



Messen statt schätzen - Signale einfach aufbereiten und richtig erfassen

*Ein Seminar von National Instruments zur
PC-gestützten Mess- und Automatisierungstechnik*

Steffen Hoog, Applikationsingenieur
Melanie Pütz

Ausgabe September 2001
Bestellnummer 350837A-01

© Copyright 2001 National Instruments Germany GmbH. Alle Rechte
vorbehalten.

Urheberrecht

Copyright © 2001 National Instruments Corporation. Alle Rechte vorbehalten.

Laut Urheberrecht darf diese Unterlage nicht ohne vorherige Genehmigung von National Instruments Corporation auf irgendeine Art elektronisch oder mechanisch - einschließlich Fotokopien, Aufnahmen, Speichern auf einem Datenwiedergewinnungssystem oder Übersetzung - ganz oder in Teilen vervielfältigt oder übertragen werden.

Warenzeichen

ActiveMath, Analysis Advisor, AutomationView, AutomationWeb, BioBench, BridgeVIEW, CodeBuilder, CodeLink, ComponentWorks, Citadel, CVI, CVI logo, DASYLab, DataSocket, DAQAnalyzer, DAQArb, DAQCard, DAQ Designer, DAQInstruments, DAQMeter, DAQScope, DAQPad, DAQPnP, DAQSourceCode, DAQ-STC, DAQValue, DAQWare, EagleWare, FieldPoint, Flex ADC, FlexFrame, FlexMotion, HiQ, HiQ-Script, HotPnP, HS488, IMAQ, InsideVIEW, Instrument Studio, Instrumentation Newsletter, InstrumentationWeb, Instrupedia, IVI, LabSuite, LabVIEW, Lookout, LabWindows/CVI, MANTIS, Measure, Measurement Ready logo, Measurement Suite, MicroGPIB, MIGA, MITE, National Instruments, National Instruments logo, natinst.com, ni.com, NAT4882, NAT7210, NAT9914, NI-488, NI-488M, NI-488.2, NI-488.2M, NI-CAN, NI-DAQ, NI Developers Suite, NI-DNET, NI-DSP, NI-FBUS, NI-IMAQ, NI-SHELL, NI-PGIA, NI-VISA, NI-VXI, NIWeek, PXI, PXI logo, PXI Configurator, RTSI, SCXI, SmartCode, SpectrumWare, StillColor, Take Measurements Not Estimates, TestStand, The Software is the Instrument, The Virtual Instrumentation Company, TIC, T&M Explorer, TNT4882, TNT4882C, TNT4882I, Turbo488, ValueMotion, VI UserNet, VirtualBench, VMEpc, VXI Integrator, VXIpc, VXIupdate, World Wide Instrumentation, Your Measurement and Automation Superstore sowie andere Namen, Logos, Icons und Marken, die Produkte von National InstrumentsTM kennzeichnen, sowie Services und Dienstleistungen hierin sind entweder Warenzeichen oder registrierte Warenzeichen von National Instruments und können nicht ohne die schriftliche Genehmigung von National Instruments verwendet werden. Andere Produkt- und Firmennamen sind die Warenzeichen oder Handelsbezeichnungen der jeweiligen Unternehmen.

Internet-Unterstützung

E-Mail: support@ni.com
FTP: [ftp.ni.com](ftp://ftp.ni.com)
Web-Adresse: <http://www.ni.com>
Support: <http://www.ni.com/support>
Deutschland: <http://www.ni.com/germany>
ni.germany@ni.com
Österreich: <http://www.ni.com/austria>
ni.austria@ni.com
Schweiz: <http://www.ni.com/switzerland>
ni.switzerland@ni.com

National Instruments Germany GmbH

Konrad-Celtis-Str. 79
81369 München
Tel.: 089 / 741 31 30
Fax: 089 / 714 60 35

National Instruments Ges.m.b.H

Plainbachstr. 12
A-5101 Salzburg-Bergheim
Tel.: (+ 43) 0662 / 45 79 90 0
Fax: (+ 43) 0622 / 45 79 90 19

