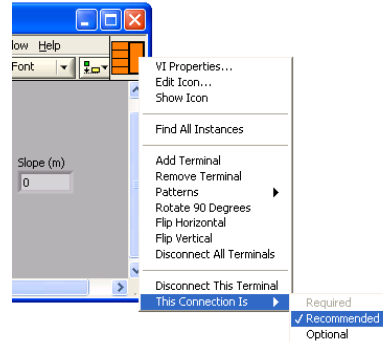
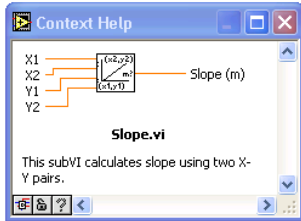
<ODER>

Ziehe Icon auf Zieldiagramm



44

Klassifizierung von Terminals und Hilfe



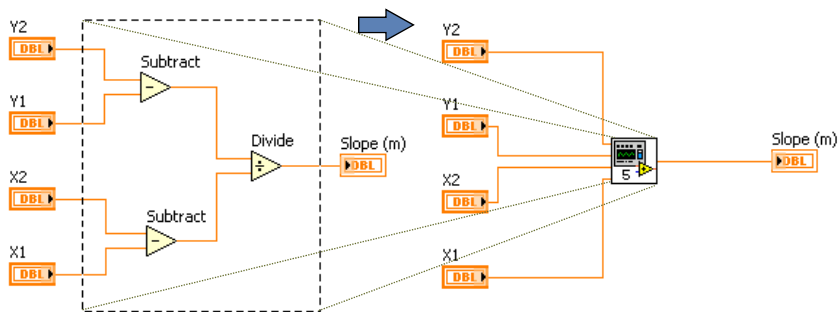
Klassifiziere Terminals

- Required — Muss verdrahtet werden sonst Fehler
- Recommended — Warnung wenn nicht verdrahtet
- Optional — kein Effekt falls nicht verdrahtet

45

Create SubVI Option

- SchlieÙe Bereich ein
- Verwende Create SubVI aus Edit Menü



46

Lektion 3 Schleifen und Wiederholungen



Themen

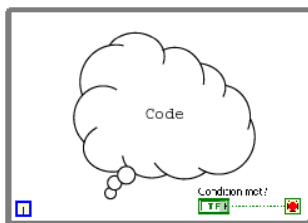
While Loops

For Loops

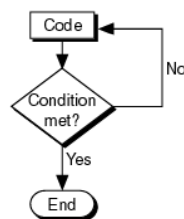
Zugriff auf Daten zurückliegender Iterationen

47

While Loops



LabVIEW While Loop



Flow Chart

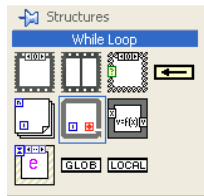
```
Repeat (code);  
Until Condition met;  
End;
```

Pseudo Code

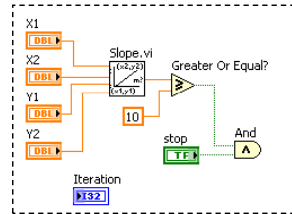
48

While Loops

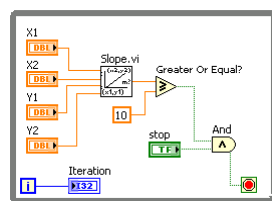
1. Wähle While Loop



2. Schließe zu wiederholenden Code ein



3. Füge zusätzliche Elemente ein und verdrahte

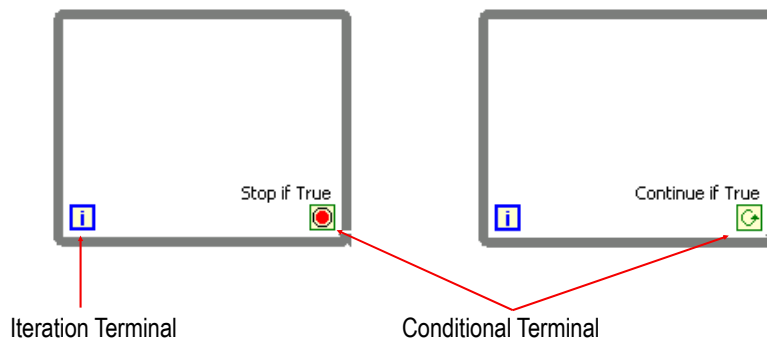


49

Loop Condition

Klicke auf Conditional Terminal mit dem Operating tool um das Abschaltverhalten zu ändern

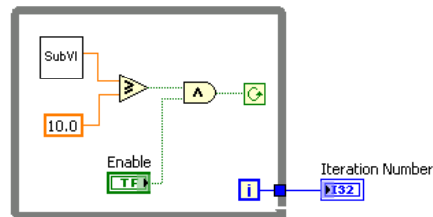
Default: Stop if True



50

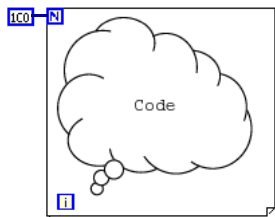
Structure Tunnels

- Tunnels ermöglichen die Datekommunikation von und zu Strukturen
- Tunnels sind Blöcke am Strukturrend die die direkte Kommunikation von und zu Strukturen ermöglichen
- Abarbeitung der Elemente erst nach Anliegen von Daten
- Daten werden erst nach Abarbeitung innerhalb der Struktur aus der Struktur ausgegeben

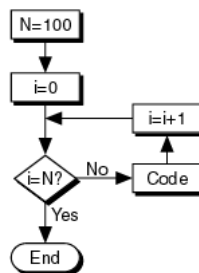


51

For Loops



LabVIEW For Loop



Flow Chart

```

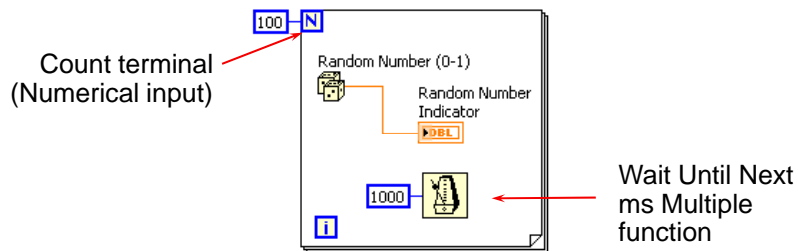
N=100;
i=0;
Until i=N:
  Repeat (code; i=i+1);
End;
  
```

Pseudo Code

52

For Loops

- In Structures Subpalette der Funktionspalette
- Führt Struktureninhalt eine fest gelegte Anzahl von Iterationen aus



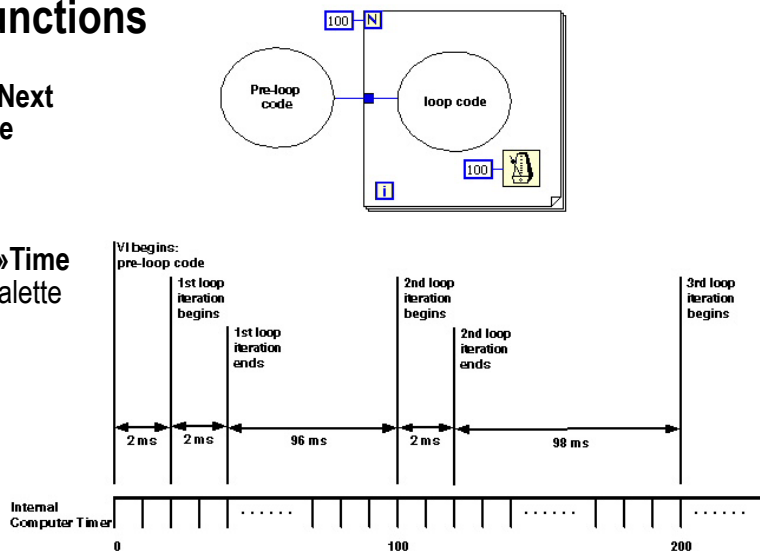
53

Wait Functions

Wait Until Next
ms Multiple



Functions»Time
& Dialog palette



54

Wait Functions

Wait (ms)

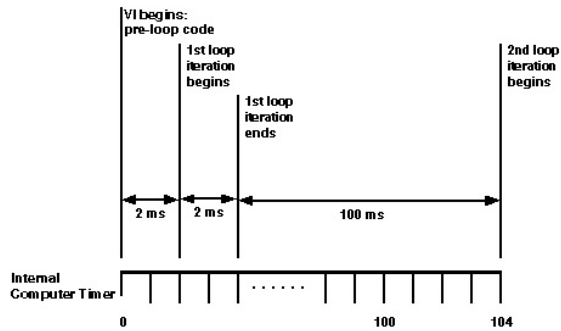
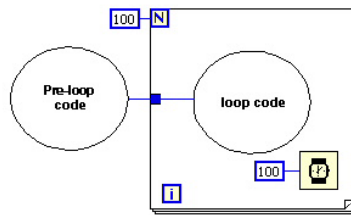


Functions»Time & Dialog palette

Time Delay



Functions»Time & Dialog palette

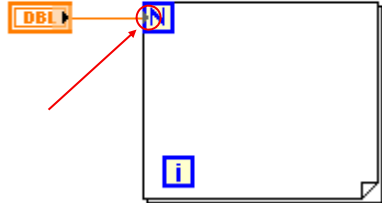


55

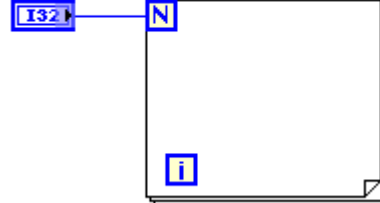
Numeric Conversion

- Numerics haben standardmäßig double-precision (8 bytes) oder long integer (4 bytes) Repräsentationen
- LabVIEW konvertiert automatisch (falls möglich)
- For Loop count terminal konvertiert immer in Long Integer
- Gray *coercion* dot oder roter Punkt (ab LV 8.0) zeigt Konvertierung an

Double-Precision,
Floating-Point Numeric



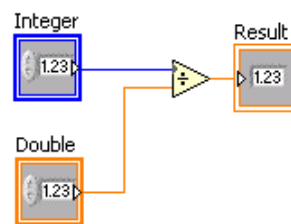
Long Integer



56

Numerische Konvertierung

- LabVIEW verwendet die hochauflösendere Repräsentation
- Mit Rechtsklick kann man die Repräsentation auswählen.
- Wenn LabVIEW Fließkommawerte in Ganzzahlwerte wandelt, rundet es auf den nächstliegenden Integerwert (z.B. rundet LabVIEW 2.4 auf 2 und 3.6 auf 4)

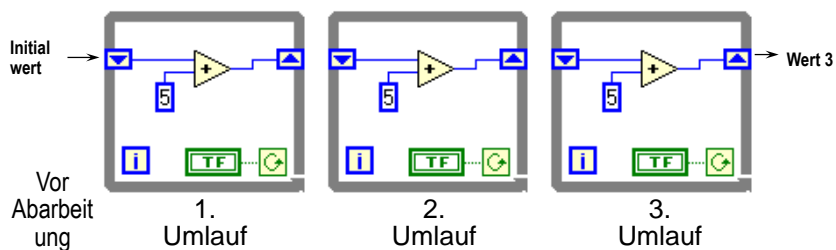


57

Zugriff auf zurückliegende Schleifendaten – Shift Register (Schieberegister)

Verfügbar am linken Schleifenrand

- Rechtsklick am Schleifenrand und Auswahl "Add Shift Register"
- Rechtes Terminal speichert Daten nachg Umlauf
- Linkes Terminal übernimmt gespeicherte Daten für den nächsten Umlauf



58

Zusätzliche Shift Register Elemente

Rechtsklick
und
Aufziehen
ermöglicht
mehr
Terminals



Rechtsklick
Ermöglicht
weitere
Schieberegister

59

Feedback Nodes

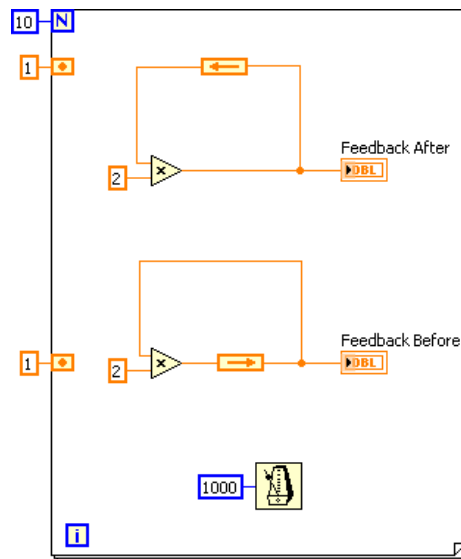


- Andere Darstellung für Schieberegister

60

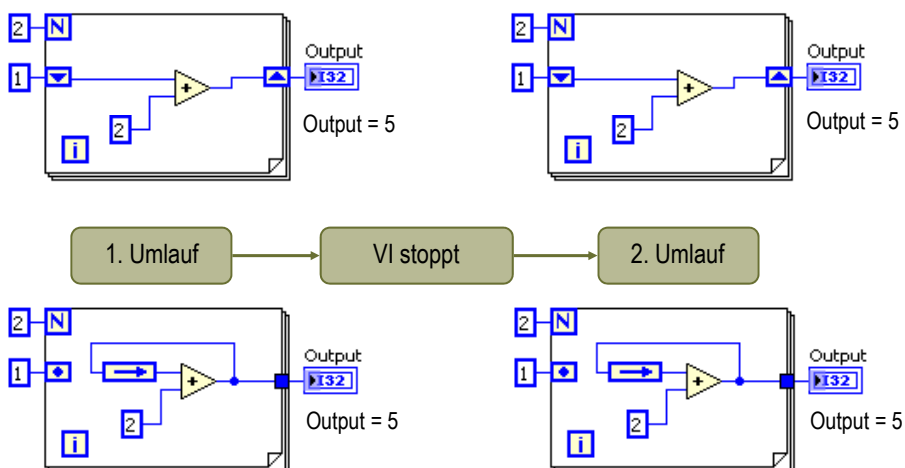
Feedback Nodes

- Erzeugt durch Verbindung von Outputs zu Inputs
<Oder>
- Platzieren über **Functions»Structures** Palette
Analog zu Schieberegistern
<Oder>
- Durch Konvertierung der Schieberegister



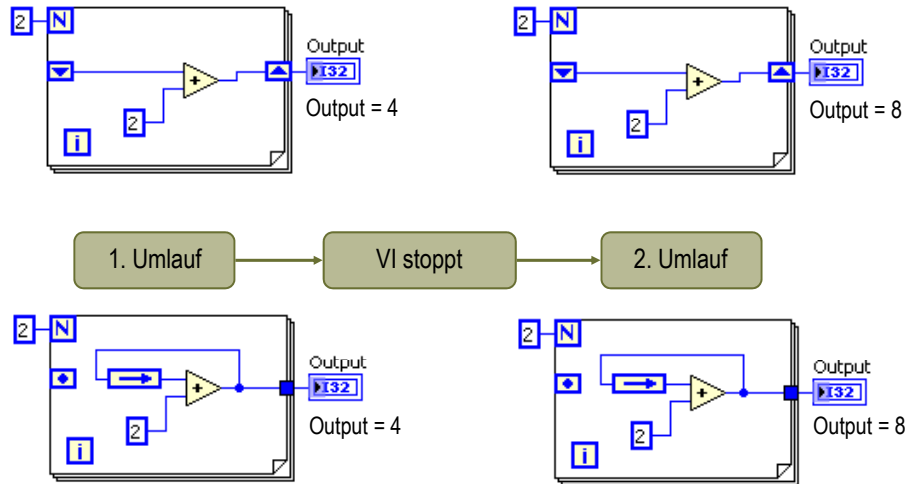
61

Initialisierte Shift Registers & Feedback Nodes



62

Nicht initialisierte Shift Registers & Feedback Nodes



63

Lektion 4 Arrays



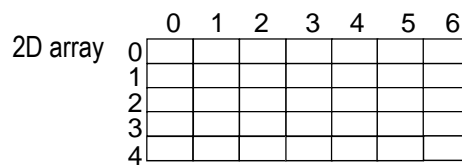
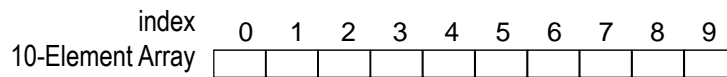
Themen

- Arrays - Einführung
- Auto Indexing Arrays
- Array Funktionen
- Polymorphie

64

Arrays

- Ansammlung von Daten gleichen Typs
- Ein/mehrdimensional, max. 2^{31} Elemente pro Dimension
- Zugriff auf Elemente über Index; erstes Element hat immer Index 0

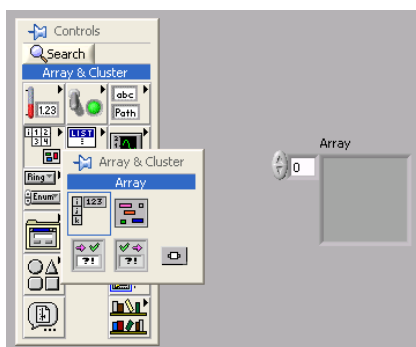


2-dim. Array mit 7 Spalten und 5 Reihen (35 Elemente)

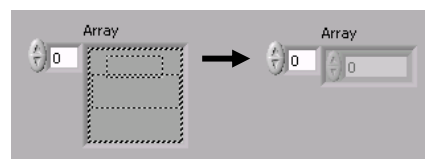
65

Array Controls und Indicators

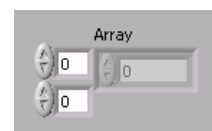
1. Wähle **Array Shell** (Controls Palette)



2. Ziehe Datentyp in Shell



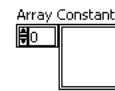
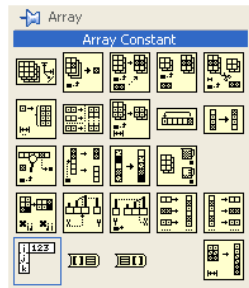
Erweitere ggf. Dimension (nD Arrays)



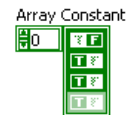
66

Zugriff auf Array Konstanten

1. Wähle **Array** Shell (Functions Palette)



2. Ziehe Datentyp in Shell und initialisiere

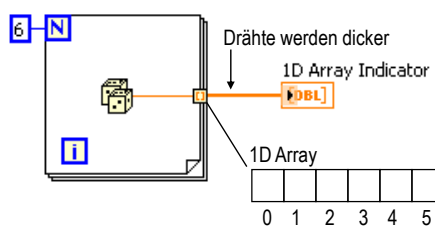


67

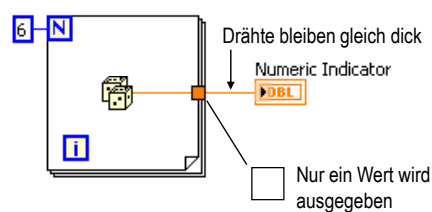
Auto-Indexing

- Mit Autoindexierung können Arrays erzeugt werden (For Loops auto-index standardmäßig)
- While Loops (While Loops geben standardmäßig letzten Wert aus)
- Rechtsklick auf Tunnel ermöglicht Veränderung der Indexingfunktion

Auto-Indexing Enabled

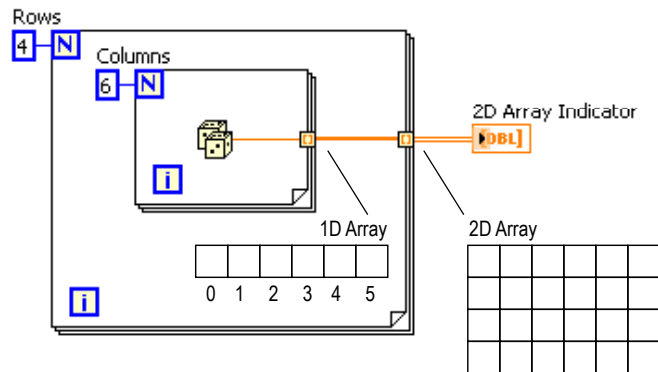


Auto-Indexing Disabled



68

Erzeugen von 2D Arrays

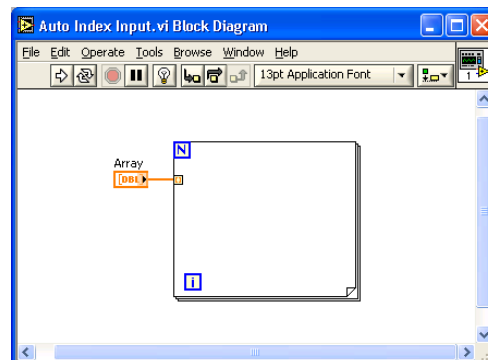


- Innere Schleife erzeugt Spaltenelemente
- Äußere Schleife setzt diese Elemente in Zeilen

69

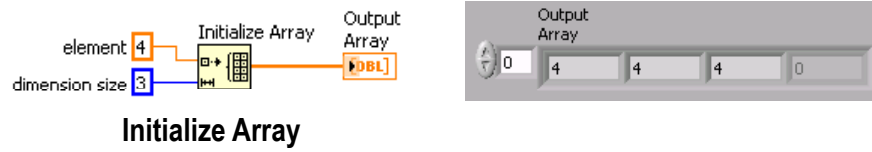
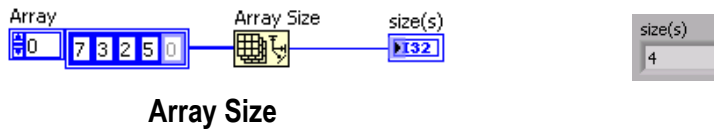
Auto-Index Input

- Array Input kann als Ersatz für die Verwendung des Loop Terminals dienen
- Anzahl der Terminalelemente entspricht Anzahl der Umläufe
- Run Arrow nicht gebrochen



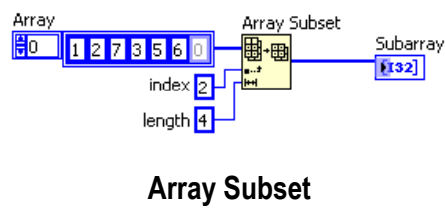
70

Gemeinsame Array Funktionen



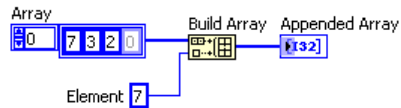
71

Gemeinsame Array Funktionen

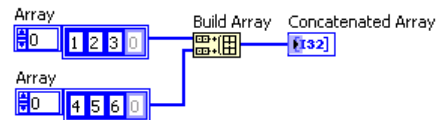
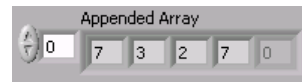


72

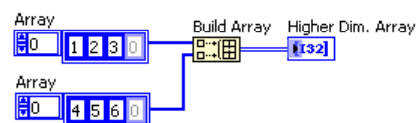
Die Build Array Funktion



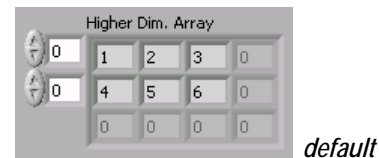
Element anhängen (append)



Concatenate Inputs

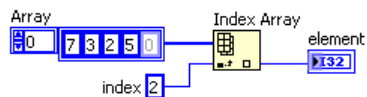


Dimension erhöhen

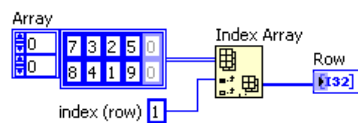
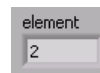


73

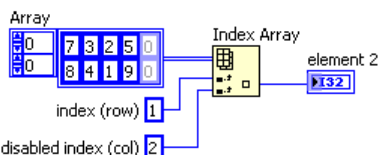
Die Index Array Funktion



Element extrahieren



Reihe extrahieren



Ein Element der Reihe extrahieren



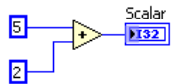
74

Polymorphie

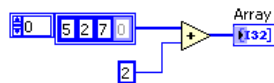
Funktionseingänge können verschieden Datentypen besitzen
Alle arithmetischen Funktionen LabVIEWs sind polymorph

Kombination

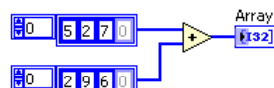
Scalar + Scalar



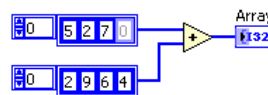
Array + Scalar



Array + Array



Array + Array



Ergebnis

Scalar



Array



Array



Array



75

Lektion 5 Cluster



TOPICS

Clusters - Einführung

Cluster Funktionen

Error Cluster

76

Cluster

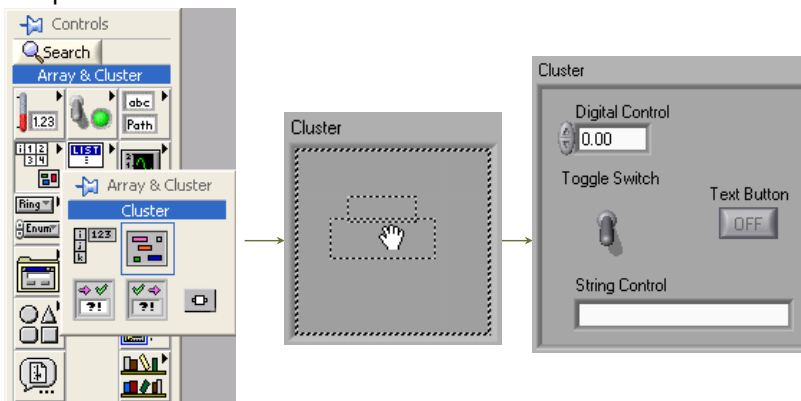
- Datenstrukturen die Daten gruppieren (wie *struct* in C oder *record* in Pascal)
- Elements müssen entweder als Controls oder Indicators angelegt werden
- Ähnlich wie Drähte und Litzen in einem Kabel



77

Cluster Controls und Indicators

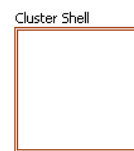
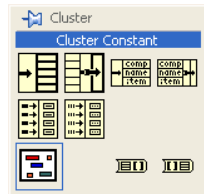
1. Wähle **Cluster** shell aus **Array & Cluster** subpalette
2. Ziehe Objekte in Shell



78

Creating Cluster Constants

1. Wähle **Cluster Constant** shell aus der **Cluster** subpalette



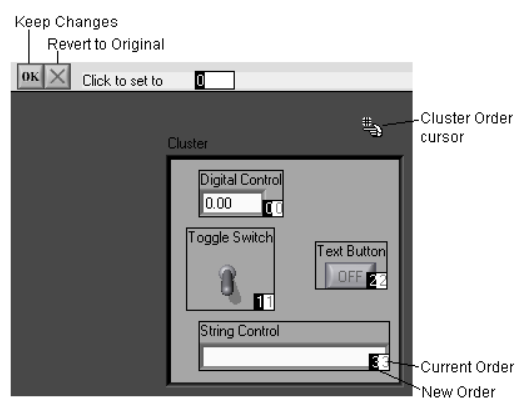
2. Ziehe Objekte in Cluster shell



79

Cluster Order

- Elemente besitzen Logische (Start mit 0)
- Wähle **Reorder Controls in Cluster...** um Reihenfolge zu ändern



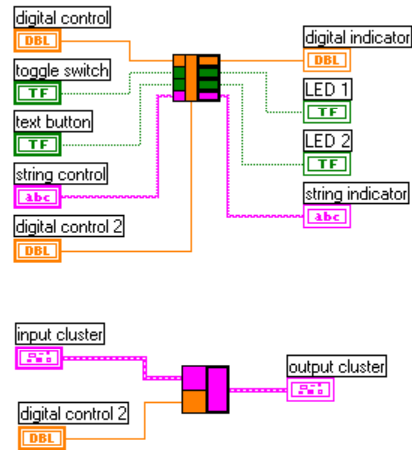
80

Verwendung von Clustern um Daten in SubVIs zu bringen

Cluster geeignet um komplexe Informationen an Terminals zu bringen

Eliminiert 28-Terminal Limit

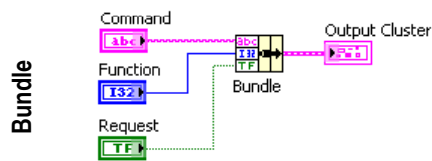
Vereinfacht Verdrahtung



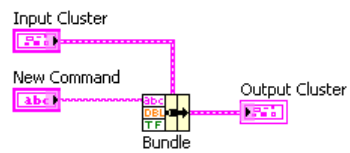
81

Cluster-Funktionen - Bundle

Neuen Cluster erzeugen

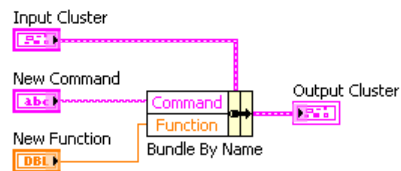


Existierenden Cluster modifizieren



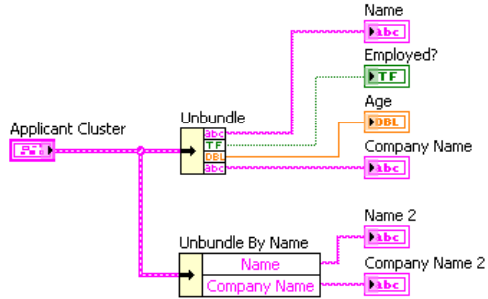
Bundle
By Name

Braucht existierenden Cluster

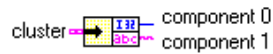


82

Cluster Funktionen - Unbundle



Unbundle



Unbundle By Name

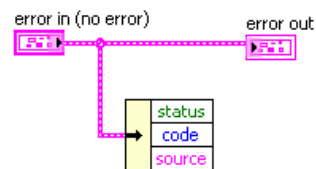
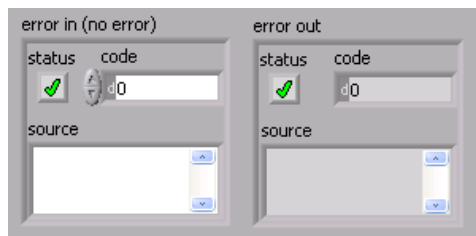


83

Error Cluster

Error In und Error Out Elemente sind essentiell für das Fehlermanagement in VIs

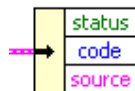
(zu finden in **Controls»Array & Cluster Palette**)



84

Error Cluster Details

- **Status** Boolescher Wert "TRUE" bedeutet Fehler
- **Code** 32-bit Integer mit Vorzeichen der die Fehlernummer zurückgibt.