National Instruments Switzerland

Sonnenbergstr. 53
CH-5408 Ennetbaden
Tel.: (+41) 056 / 200 51 51
022 / 980 05 11 (Genf)
Fax: (+41) 056 / 200 51 55

Internationale Niederlassungen

Australien 03 9 879 5166, Belgien 02 757 00 20, Brasilien 011 284 5011, China Hongkong 2645 3186/
Shanghai 21 6555 7838/ShenZhen 3904939, Dänemark 45 76 26 00, Deutschland 089 741 31 30,
Finnland 09 527 2321, Frankreich 1 48 14 24 24, Griechenland 01 42 96 427, Großbritannien 016 35 52 35 45,
Indien 80 527 54 06, Italien 02 413091, Japan 03 54 72 29 70, Kanada (Ontario) 905 785 00 85,
Kanada (Quebec) 514 694 85 21, Korea 02 596 74 56, Mexiko 5 520 2635, Neuseeland 09 914 04 88,
Niederlande 0348 43 34 66, Norwegen 32 84 84 00, Österreich 0662 45 79 90 0, Polen 022 528 94 06,
Schweden 08 730 49 70, Schweiz 056 200 51 51, Singapur 226 58 86, Spanien 91 640 00 85, Südafrika 082
877 8530, Taiwan 02 377 12 00, Venezuela (Toll Free Kolumbien: 980 9 13 30 92, Peru: 001 800 433 34 88,
Puerto Rico: 800 433 34 88, Venezuela: 800 1 44 66)

National Instruments' Firmenhauptsitz

11500 N Mopac Expwy, Austin, TX 78759-3504, USA - Tel: 001 512 683-0100

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Vorwort..... | 4 |
| National Instruments stellt sich vor..... | 5 |
| Computergestütztes Messen und Automatisieren..... | 6 |
| Datenerfassungssystem und die daran gestellten Anforderungen..... | 9 |
| Signalkonditionierungsarten..... | 12 |
| Verstärkung..... | 14 |
| Filterung..... | 22 |
| Linearisierung..... | 26 |
| Messumwandleranregung..... | 29 |
| Messbrückenvervollständigung..... | 33 |
| Isolierung..... | 40 |
| Schalter, Multiplexer und Matrix..... | 48 |
| Signalkonditionierungshardware..... | 52 |
| SCXI..... | 53 |
| Kombination (PXI/SCXI)..... | 54 |
| SCC..... | 55 |
| Anschlusstechnik..... | 56 |
| Konfigurationswerkzeug (MAX)..... | 57 |
| Anwendungssoftware..... | 58 |
| LabVIEW..... | 58 |
| Measurement Studio..... | 60 |
| LabWindows/CVI..... | 61 |
| DIAdem..... | 62 |
| Kooperation von National Instruments und Siemens..... | 63 |
| LabVIEW und WinAC..... | 63 |
| Support, Schulungen, Alliance Partner..... | 64 |
| Literaturverzeichnis..... | 67 |

Vorwort

Längst ist jegliche Messtechnik, in welcher Form auch immer, PC-zentriert. Sprach man bisher vom computergestützten Messen als eine separate Ausprägung der allgemeinen Messtechnik, mit allem, was man damit assoziierte, so ist heute der Begriff „Messtechnik“ gleichzeitig ein Synonym für das Messen mittels PCs. Da jedes PC-System, einschließlich der darin enthaltenen Messhard- und -software, mit dem Anwender in Interaktion treten muss, besteht bei modernen Systemen die Schnittstelle zwischen Mensch und Messtechnik längst nicht mehr aus schwergängigen Drehknöpfen oder kantigen Schaltern, sondern aus ergonomisch optimierten Ein- und Ausgabegeräten. Kurz: Die Software tritt immer mehr in den Vordergrund.

Wie aber gelangt das ursprüngliche physikalische Phänomen in den Rechner? Gerade dieser Aspekt gerät immer mehr in den Hintergrund, obwohl er doch so entscheidend für eine aussagefähige Bewertung des Ursprünglichen ist. Was aber auf dem Weg vom Sensor zum Messgerät hier einmal verloren gegangen ist, kann nicht wieder gutgemacht werden. So wundert es einen nicht, wenn heute oft anstatt „gemessen“ lediglich einigermaßen präzise geschätzt wird. Solch eine Formulierung klingt provokativ und stößt beim Anwender kaum auf Zustimmung, da ihm diese Tatsache oft nicht bewusst ist. Gerne lässt er sich hier von den Spezifikationen der High-End-Geräte und der ansprechenden Soft-Schnittstelle blenden und verdrängt dabei die Grundlagen der Elektrotechnik, wie beispielsweise verlustbehaftete Leiter, Störeinflüsse, Isolation etc. Diese Einflüsse und ihre Auswirkungen auf das Messergebnis sollen in diesem Seminar näher betrachtet werden. Hierbei wird insbesondere auf die Auswahl geeigneter Signalvorverarbeitung anhand des SCXI-Systems von National Instruments (SCXI = Signal Conditioning eXtensions for Instrumentation) eingegangen.

Mit diesem Seminar haben wir uns zum Ziel gesetzt

- sinnvolle Anwendungsbereiche der Signalkonditionierung und die mit ihr verbundenen Vorteile aufzuzeigen,
- einen Einblick in die Signalkonditionierungskomponenten zu geben,
- die vorgestellten technischen Grundlagen anhand von praktischen Beispielen mit LabVIEW, DIAdem und Measurement Studio zu vertiefen.

Damit dieses Seminar für Sie so informativ wie möglich ist, bitten wir Sie, Fragen zu stellen und von Ihren eigenen Erfahrungen und Anwendungen zu berichten.



Dipl.-Ing. Rahman Jamal

Technischer und Marketing-Direktor, National Instruments Germany GmbH

National Instruments (NI)

- Ermöglicht es seinen Kunden, Lösungen im Bereich der computergestützten Mess- und Automatisierungstechnik zu erstellen
 - *Kurze Entwicklungszeit*
 - *Kostengünstig*
 - *Hohe Flexibilität*
- Nutzt das Internet für eine neue Generation von Mess- und Automatisierungslösungen
 - *Bietet mehr Möglichkeiten als traditionelle Instrumente*



ni.com



Seit mehr als 20 Jahren revolutioniert National Instruments (NI) die Arbeitsweise von Naturwissenschaftlern und Ingenieuren. Diese Revolution besteht darin, dass NI ihnen die Möglichkeit bietet, auch für ihre Mess- und Automatisierungslösungen die Leistungsfähigkeit des PCs zu nutzen. NI bietet die Hard- und Software, die PCs in leistungsstarke computer- und netzwerkgestützte Mess- und Automatisierungssysteme verwandelt. Damit verändert sich die Art und Weise wie Messungen durchgeführt werden.

Bei der Entwicklung eines computergestützten Systems können die Computerplattform, die Hard- und Software sowie das jeweilige Zubehör den Anforderungen entsprechend miteinander kombiniert werden. Wenn das System einmal erstellt ist, kann es mühelos neuen Herausforderungen angepasst und konfiguriert werden. So lassen sich nicht nur neue Anwendungen entwickeln, auch bereits existierende können abgeändert werden, ohne dass zusätzliche Werkzeuge angeschafft werden müssten.

Ein weiterer Vorteil ist, dass sich Hard- und Software in Computernetzwerke integrieren lassen und somit Messdaten weltweit via Internet/Intranet zur Verfügung stehen.