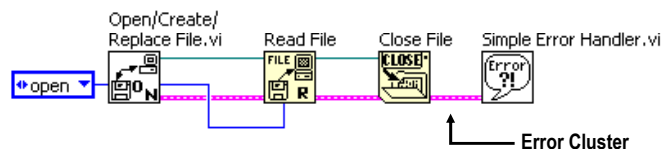
- Code gleich 0 und Status= False Kein Fehler
- Code ungleich 0 und Status= False Warnung
- Code ungleich 0 und Status= True Fehler

- **Source** String mit Angabe über Fehler und Fehlerort.

85

Error Handling with Clusters

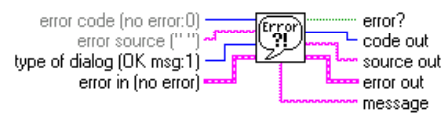
- LabVIEW handelt Fehler nicht automatisch
- LabVIEW Fehlerbehandlung funktioniert nach Datenflussprinzipien)
- Daisy Chain Architektur (Cluster wird durch alle SubVIs geführt; VIs die einen Fehler am Eingang haben werden nicht ausgeführt!)



86

Simple Error Handler

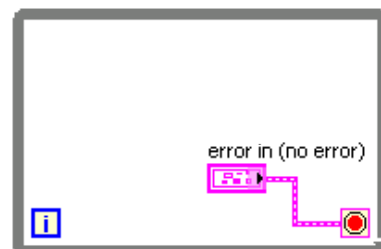
Simple Error Handler ist geeignet für Fehlerbehandlung nach dem Datenfluss (in **Functions»All Functions»Time and Dialog** palette)



87

Verwendung von While Loops für das Error Handling

Error Cluster direkt mit Abbruchbedingung verdrahtbar (Schleife bricht bei Fehler=wahr ab – aut. Selektion des Booleans "Error")



88

Lektion 6 Daten plotten



Themen

Waveform Charts

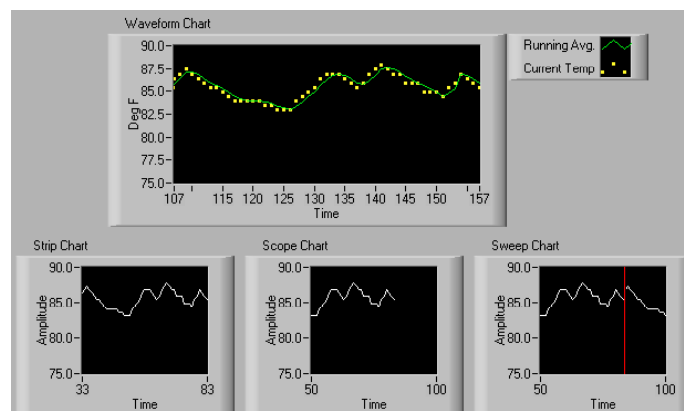
Waveform und XY Graphs

Intensity Graphs

89

Waveform Charts

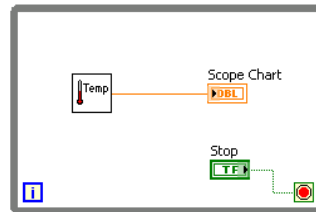
Zu wählen in **Controls»Graphs and Charts Palette**



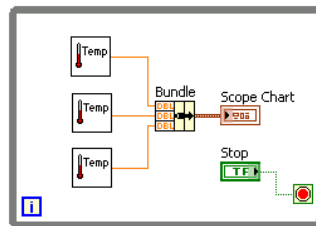
90

Charts verdrahten

Single-Plot Chart

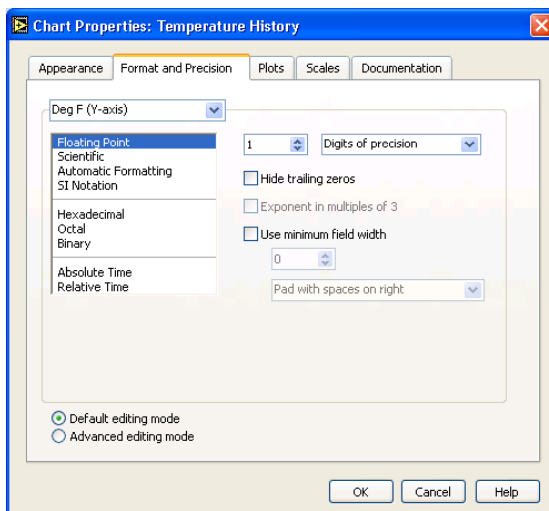


Multiple-Plot Chart



91

Chart Properties anpassen



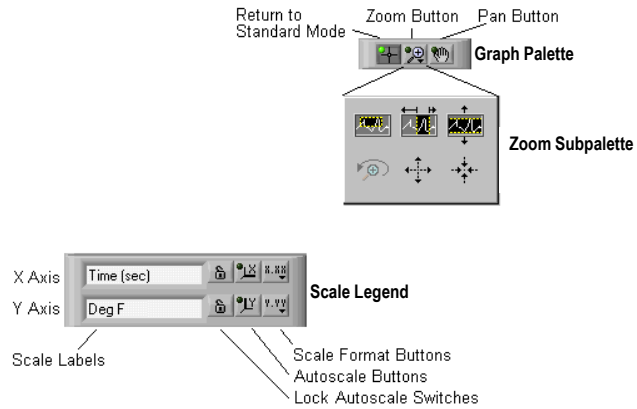
- Erscheinungsbild ändern
- Format und Auflösungen der Achsen verändern
- Plattyp wählen
- Skalen ändern
- Dokumentation/Tip Strip
- Etc.

92

Charts und Graphs anpassen

Visible Items anwählen ermöglicht Ein- und Ausblenden der Elemente:

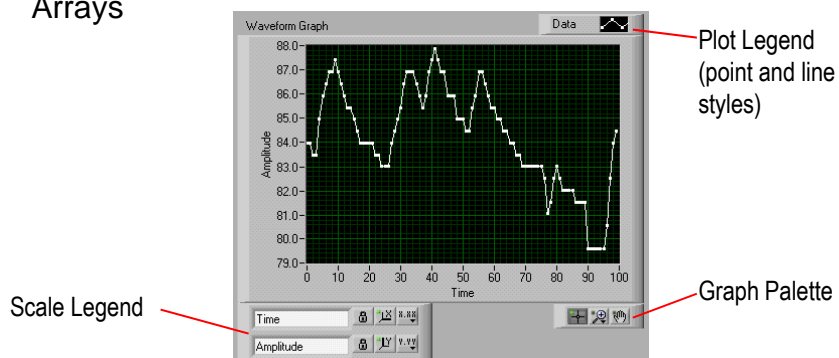
- Plot Legend
- Digital Display
- Scrollbar
- X and Y Scale
- Graph Palette
- Scale Legend



93

Graphs

- Wählbar aus Graph subpalette
- Waveform Graph – Plot eines Arrays in Abh. von Einzelindizes
- XY Graph – Plot eines Arrays in Abh. von eines zweiten Arrays

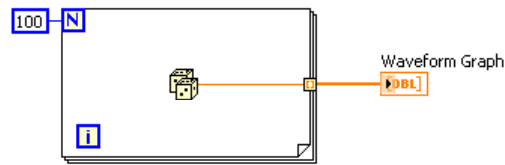


94

Single-Plot Waveform Graphs

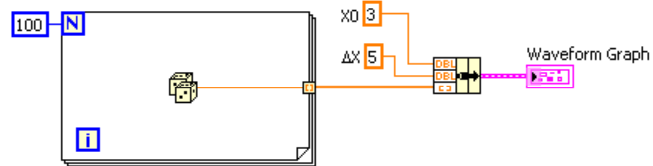
$X_0 = 0.0$

Delta X = 1.0



X_0 und

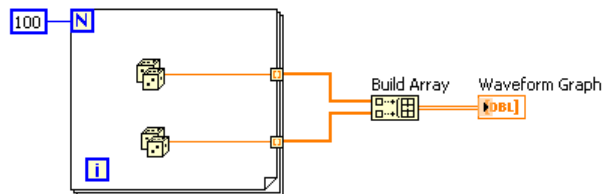
Delta X wählbar



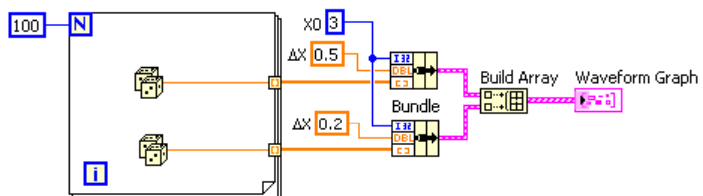
95

Multiple-Plot Waveform Graphs

Jede Reihe
erzeugt eigenen
Plot:
Initial X = 0
Delta X = 1



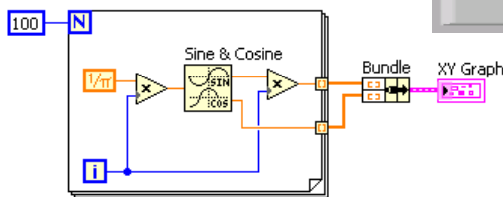
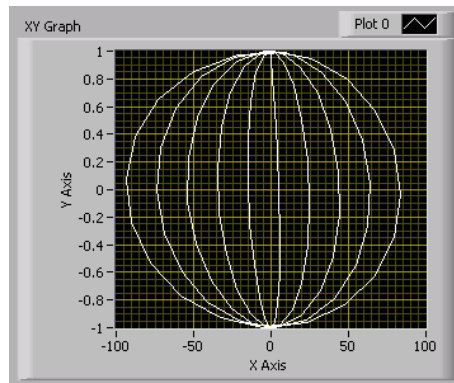
Jede Reihe
erzeugt eigenen
Plot mit
unterschiedlichen
Startwerten und
Schrittweiten



96

XY Graphen

- Zwei unabhängige Arrays erzeugen Datenpunkte
- Relationen möglich (mehr als ein Wert pro X-Wert)



97

Chart und Graph Anwendung - Sonstiges

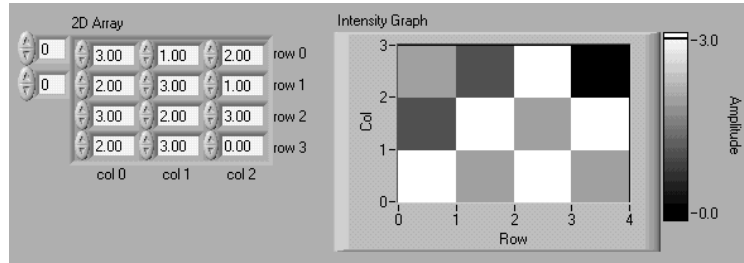
Kontexthilfe ist sehr nützlich in Zusammenhang mit Charts und Graphs

The image shows three screenshots of the LabVIEW Context Help window, each showing different help topics for Waveform Charts, Waveform Graphs, and XY Graphs. Red arrows point from keyboard shortcuts [DBL], [DBL], and [e05] to the respective windows.

- Waveform Charts:** Shows help for wiring data directly to a chart, including data types like Scalar, 1D, VDT, and 2D. It also shows how to combine points with a bundle node and use timing information in VDT. Example: Charts.vi.
- Waveform Graphs:** Shows help for wiring data directly to a waveform graph, including Y Array, 1D, VDT, and 2D. It also shows how to combine timing information using a bundle node. Example: Waveform Graph.vi.
- XY Graphs:** Shows help for wiring data directly to an XY graph, including Single Plot XY Graph and Multiplot XY Graph. Example: XY Graph.vi.

98

Intensity Plots und Graphs



- Useful in displaying terrain, temperature patterns, spectrum analysis, and image processing
- Data type is a 2D array of numbers; each number represents a color
- Use these options to set and display color mapping scheme
- Cursor also adds a third dimension

99

Lektion 7 Entscheidungsfindung in VIs



Themen

Die Select Funktion

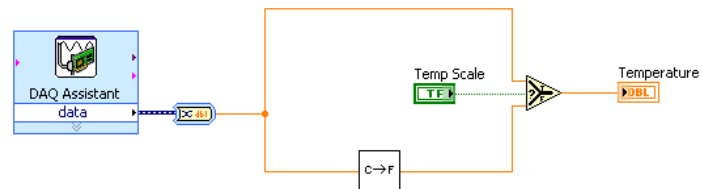
Case Strukturen

Formelknoten

100

Einfache Entscheidung: Die Select Funktion

- Wenn Temp Scale TRUE ist, wird der obere Zweig durchgeleitet
- Wenn Temp Scale FALSE ist, wird der untere Zweig durchgeleitet



- Bei komplexeren Operationen mit mehr als zwei Optionen ist die CASE Struktur zu verwenden

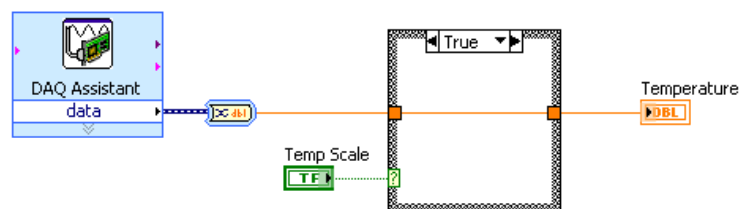
101

Case Structures

Boolean Case Structure Beispiel:

Wenn Temp Scale TRUE ist, wird die TRUE Case Instanz abgearbeitet

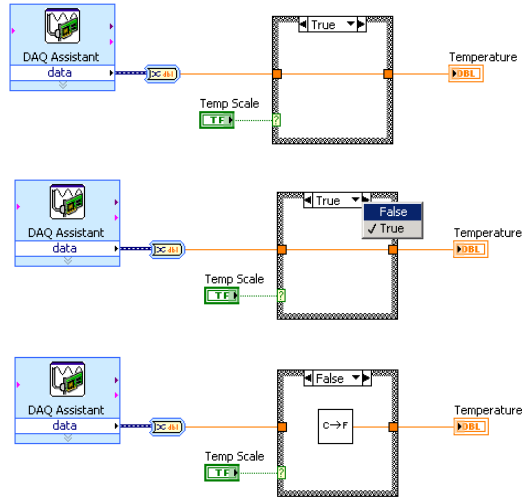
Wenn Temp Scale FALSE ist, wird die FALSE Case Instanz abgearbeitet