Anwendungsbereiche



Telekommunikation Automobilindustrie Halbleitbereich Elektronik Computerindustrie

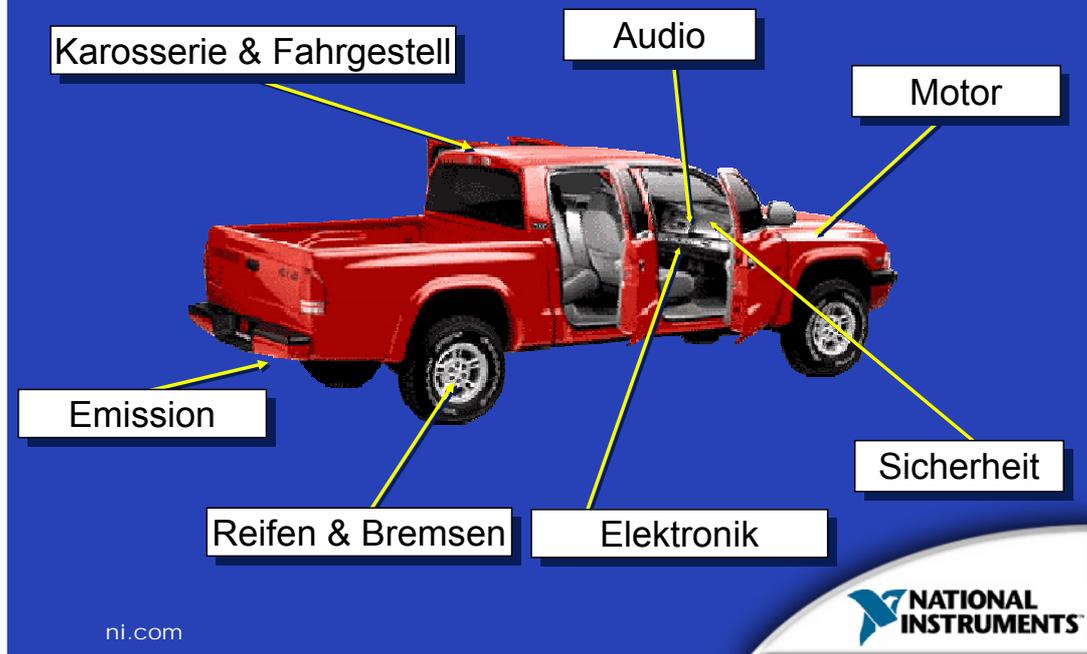
Militär/Raumfahrt Forschung Petrochemie Lebensmittel- und Textilindustrie

ni.com



PC-basierte Mess- und Automatisierungstechnik wird in vielen verschiedenen Branchen eingesetzt. Ob in der Geräte-, Halbleiter-, optischen oder akustischen Prüfung, Maschinensteuerung, Forschung oder in anderen Bereichen – überall da, wo Daten erfasst, digitalisiert, analysiert und/oder dargestellt werden müssen, sind computergestützte Mess- und Automatisierungslösungen zu finden.

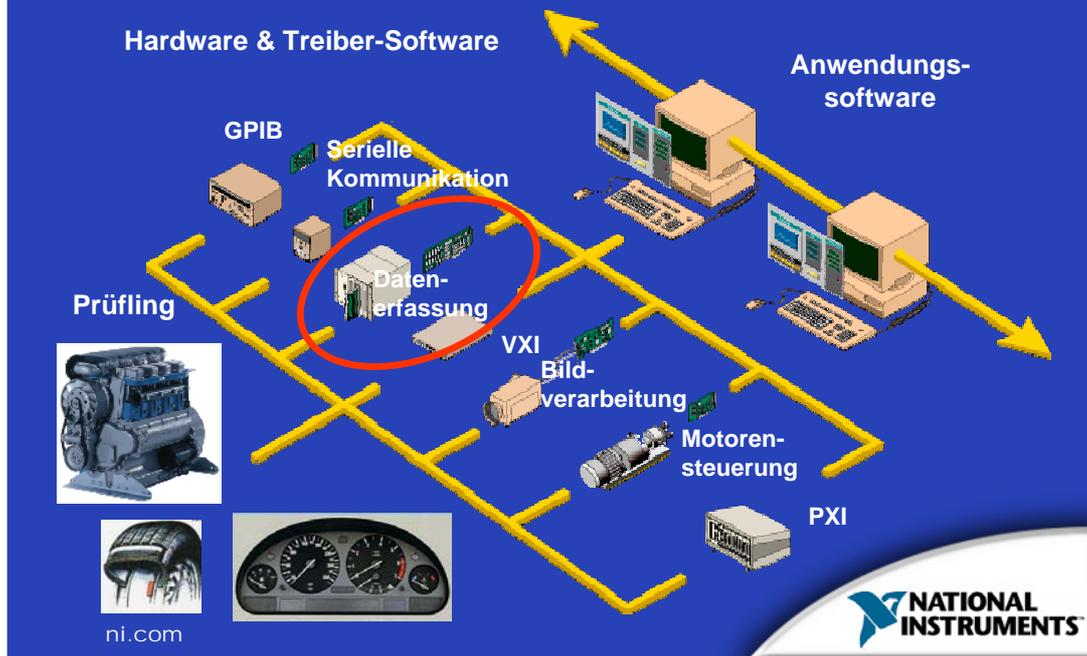
Anwendungsbeispiel (Automobil)