102

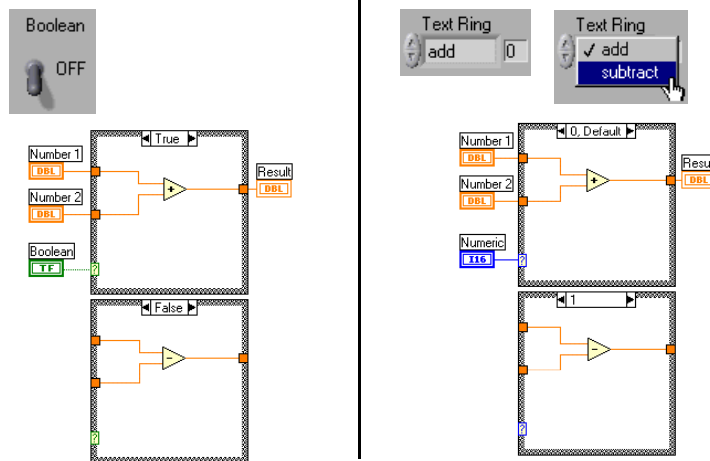
Case Structures

- In der Strukturen subpalette der Funktionspalette
- UmschlieÙe Knoten oder ziehe sie in Struktur
- Wie Karten gestapelt – eine Instanz pro Fall



103

Boolean und Numeric Cases



Verdarhte alle möglichen Ausgänge der Case Struktur

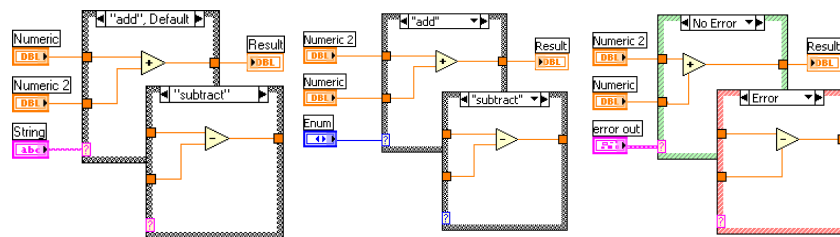
104

String, Enum und Error Cases

String Case

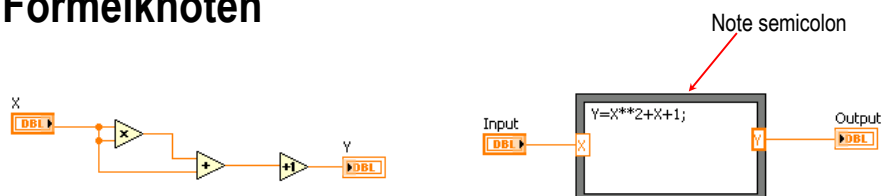
Enum Case

Error Case



105

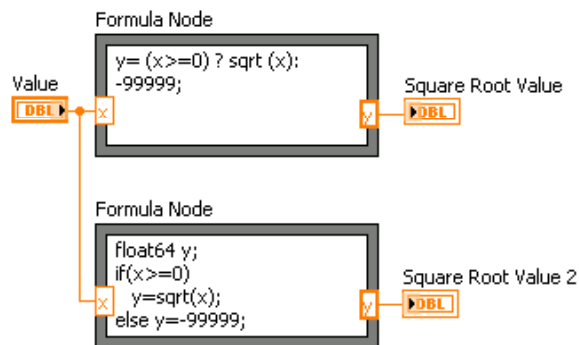
Formelknoten



- In der Struktursubpalette wählbar
- Möglichkeit zur Erzeugung komplexer Gleichungen
- Variablen werden am Rand erzeugt
- Variablennamen sind casesensitiv (Groß- und Kleinschreibung beachten)
- Semicolon (;) erforderlich als Abschluss
- Context Help Fester zeigt Optionen an

106

Entscheidungsfindung mit Formelknoten



Zwei unterschiedliche Wege, die zum Ziel führen

107

Lektion 8 Strings und File I/O



Themen

Wie man String Controls und -Indicators erzeugt

Die String Funktionen an Hand von Einzelbeispielen

Wie macht man Dateiein- und -ausgabe?

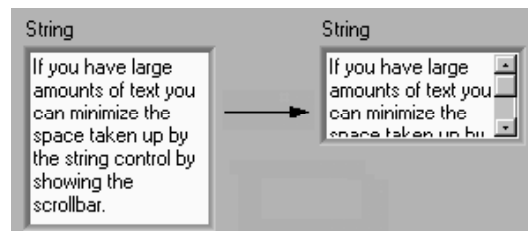
Wie benutzt man High- und Low Level VIs

Wie formatiert man Text um ihn dann in Tabellendateien verwenden zu können

108

Strings

- Sequenz aus (nicht) anzeigbaren Zeichen (ASCII)
- Hinweise anzeigen, Kommunikation mit Messgeräten und Dateien, etc.
- String control/indicator befinden sich in **Controls»String** Subpalette



109

String Display Modi

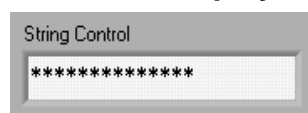
Normal display



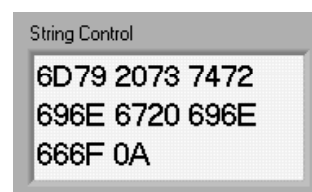
\ code display



Password display



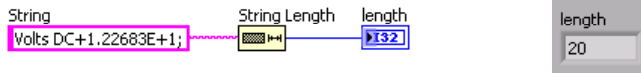
Hex display



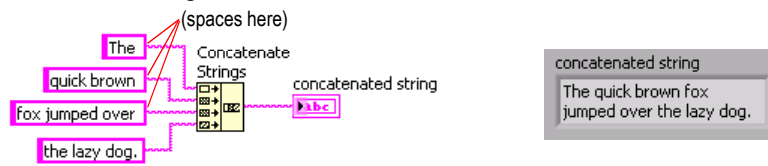
110

String Functions

String Length



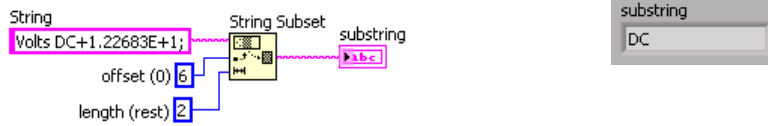
Concatenate Strings



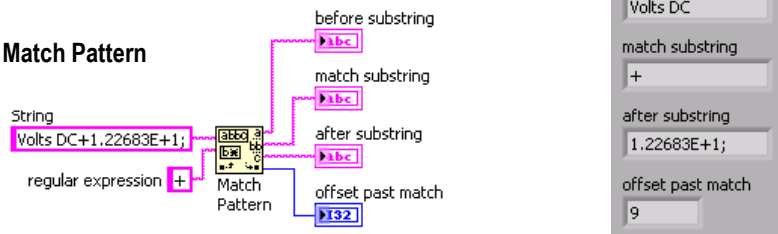
111

String Functions

String Subset



Match Pattern



112

Wandeln von Numerics in Strings: Build String

The diagram shows a LabVIEW block labeled 'Build Text' with an input of '1.28' and a variable 'voltage'. The output is connected to a 'Result' indicator. The 'Configure Build Text [Build Text]' dialog box is open, showing the text 'Voltage is %voltage%' and the variable 'voltage' selected. The 'Variable Properties' section is configured for a 'Number' format, 'Format fractional number (12.345)', 'Use specified precision' checked, and 'Precision' set to 4. The 'Sample Number' is 12.35 and the 'Sample result' is 12.3450.

113

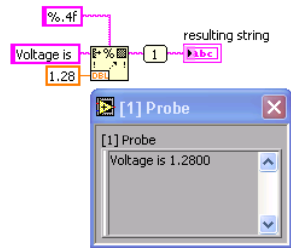
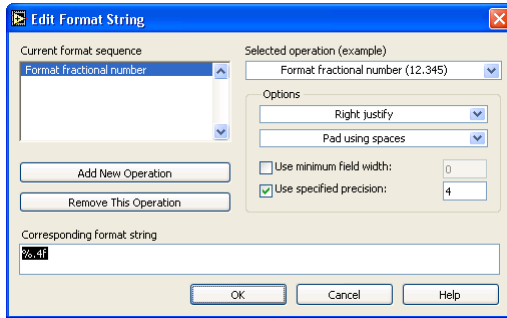
Wandeln von Strings in Numerics: Scan From String

The diagram shows a LabVIEW block labeled 'Scan From String' with an input of 'VOLTS DC+1.28E+2' and a variable 'output 1'. The output is connected to a 'Result' indicator. The 'Scan From String' dialog box is open, showing the format string '%f' and the input string 'VOLTS DC+1.28E+2'. The 'Scan From String' block is configured with 'format string' as '%f', 'input string' as 'VOLTS DC+1.28E+2', and 'output 1' as '128'. The 'Scan From String' block is also connected to a 'DBL' block and an 'output 1' indicator.

114

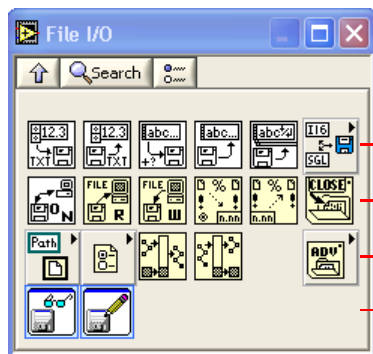
Edit Format String

Scan From String Function



115

File Input und Output



Vier Hierarchieebenen:

High-level File VIs

Intermediate File VIs and Functions

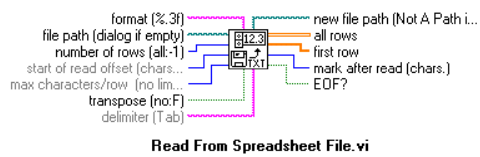
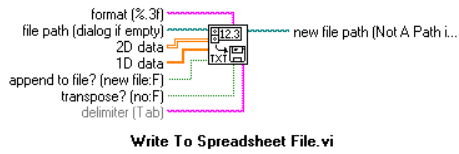
Advanced File Functions subpalette

Express VIs

116

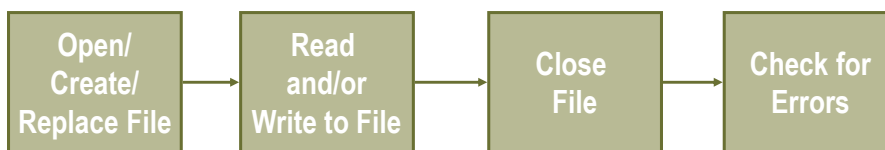
High-level File I/O VIs

- Write to Spreadsheet File
- Read from Spreadsheet File
- Write Characters to File
- Read Characters from File
- Read Lines from File



117

File I/O Programmiermodell - Intermediate



Open/Create/Replace File.vi



Read File



Write File



Close File



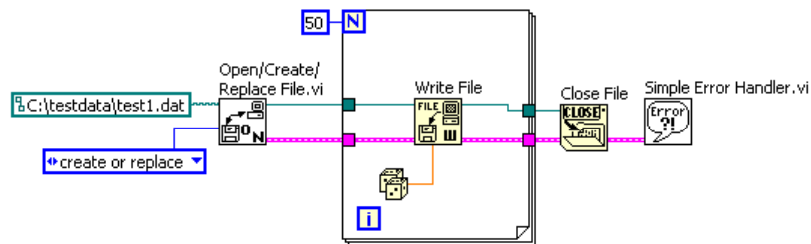
Simple Error Handler.vi



118

Daten in Dateien schreiben

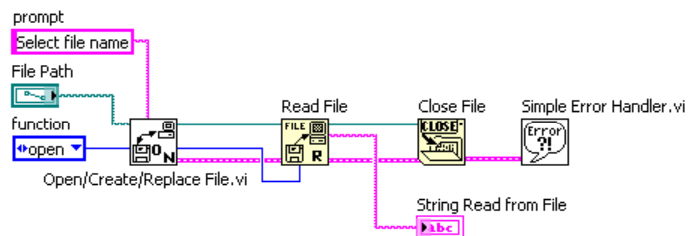
- Open/Create/Replace öffnet file TEST1 . DAT und erzeugt refnum und error cluster
- Write File schreibt Daten
- Close File schließt Datei
- Simple Error Handler überprüft ob Fehler erzeugt wurden



119

Daten aus Dateien lesen

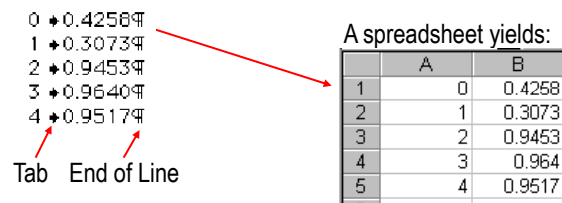
- Open/Create/Replace öffnet file in Abhängigkeit von der Benutzerauswahl und erzeugt refnum und error cluster
- Read File liest Daten
- Close File schließt Datei
- Simple Error Handler überprüft ob Fehler erzeugt wurden



120

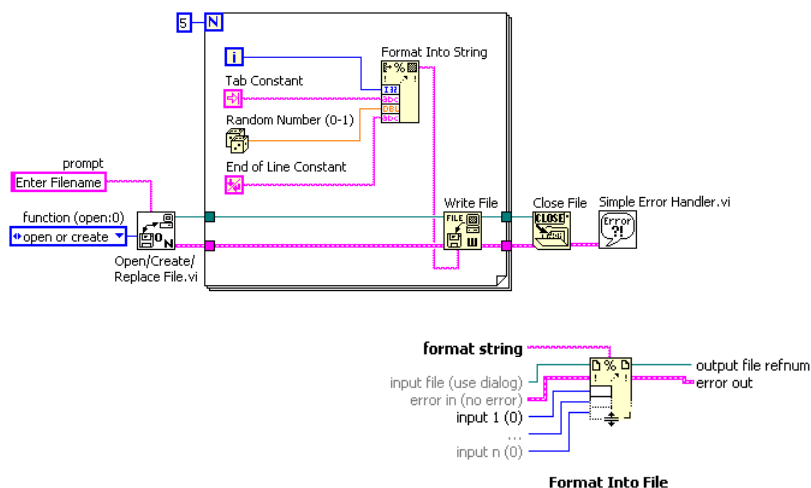
Spreadsheet Strings editieren

- Spreadsheets sind populäre Tools für das Datenhandling und die -analyse
- Die *tab-delimited spreadsheets* sind die gebräuchlichsten einer Vielzahl von Tabledateienformaten
 - Spalten sind durch Tabs getrennt
 - Zeilen sind durch End of Line Zeichen getrennt



121

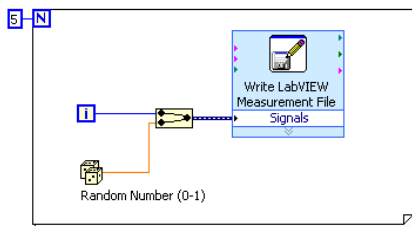
Erzeugen von Spreadsheet Files



122

Write LabVIEW Measurement File

- Besitzt open, write, close und error handling Funktionen
- Tab- or Komma-Trennzeichen verwendbar
- Merge Signals function wird benutzt um Dynamische Datentypen zu erzeugen



	A	B	C	D
1			0.385055	
2			1.0.23516	
3			2.0.985184	
4			3.0.177893	
5			4.0.935915	
6				
7				

123

Lektion 11 VI Anpassungen

Themen

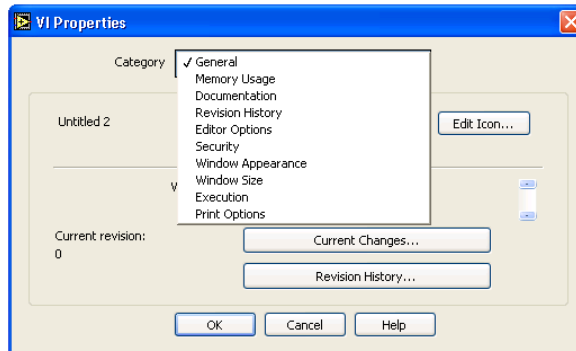
- Front Panel Erscheinungsbild ändern
- SubVI Front Panels
- Keyboard Shortcuts
- VI Properties
- Paletten anpassen