In der Automobilindustrie wird, wie in anderen Industriezweigen auch, geforscht, entwickelt, getestet und letzten Endes auch produziert. Alle vier Stadien werden zum einen von den einzelnen Komponenten, wie Motor, Reifen, Beleuchtung, Batterie, ABS usw. und zum anderen vom Endprodukt (Automobil) durchlaufen. Zu jedem Zeitpunkt der Automobilherstellung werden Messdaten erfasst und ausgewertet oder Abläufe gesteuert.

Aufgrund des steigenden Wettbewerbs werden immer flexiblere, schnellere und hochwertigere Mess- und Automatisierungslösungen benötigt. Mit computergestützten Lösungen werden die Kosten und die Zeit für die Entwicklung der Produkte bei steigender Produktqualität reduziert.

Computergestützte MSR-Technik

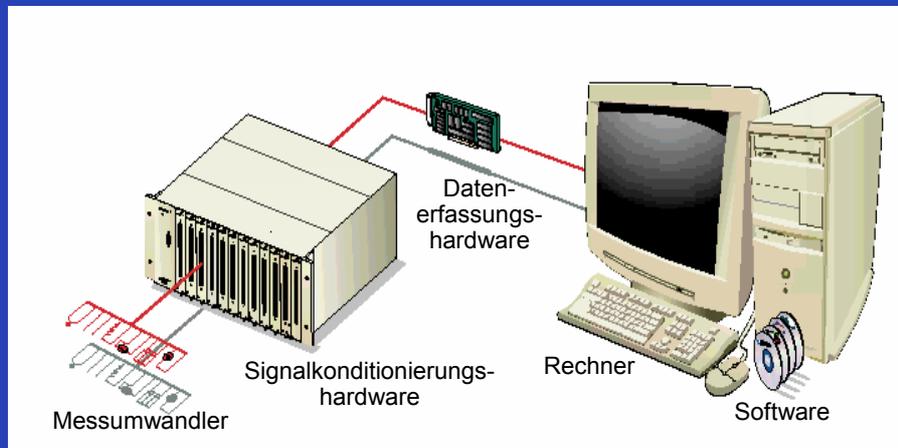


Für das Testen von Prüflingen müssen unterschiedlichste Messdaten erfasst werden. Dafür bietet die computergestützte Mess- und Automatisierungstechnik (MSR-Technik) diverse Möglichkeiten. Zum einen kann Hardware für Bildverarbeitung sowie für Motorensteuerung eingesetzt werden. Des Weiteren können externe Instrumente mit Hilfe von Schnittstellenmodulen eingebunden und auch physikalische Größen wie z. B. Temperatur oder Druck mit Hilfe von Sensoren, Signalkonditionierung und Datenerfassungshardware gemessen werden.