124



VI Properties anpassen

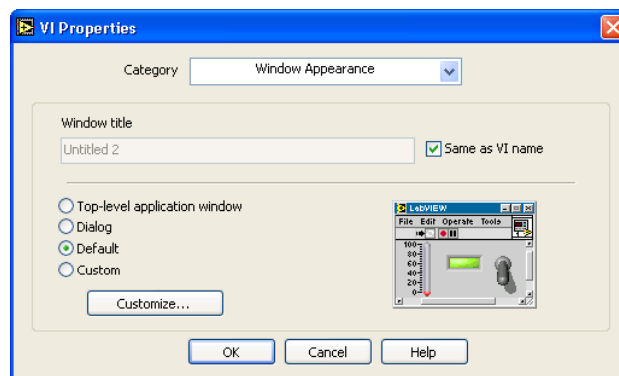
- Rechtsklick auf Icon Pane zum Ändern der VI Properties
- Hat Auswirkungen auf alle Instanzen des VIs in allen Applikationen



125

Window Appearance

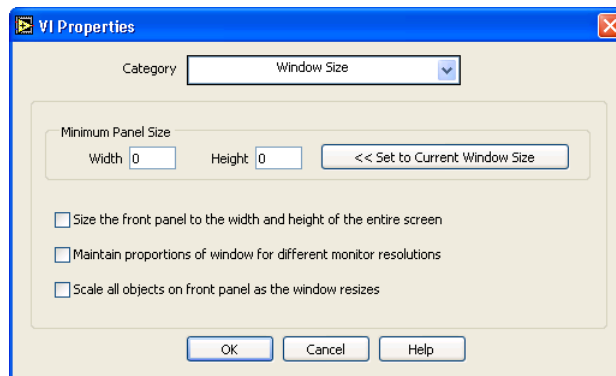
Wirkt sich nur im RUN-Mode aus



126

Window Size

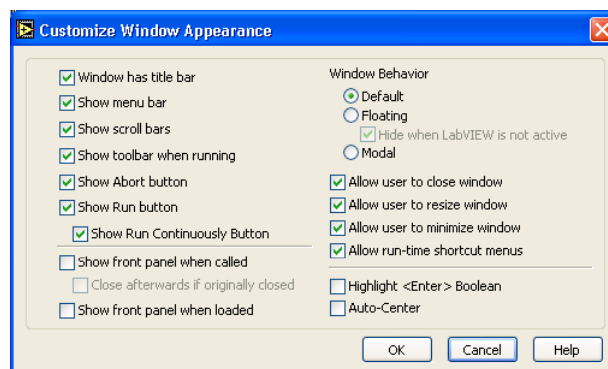
- Setzen der Minimum Panel Größe (wichtig zum Anpassen an Zielmonitor)
- Dynamische Größenanpassung mit Vorsicht zu genießen



127

Pop-Up Panels erzeugen

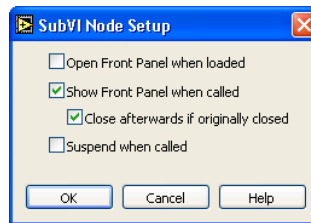
- Benutzung bei Top-Level Application Fenstern oder Dialogarten angeraten
- Kundenspezifisch anpassbar



128

Erzeugung von Pop-Up Panels – Single Instance

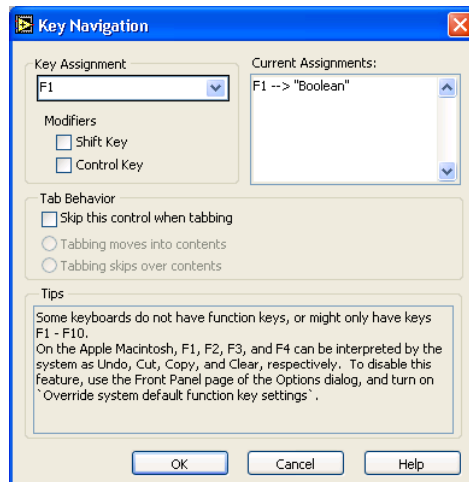
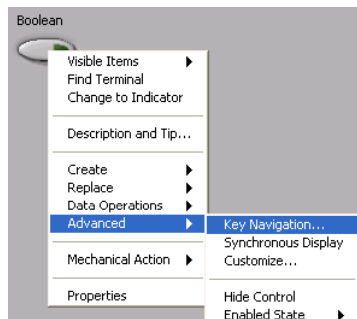
Zugriff auf SubVI Node Setup durch Rechtsklick auf subVI Icon auf aufrufendem VI-Diagramm



129

Key Navigation

Zuweisung von Shortcuts auf Frontpaelemente



130

Lektion 9 Datenerfassung und Waveforms



Themen

- Plug-in DAQ Geräte
- Datenerfassung in LabVIEW
- Analog Input
- Data Logging
- Analog Output
- Counter
- Digital I/O

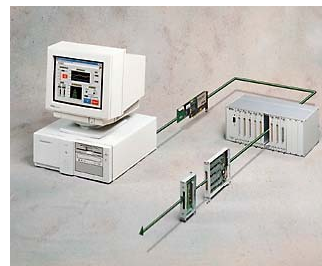
131

Übersicht und Konfiguration

Aufgabe der DAQ System ist die Umsetzung von "Real-World"-Signalen in maschinenlesbare Werte

DAQ Systeme bestehen aus:

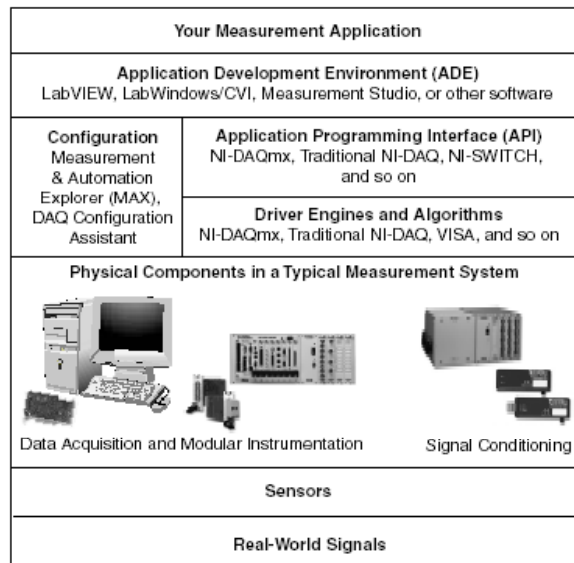
- Sensoren
- Signalkonditionierung
- Plug-in DAQ Geräte
- Treiber
- Software



132

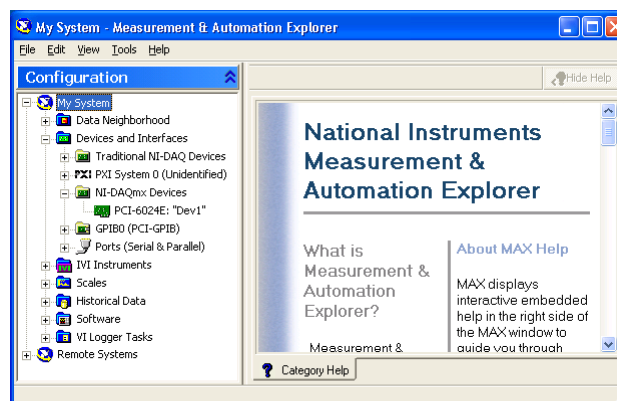
Measurement Software Framework

- NI-DAQ enthält
- Traditional NI-DAQ
 - NI-DAQmx



133

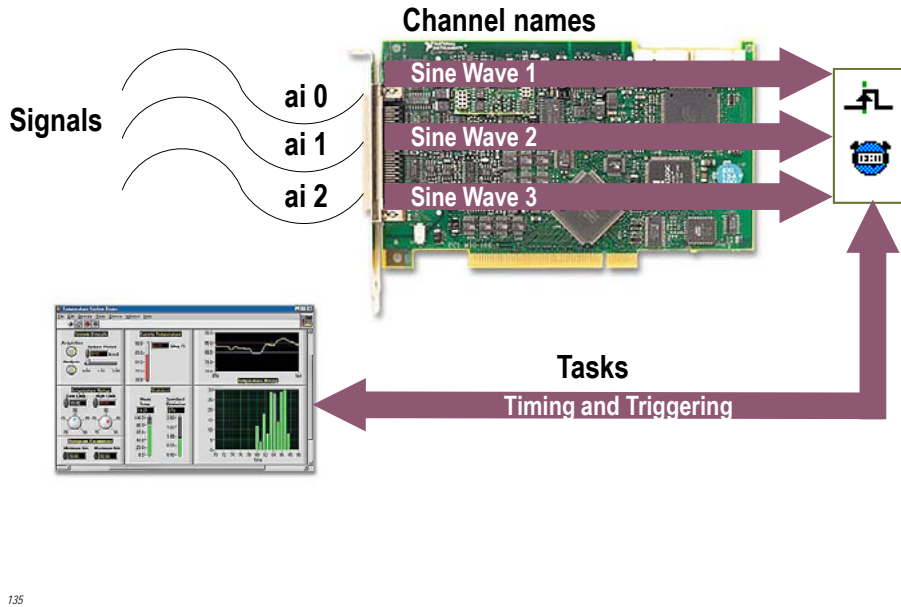
DAQ Hardware Konfiguration



Measurement & Automation Explorer (MAX)

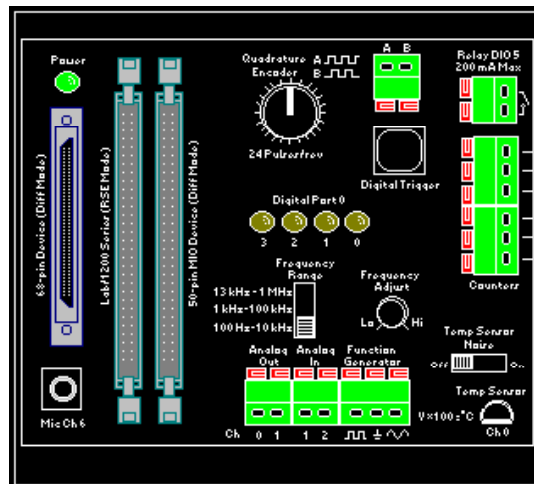
134

Channels und Tasks



135

The DAQ Signal Accessory



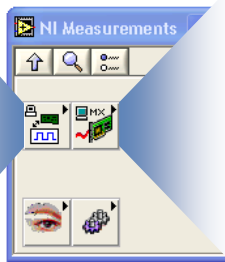
136

Datenerfassung in LabVIEW

Traditional NI-DAQ

Spezifische VIs für

- Analog Input
- Analog Output
- Digital I/O
- Counter operations



NI-DAQmx

Next Generation

Treiber:

- VIs um Tasks abzuarbeiten
- Set von VIs für alle Aufgaben

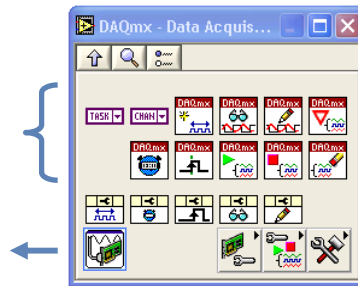
137

NI-DAQmx Datenerfassung

Satz an VIs die Analog I/O, Digital I/O und Counter Operationen erlauben

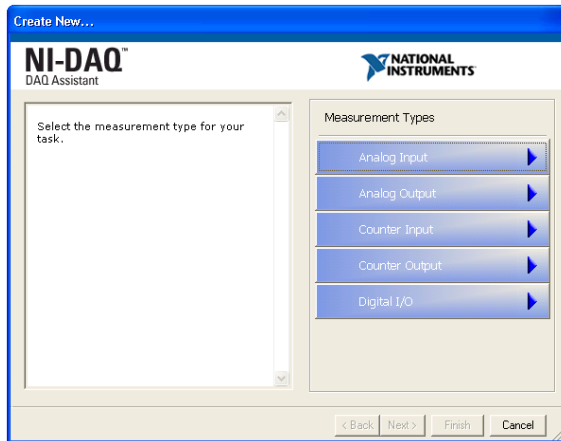
DAQ Assistant Express VI

- Einfache Programmerstellung
- Erzeugt lokalen Task
- Die meisten Applikationen können DAQ Assistant Express VI verwenden



138

NI-DAQmx Data Acquisition Task Types



Measurement types:

- Analog Input
- Analog Output
- Counter Input
- Counter Output
- Digital I/O

139

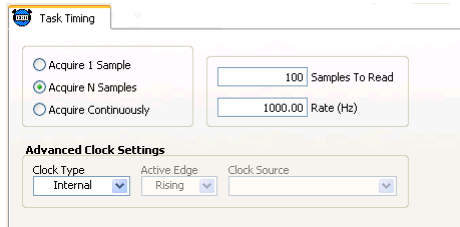
Analog Input



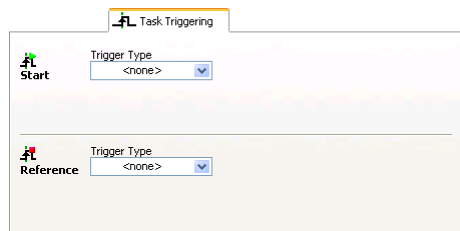
Analog Input task ist
messgerätespezifisch

140

Analog Input Task Timing and Triggering



Konfiguriert Abtastrate und Anz. An Abtastungen

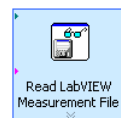


Konfiguriert Start- und Referenztrigger

141

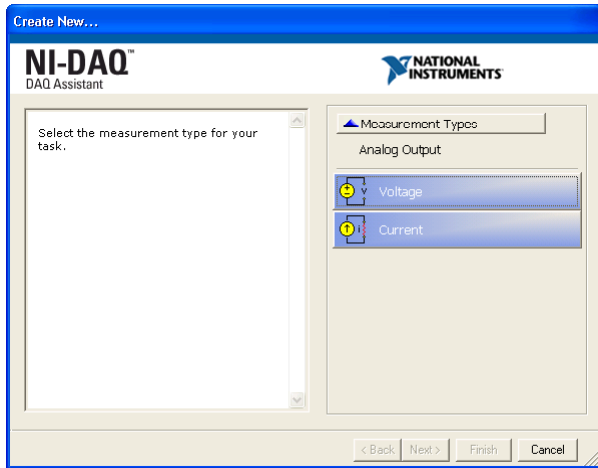
Data Logging

- Oft ist permanente Speicherung von Messdaten erforderlich
- LabVIEW kann Measurement Files lesen und schreiben
- LabVIEW Measurement File sind ASCII Textdateien