Letztendlich werden die Messdaten mit Unterstützung des Treibers und der Anwendungssoftware erfasst, analysiert und dargestellt.

Auf den folgenden Seiten wird das Thema Signalkonditionierung behandelt. Dazu wird zunächst auf den Aufbau eines Datenerfassungssystems und die daran gestellten Anforderungen eingegangen. Anschließend werden verschiedene Signalkonditionierungsarten u. a. anhand von Anwendungsbeispielen erläutert.

Typisches Datenerfassungssystem



ni.com



Ein computergestütztes Datenerfassungssystem besteht aus den folgenden Hauptkomponenten:

dem **Messumwandler**, der physikalische Eigenschaften misst,

der **Signalkonditionierungshardware**, die die Genauigkeit und Richtigkeit von Messungen verbessert,

der **Datenerfassungshardware**, die die Analogsignale digitalisiert,

dem **Rechner inklusive Software**, der die Plattform für die Analyse und Darstellung der Daten bietet.

Anforderungen des Anwenders

- Jeder Anwender hat verschiedene Anforderungen:
 - Anschlusstechnik
 - Programmierbarkeit
 - Erweiterbarkeit
 - Kalibrierung
 - Softwareintegration
 - Hardwareintegration

ni.com



Um sicherzustellen, dass das Datenerfassungssystem seinen Zweck erfüllt, sollte man das Ziel des Anwenders immer vor Augen haben. Einige der Fragen, die man sich stellen sollte, sind: Wie einfach können Signale angeschlossen werden? Wer entwickelt das System? Von wie vielen verschiedenen Lieferanten werde ich Produkte für dieses System beziehen?

Diese Bedürfnisse der Kunden sind ein wichtiges Hilfsmittel bei der Suche nach der geeigneten Hardware und Software für das System. Die folgenden Punkte sind häufig genannte Wünsche von Kunden:

Anschluss technik – die verschiedenen Möglichkeiten, Signale an das Messsystem anzuschließen (z. B. BNC-, SMA-, Thermoelementanschlüsse und Anschlussblöcke mit Schraub- und Klemmtechnik)

Programmierbarkeit – die Möglichkeit, Kanalverstärkung, Filterparameter und Anregung individuell per Software zu konfigurieren.

Erweiterbarkeit – das mühelose Einbinden weiterer Kanäle zur Anpassung an eventuelle neue Anforderungen des Projekts.

Kalibrierung – zur Sicherung der Messgenauigkeit bei veränderter Umgebung.

Softwareintegration – die Möglichkeit, die Anwendung mit denselben Softwarewerkzeugen zu konfigurieren, zu entwickeln und zu prüfen.

Hardwareintegration – die Möglichkeit, mehrere I/O-Typen (z. B. Analogeingang, Analogausgang, Digital-I/O und Filter) in ein und dasselbe System zu integrieren.

Anwendungsanforderungen

- Die Anwendung legt den Bedarf an Signalkonditionierung fest:
 - Hohe Kanalanzahl
 - Kleinsignale
 - Reduzieren von Rauschen
 - Besondere Anforderungen einiger Messumwandler
 - Schutz des Systems
 - ...

ni.com



Die unterschiedlichen Signal- und Sensorarten erfordern auch verschiedene Signalkonditionierungseigenschaften. Hierbei ist es wichtig zu wissen, welche Signalkonditionierungstechnologien für die jeweilige Anwendung benötigt werden. Nach der Ermittlung, welchen Nutzen die verschiedenen Konditionierungsarten für eine Applikation haben, lässt sich schnell feststellen, welche für das System am besten geeignet ist. Häufig gestellte Anforderungen sind u. a.:

Hohe Kanalanzahl – wenn die getrennte Digitalisierung eines jeden einzelnen Kanals zu kostenaufwändig wird