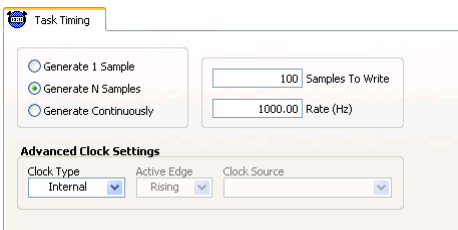
142

Analog Output

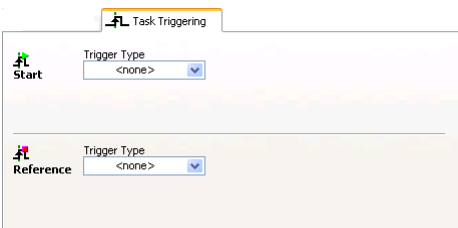


143

Analog Output Task Timing and Triggering



Konfiguriert Abtastrate und Anz. An Abtastungen



Konfiguriert Start- und Referenztrigger

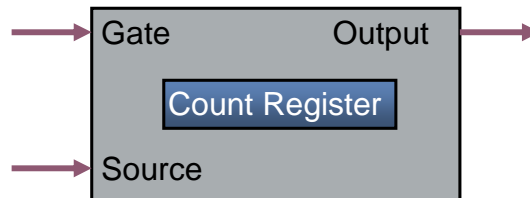
144

Counters

Ein Counter (Zähler) ist ein digitales Timinggerät

Counteranwendungen:

- Event counting
- Frequency measurement
- Period measurement
- Position measurement
- Pulse generation



Count register – Speichert den aktuellen Zählerstand

Source – Eingang der den Counter zum Weiterzählen bringt beim Toggeln am

Gate – Eingang mit Enable- und Disable-Funktion

Output – Signal, das Pulse oder Muster ausgibt

145

Digital Input und Output

- Digital I/O können Leitungen und Ports lesen und schreiben
- Ein digitaler Port besteht aus mehreren Leitungen



146

Lektion 10

Instrument Control



Themen

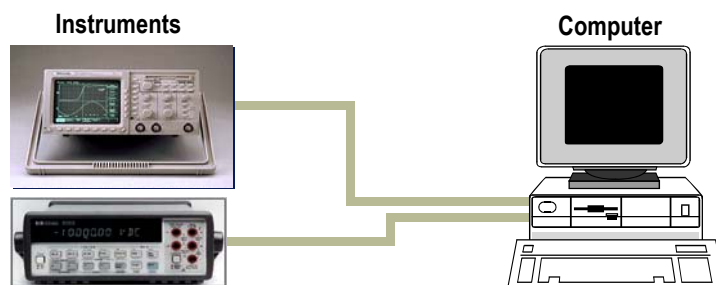
- Instrument Control - Übersicht
- GPIB Communication und Configuration
- Instrument I/O Assistant
- Virtual Instrument Software Architecture (VISA)
- Instrument Drivers
- Serial Port Communication
- Waveform Transfers

147

Instrument Control - Überblick

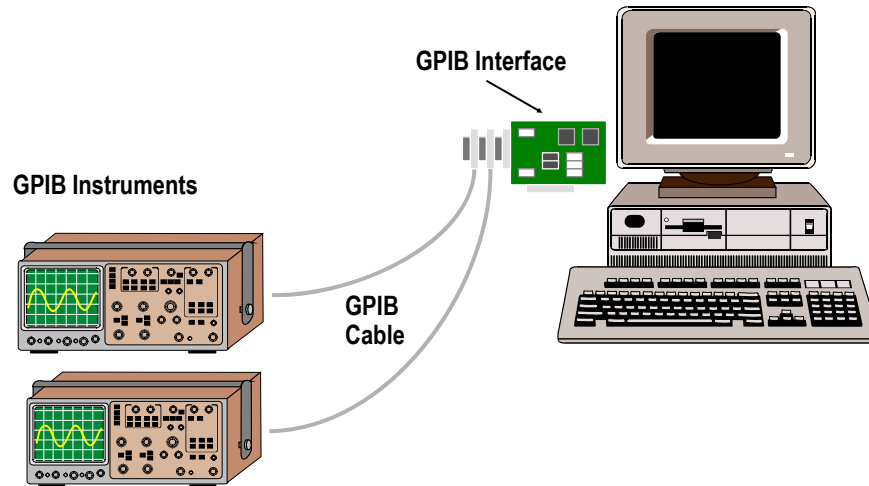
Wenn folgendes bekannt ist kann jedes Gerät angesprochen werden:

- Steckertyp
- Kabeltyp
- Elektrische Eigenschaften des Gerätes
- Kommunikationsprotokolle
- Software Treiber verfügbar



148

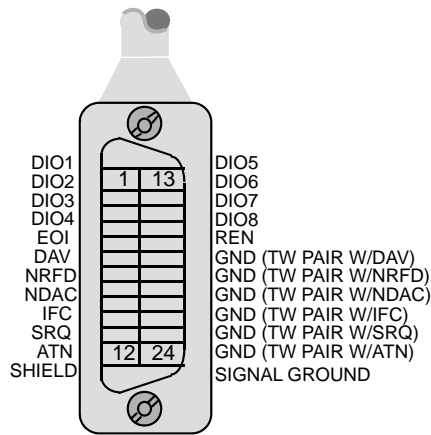
GPIB Kommunikation



GPIB Standardisierung

- 1965 HP designs HP-IB (Hewlett Packard Interface Bus)
- 1975 HP-IB becomes IEEE 488
- 1987 IEEE 488.2 adopted
IEEE 488 becomes IEEE 488.1
- 1990 SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments) added to IEEE 488.2
- 1992 IEEE 488.2 revised
- 1993 HS488 proposed
- 1999 HS488 approved

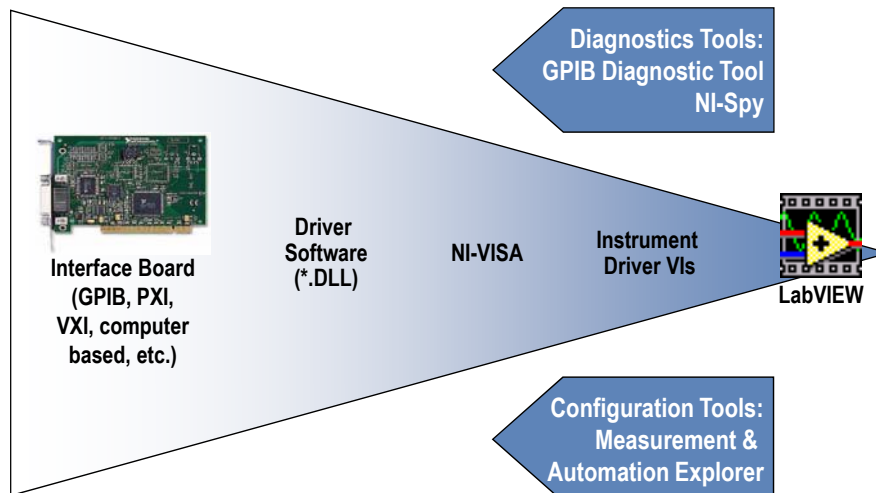
GPIB Hardware Spezifikationen



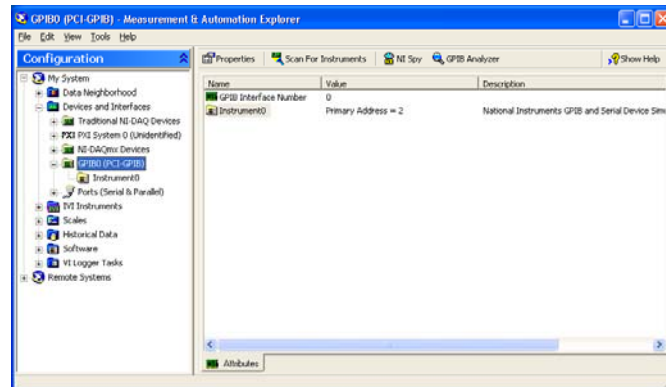
- Max. Kabellänge zw. Geräten = 4 m (2 m Durchschnitt)
- Max. Kabellänge = 20 m
- Max. Anz. An Geräten = 15 (max. 2/3 angeschaltet)

151

GPIB Software Architecture — Windows



Konfiguration von GPIB Boards und Instrumenten

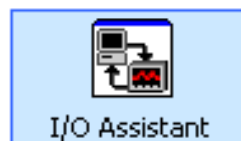


Measurement & Automation Explorer (MAX)

153

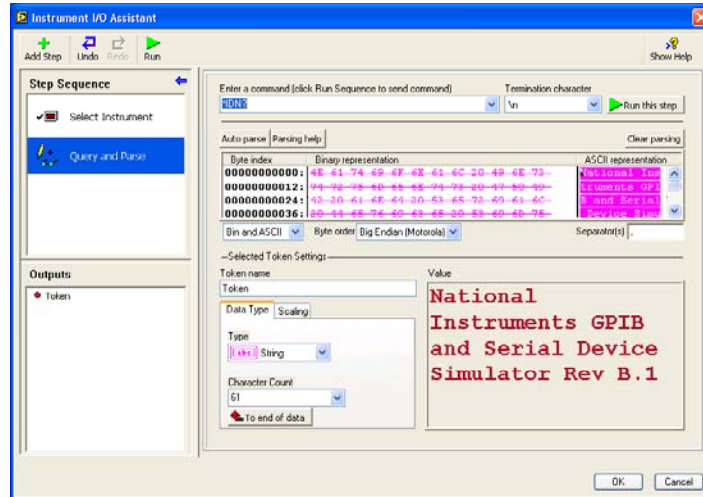
Was versteht man unter dem Instrument I/O Assistant?

- Zugriff mittels LabVIEW Express VI
- Geräte Sets Up
- Kommunikation und schrittweises Datenparsing durch Kommunikationsinterface



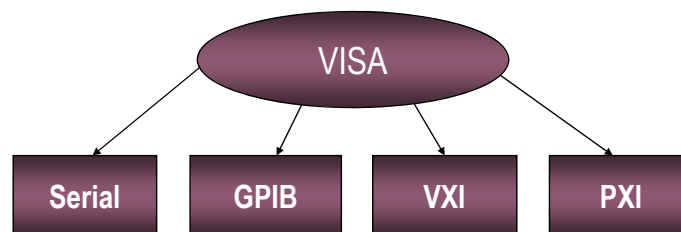
154

Kommunikation mit einem Instrument



755

Virtual Instrument Software Architecture



- Plattformunabhängig
- VISA ist das Rückgrat der IVI and Plug & Play Instrument Drivers
- Interfaceunabhängig
- SCPI command set muss bekannt sein um mit VISA zu interagieren

756

VISA Terminology

- **Resource**—Instrument, Serial Port oder Parallel Port
- **Session**— Verbindung/Handle zur Ressource
- **Instrument Descriptor**—Resource location
 - Format: Interface Type::Address::INSTR
 - Beispiele:

GPIB0::1::INSTR
GPIB0::4::INSTR
GPIB0::10::INSTR
ASRL1::INSTR
ASRL2::INSTR
ASRL3::INSTR
ASRL10::INSTR

157

Instrument Descriptor Syntax

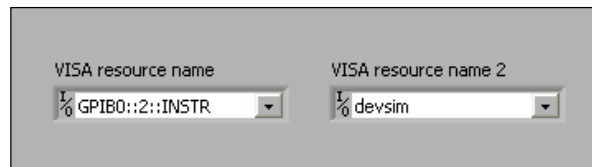
- Resource Name enthält Interface Info
- VISA Aliases funktionieren auch

Interface	Resource Name Grammar
Serial	ASRL[board][::INSTR]
GPIB	GPIB[board]:: <i>primary address</i> ::INSTR]
VXI	VXI[board]:: <i>VXI logical address</i> ::INSTR]
GPIB-VXI	GPIB-VXI[board][:: <i>GPIB-VXI primary address</i>]:: <i>VXI logical address</i> ::INSTR]

158

VISA Resource Name

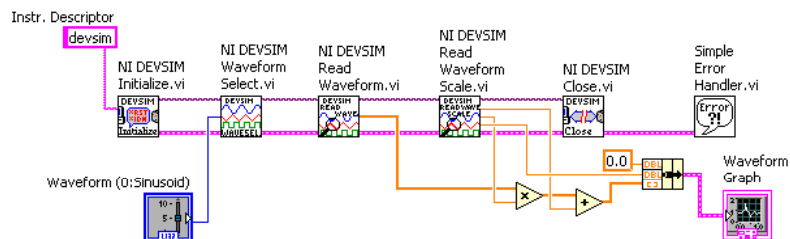
- Exakter Name und Lage des Instrumentes
- Benutzte VISA Resource Name control



159

Instrument Drivers

- Mehr als 1600 LabVIEW Instrumententreiber
- Programmierung durch high-level API stark vereinfacht



160

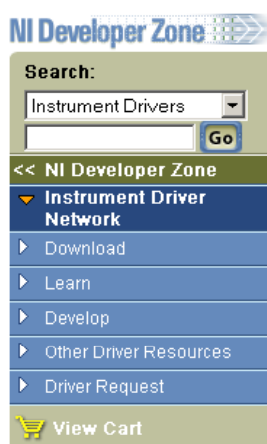
Installation und Zugriff auf Instrumententreiber

- Treiber herunterladbar: ni.com/idnet
- Treiberbibliotheken sind in das **LabVIEW 8.x\instr.lib** Verzeichnis zu installieren
- Zugriff unter der **Functions»Input»Instrument Drivers** Subpalette



161

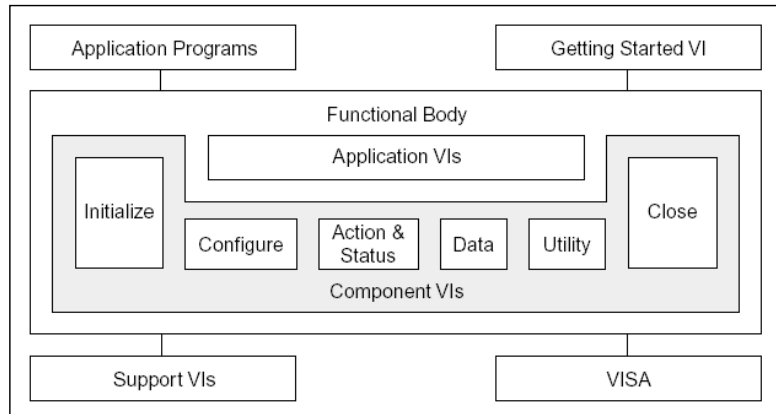
IDNET - Instrument Driver Network



- Infos über Treiber
- Hilfe zum Entwickeln von Treibern
- Möglichkeit zum Hochladen und Herunterladen von Treibern

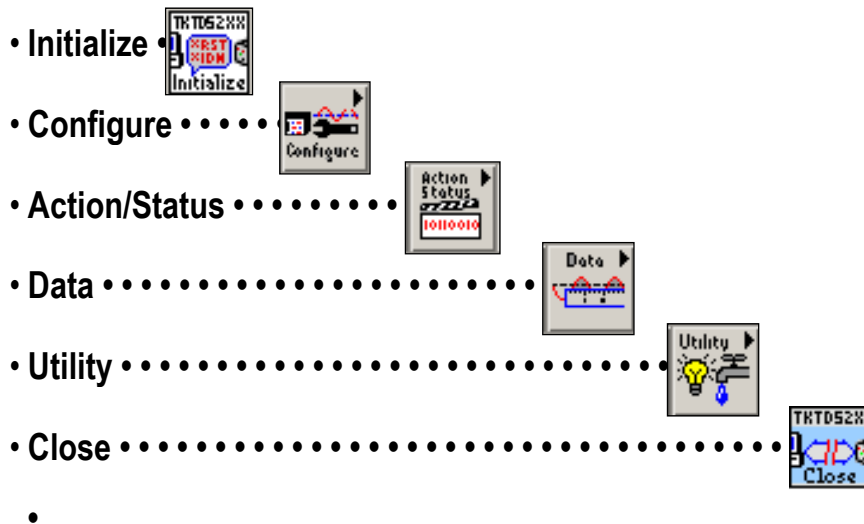
162

Instrument Driver Model



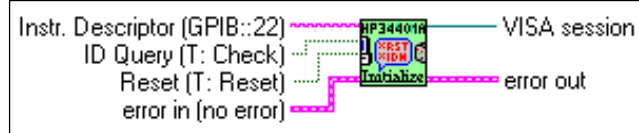
163

Instrument Driver VIs



164

Instrument Driver Inputs und Outputs

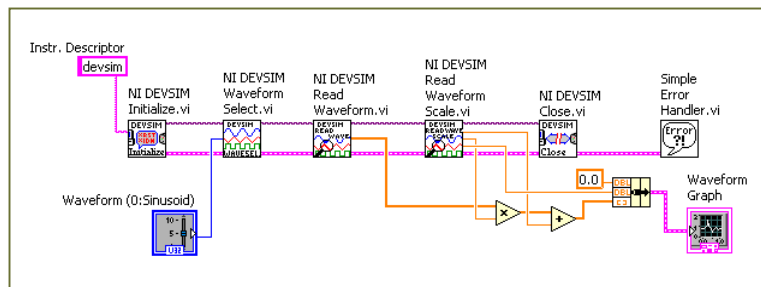


HP34401A Initialize.vi

- Instrument Descriptor
- VISA Sessions
 - Verbindung oder Link zu einem Gerät
 - Erzeugt nach Initialisierung
 - Innerhalb einer VI Instanz zu verwenden
- Error cluster

165

Putting It All Together

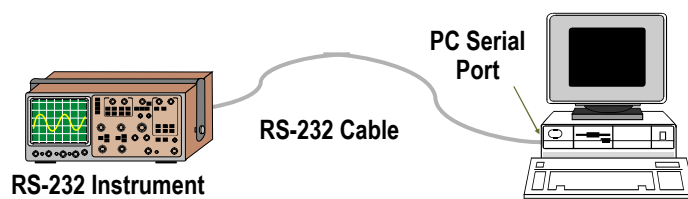


- Konstruktor (Initialize instrument)
- Methoden (Do operation(s))
- Destruktor (Close instrument)
- Check error status

166

Serielle Kommunikation

- Populäre Form der Kommunikation zwischen PC und Peripheriegeräten
- Daten werden bitweise gesendet
- Niedrige Datenraten über lange Distanzen
- Nur ein Kabel wird benötigt, jedoch "Legacy"-Technologie, die auf den modernen Mainboards immer mehr verschwindet



167

Serial Hardware Interfaces

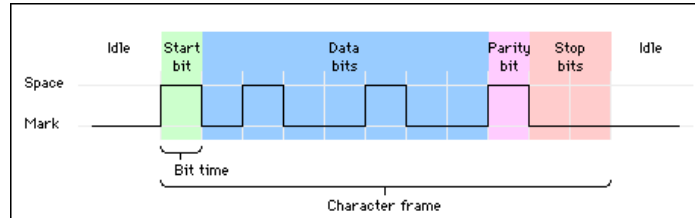
- **RS-232**
 - DCE oder DTE
 - 9-pin or 25-pin
- **RS-422**
 - DCE oder DTE
 - 8-pin
- **RS-485**
 - Multidrop



Pin	DTE	DCE
1 DCD	Input	Output
2 RxD		O
3 TxD	O	
4 DTR	O	
5 Com	-	-
6 DSR		O
7 RTS	O	
8 CTS		O
9 RI		O

168

Serielle Kommunikation



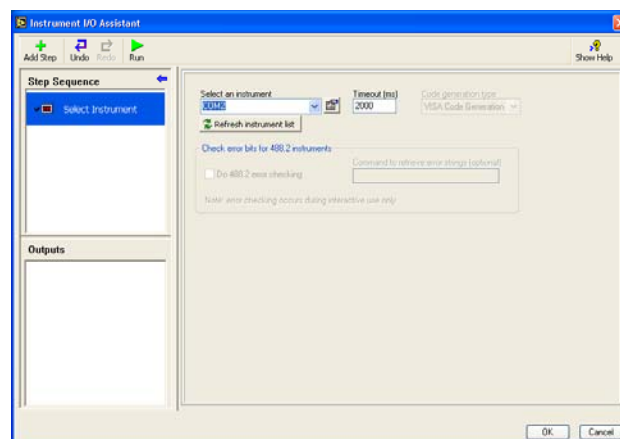
Terminologie

- Baud rate – bits per second
- Data bits – Invertierte Logik mit LSB am Anfang
- Parity – optionales error-checking bit
- Stop bits – 1, 1.5, or 2 invertierte bits am Datenende
- Flow control – Hardware und Software Handshaking möglich

169

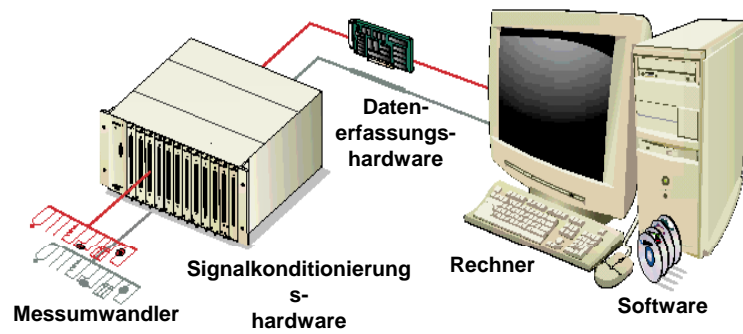
Instrument I/O Assistant mit Seriellen Geräten

- Wähle COMX als Geräteadresse
- Benutze den I/O Assistant wie unter GPIB



170

Typisches Datenerfassungssystem



Anforderungen des Anwenders

Jeder Anwender hat verschiedene Anforderungen:

- Anschlusstechnik
- Programmierbarkeit
- Erweiterbarkeit
- Kalibrierung
- Softwareintegration
- Hardwareintegration

Anwendungsanforderungen

Die Anwendung legt den Bedarf an Signal-
konditionierung fest:

Hohe Kanalanzahl

Kleinsignale

Reduzieren von Rauschen

Besondere Anforderungen einiger Messumwandler

Schutz des Systems

...

Erforderliche Signalkonditionierung

Messumwandler/Signale

Thermoelemente

RTDs

Dehnungsmessstreifen

Gleichtaktspannungen oder
hohe Spannungen

Lasterfordernde AC-
Umschaltung oder starker
Stromfluss

Signale mit HF-Rauschen

Signalkonditionierung

Verstärkung, Linearisierung,
Kaltstellenkompensation

Stromerregung, 4-Draht- und
3-Draht-Konfiguration,
Linearisierung

Spannungserregung,
Messbrückenkonfiguration,
Linearisierung

Trennverstärker

Elektromechanische Relais

Tiefpassfilter



Datenerfassungs-
karte

Signalkonditionierungsarten

Verstärkung

Filterung

Linearisierung

Messumwandleranregung

Messbrückenvervollständigung

Isolierung

Schalter, Multiplexer und Matrix

Signalkonditionierung

Verstärkung

• Filterung

• Linearisierung

• Messumwandleranregung

• Messbrückenvervollständigung

• Isolierung

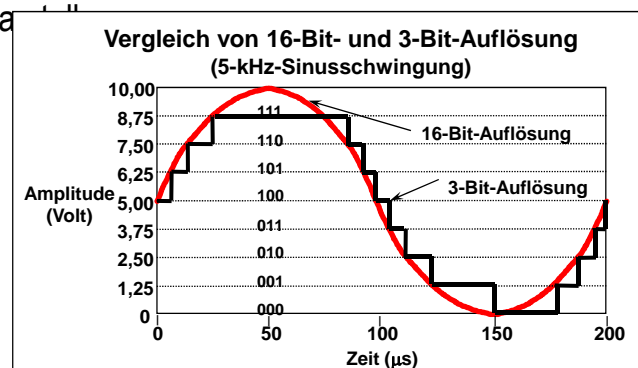
• Schalter, Multiplexer und Matrix

Auflösung

- Anzahl der Bit, die der Analog/Digital-Wandler benutzt, um ein analoges Signal zu repräsentieren
- Legt fest, wie viele diskrete Spannungswerte dargestellt werden können
- Beispiel: 12-Bit- und 16-Bit-Auflösung

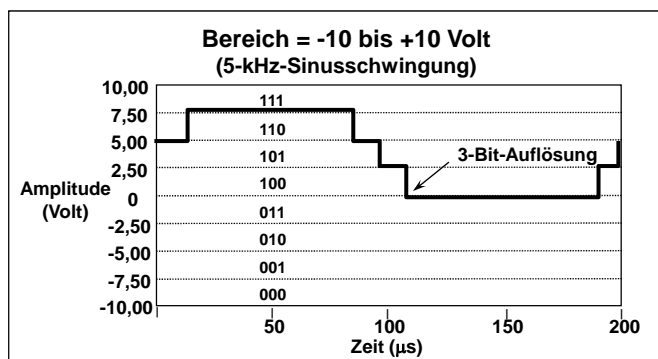
Auflösung

- 3-Bit-Auflösung kann 8 Spannungswerte darstellen
- 16-Bit-Auflösung kann 65.536 Spannungswerte darstellen



A/D-Wandlerbereich

Auflösung verteilt sich auf den A/D-Wandlerbereich

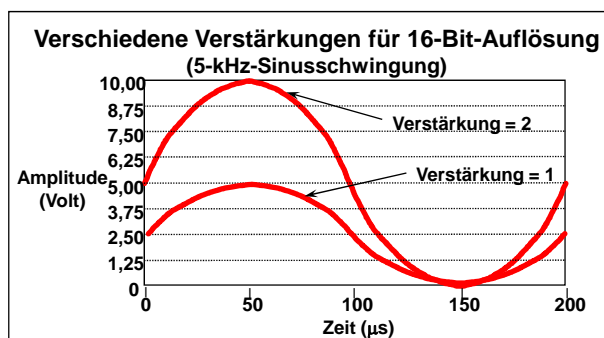


Verstärkung

Eingangssignal = 0 bis +5 Volt

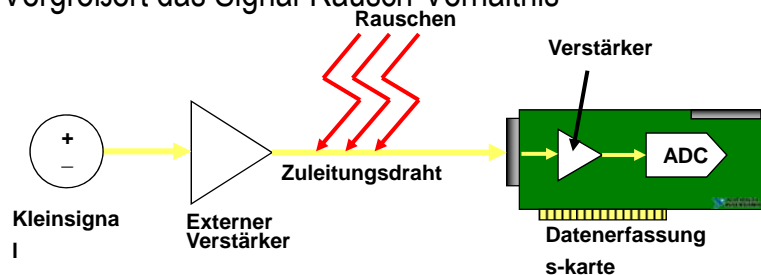
A/D-Wandlerbereich = 0 bis +10 Volt

Vergleich: Verstärkung = 1 und Verstärkung = 2



Verstärkung

- Bei Kleinsignalen (z. B. bei Thermoelementen)
- Maximiert die Nutzung des A/D-Wandlerbereichs und erhöht die Genauigkeit
- Vergrößert das Signal-Rausch-Verhältnis



Signal-Rausch-Verhältnis

- Großes Signal-Rausch-Verhältnis ist optimal
- Verstärkung möglichst nah an der Signalquelle, um Rauscheinflüsse zu minimieren

	Signalspannung	Sk*-Verstärkung	Rauschen auf Signalleitung	DAQ**-Kartenverstärkung	Digitalisierte Spannung	Signal-Rausch-Verhältnis
Verstärkung nur auf DAQ**-Karte	0,01 V	Keine	0,001 V	x100	1,1 V	10
Verstärkung in Sk* und DAQ**-Karte	0,01 V	x10	0,001 V	x10	1,01 V	100
Verstärkung nur in Sk*	0,01 V	x100	0,001 V	Keine	1,001 V	1000

* Sk = Signalkonditionierung

** DAQ = Datenerfassung

Code-Breite

- Code-Breite ist der kleinste messbare Spannungsunterschied
 - Abhängig von Auflösung, Wandlerbereich und Verstärkung

$$\text{Code-Breite} = \frac{\text{Bereich}}{\text{Verstärkung} * 2^{\text{Auflösung}}}$$

- Kleinere Code-Breite = präzisere Darstellung des Signals
- Beispiel: 12-Bit-Gerät, Wandlerbereich = 0 bis +10 V, Verstärkung

$$= 1 \frac{\text{Bereich}}{\text{Verstärkung} * 2^{\text{Auflösung}}} = \frac{10}{1 * 2^{12}} = 2,4 \text{ mV}$$

$$\text{Vergrößerung des Bereichs:} \quad \frac{20}{1 * 2^{12}} = 4,8 \text{ mV}$$

$$\text{Erhöhung der Verstärkung:} \quad \frac{10}{100 * 2^{12}} = 24 \mu\text{V}$$

Signalkonditionierung

- Verstärkung
- Filterung
- Linearisierung
- Messumwandleranregung
- Messbrückenvervollständigung
- Isolierung
- Schalter, Multiplexer und Matrix

Filterung

- Entfernt ungewolltes Rauschen in bestimmten Frequenzbereichen
 - Hochpass-, Tiefpass-, und Bandpassfilter
 - 50/60-Hz-Rauschen wird durch ein 4-Hz-Tiefpassfilter unterdrückt
 - Implementiert in Software oder Hardware
- Verhindert Aliasing
 - Frequenzen, die größer als die halbe Abtastfrequenz sind, müssen gefiltert werden
 - Filter muss in die Hardware implementiert werden

Berücksichtigungen beim Abtasten

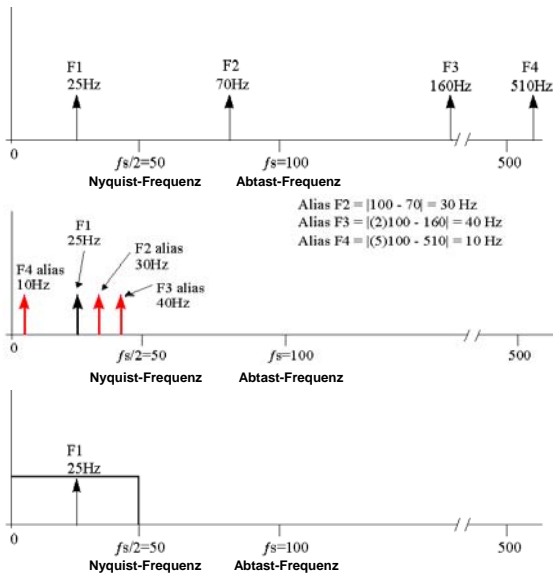
Angemessene Abtastrate



Aliasing infolge einer zu niedrigen Abtastrate



Aliasing



- Signale vor der Erfassung

- Signale nach der Erfassung ohne Antialiasing-Filter

- **Signale nach der Erfassung mit Antialiasing-Filter**

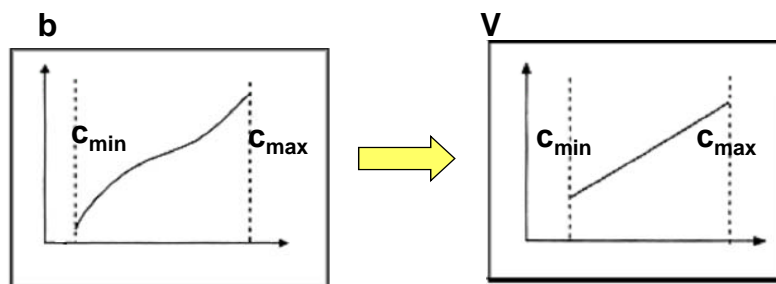
187

Signalkonditionierung

- Verstärkung
- Filterung
- Linearisierung
- Messumwandleranregung
- Messbrückenvervollständigung
- Isolierung
- Schalter, Multiplexer und Matrix

Linearisierung

- Konvertierung eines Eingangssignals in ein lineares Ausgangssignal
- Üblicherweise durch Software realisiert



Thermoelement-Linearisierung

- Das Temperatur-Spannung-Verhältnis eines Thermoelements ist nicht über den gesamten Betriebsbereich linear
 - Es besteht folgender Zusammenhang:
 - $T = a_0 + a_1V + a_2V^2 + \dots + a_nV^n$
 - Die a_x -Koeffizienten sind unterschiedlich je nach Thermoelement-Typ

Signalkonditionierung

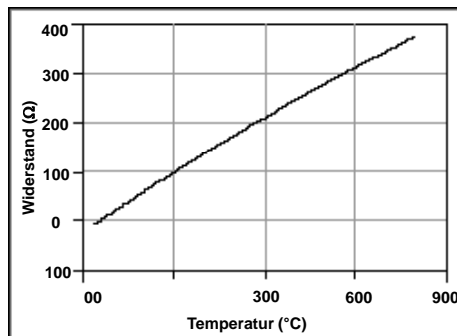
- Verstärkung
- Filterung
- Linearisierung
- **Messumwandleranregung**
- Messbrückenvervollständigung
- Isolierung
- Schalter, Multiplexer und Matrix

Messumwandleranregung

- **Passive Messumwandler erfordern das Anlegen einer Erregerspannung/eines Erregerstroms**
- **Wird von der Signalkonditionierungshardware zur Verfügung gestellt**
- **Beispiele:**
 - **RTD (Resistance Temperature Detector)**
 - **Thermistor**
 - **Dehnungsmessstreifen**
 - **Kraftmessdose**
 - **360°-Drehwinkelnehmer (Resolver)**

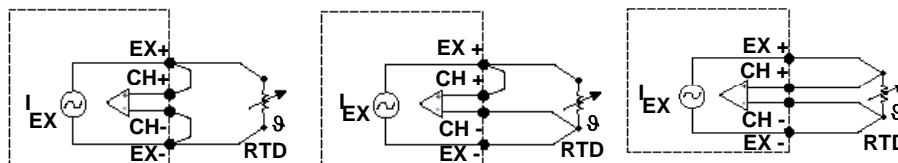
PT 100 (Widerstandsthermometer)

- Widerstand ist temperaturabhängig
 - 100 Ω bei 0 °C
- Benötigt Erregerstrom



2-, 3- und 4-Leitungsmessung

- Der durch den Zuleitungswiderstand erzeugte Fehler kann durch Verwendung einer 3-Leitungs- oder 4-Leitungsmessung verringert werden.



Signalkonditionierung

- Verstärkung
- Filterung
- Linearisierung
- Messumwandleranregung
- Messbrückenvervollständigung
- Isolierung
- Schalter, Multiplexer und Matrix

Dehnungsmessstreifen

- Der Widerstand des Dehnungsmessstreifens ändert sich durch Längen- oder Querschnittsänderung.

$$\text{Dehnung } \varepsilon = \frac{\text{Längenänderung } \Delta l}{\text{Ausgangslänge } l}$$

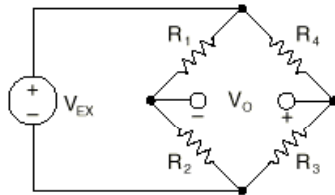
	Nennwiderstand in Ω	Proportionalitäts- faktor k	Maximal zulässige Dehnung in μD
Draht-DMS	120 600	Konst. 2,1 NiCr 2,2	5.000... 50.000
Folien-DMS	120 300 350 600	ca. 2	50.000... 80.000
Halbleiter-DMS	120 600	100... 160	3.000... 5.000...

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \varepsilon$$

k: Proportionalitätsfaktor

Wheatstonebrücke

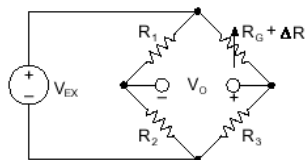
- Messung von Widerstandsänderungen (Ausschlagbrücke)
- Messung von Festwiderständen (Abgleichbrücke)
- Abgeglicherer Zustand: $R_1/R_2 = R_4/R_3 \rightarrow V_o = 0$



$$V_o = \left[\frac{R_3}{R_3 + R_4} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] \cdot V_{EX}$$

Viertelbrücke

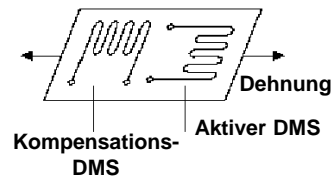
- Sensibel gegenüber Temperatureinflüssen
- Nicht linear



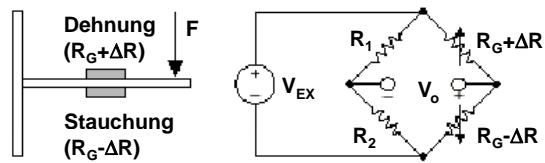
$$\frac{V_o}{V_{EX}} = - \frac{k \cdot \varepsilon}{4} \cdot \frac{1}{1 + k \cdot \frac{\varepsilon}{2}}$$

Halbbrücke

- Temperaturkompensation



- Verdoppelt die Diagonalspannung

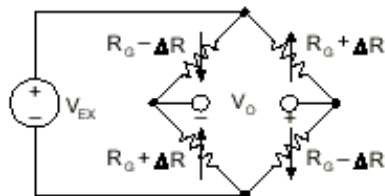


- Linear

$$\frac{V_o}{V_{EX}} = - \frac{k \cdot \epsilon}{2}$$

Vollbrücke

- Verdoppelt die Empfindlichkeit der Halbbrücke
- Temperaturkompensation
- Linear



$$\frac{V_o}{V_{EX}} = -k \cdot \epsilon$$

Signalkonditionierung

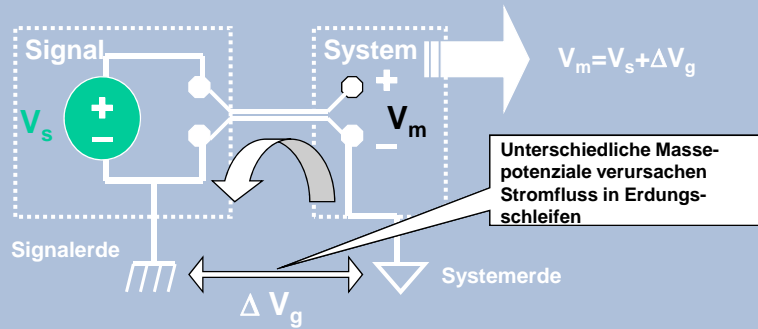
- Verstärkung
- Filterung
- Linearisierung
- Messumwandleranregung
- Messbrückenvervollständigung
- Isolierung
- Schalter, Multiplexer und Matrix

Isolierung

- Methode zum Eliminieren von leitenden Verbindungen zwischen verschiedenen elektrischen Systemen
 - Systeme haben keine gemeinsame Masse
- Gründe für Isolierung
 - Verhindert Erdschleifen
 - Bietet Schutz für Instrument und Bediener
 - Erhöht Gleichtaktspannungsbereich

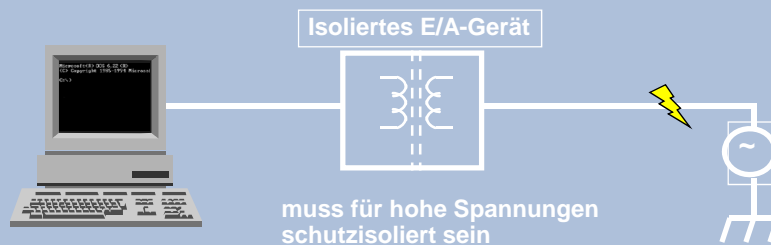
Warum Isolierung?

- Verhindert durch Erdschleifen verursachte Messfehler



Warum Isolierung?

- Schutz von Geräten und Benutzern



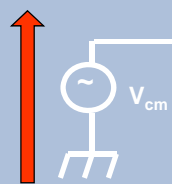
Warum Isolierung?

- Gleichtaktspannungsbereich

Gleichtaktspannung



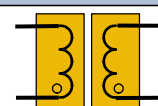
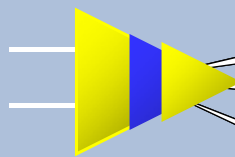
Ein nicht isolierter Verstärker besitzt einen kleinen Gleichtaktspannungsbereich



Der isolierte Verstärker hat einen größeren Gleichtaktspannungsbereich

Wie wird isoliert?

Trennverstärker



Elektromagnetisch

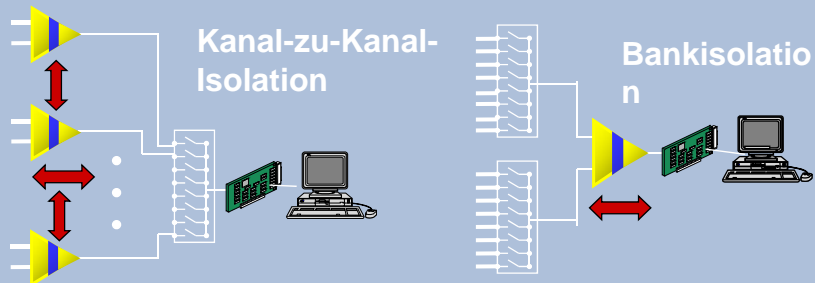


Kapazitiv



Optisch

Isolationsarchitektur

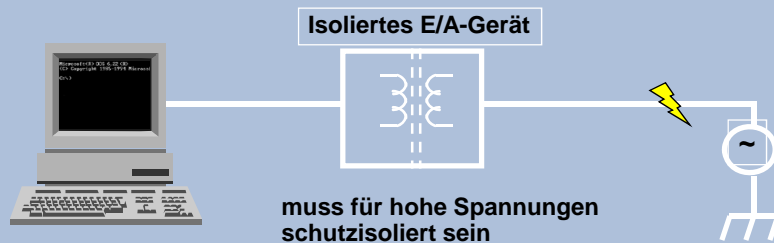


- Jeder Kanal hat einen eigenen Massebezug

- Kanäle mit gemeinsamer Masse
- Kostengünstig

Warum Isolierung?

- Schutz von Geräten und Benutzern



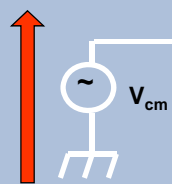
Warum Isolierung?

- Gleichtaktspannungsbereich

Gleichtaktspannung



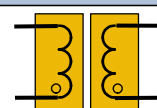
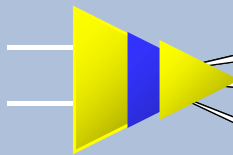
Ein nicht isolierter Verstärker besitzt einen kleinen Gleichtaktspannungsbereich



Der isolierte Verstärker hat einen größeren Gleichtaktspannungsbereich

Wie wird isoliert?

Trennverstärker



Elektromagnetisch

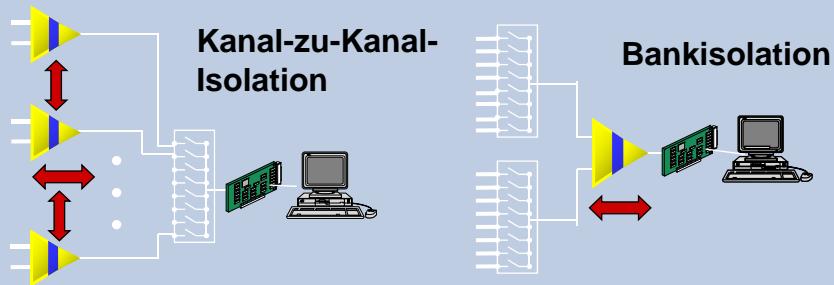


Kapazitiv



Optisch

Isolationsarchitektur



- Jeder Kanal hat einen eigenen Massebezug

- Kanäle mit gemeinsamer Masse
- Kostengünstig

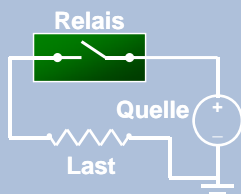
Signalkonditionierung

- Verstärkung
- Filterung
- Linearisierung
- Messumwandleranregung
- Messbrückenvervollständigung
- Isolierung
- Schalter, Multiplexer und Matrix

Relais

- Routen Signale von externen Geräten zur Datenerfassungskarte und umgekehrt
 - Mechanische Relais
 - Langsame Schaltgeschwindigkeit
 - Hohe Spannungen
 - Halbleiterrelais
 - Hohe Schaltgeschwindigkeit
 - Kleine Spannungen ($\pm 10V$)

Schalter, Multiplexer, Matrix



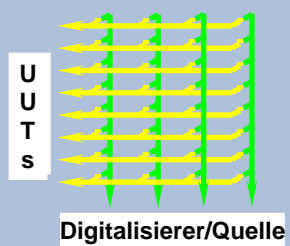
Universeller Schalter

- Schaltet Geräte an und aus



Multiplexer

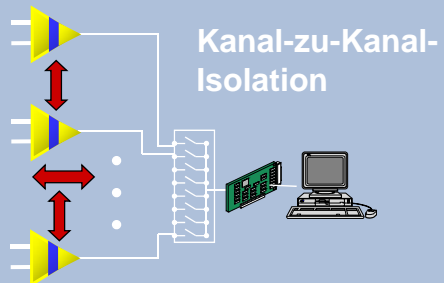
- Erweitert die Anzahl an Kanälen



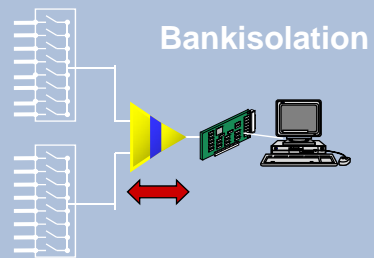
Matrix

- Routet Signale

Isolationsarchitektur



- Jeder Kanal hat einen eigenen Massebezug



- Kanäle mit gemeinsamer Masse
- Kostengünstig