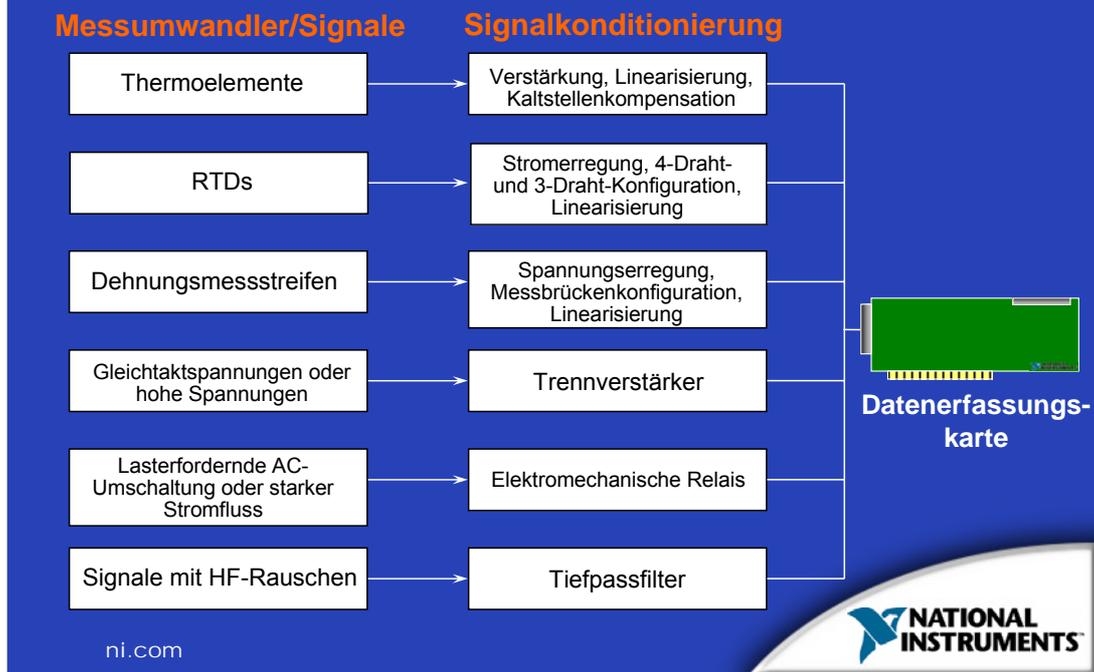
Kleinsignale – wenn die Amplitude des Signals im Vergleich zur Bereich des A/D-Wandlers sehr klein ist

Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses – wenn die Amplitude des Signals mit dem Rauschpegel vergleichbar ist

Besondere Anforderungen einiger Messumwandler – wie z. B. Anregung, Messbrückenvervollständigung und Linearisierung

Schutz des Systems – vor Überspannung und Überstrom

Erforderliche Signalkonditionierung



Es gibt unterschiedlichste Arten der Signalkonditionierung, die alle verschiedenen Zwecken dienen. Aus diesem Grund ist es wichtig, zuallererst herauszufinden, welche Arten der Signalkonditionierung für das geplante System erforderlich sind.

In der obigen Abbildung sind einige der gebräuchlichsten Messumwandler/Signaltypen und ihre Signalkonditionierungsarten dargestellt, welche notwendig sind, um die Signale mit der größten Genauigkeit und Richtigkeit messen zu können.

Signalkonditionierungsarten

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

ni.com



In Bezug auf die genannten Anforderungen an Applikationen, stehen folgende Signalkonditionierungslösungen zur Verfügung:

Verstärkung – erhöht den Wert der Amplitude und steigert die Genauigkeit der Messungen durch optimale Nutzung des A/D-Wandlerbereichs

Filterung – entfernt unerwünschtes Rauschen und vermeidet Aliasing (Aliasing: Fehlinterpretation von Signalen oberhalb der halben Abtastfrequenz)

Linearisierung – Umformung eines nicht linearen Zusammenhangs der Ausgangssignale des Messwertaufnehmers in einen linearen Zusammenhang

Messumwandleranregung und Brückenvervollständigung – Beispiele für besondere Anforderungen des Messumwandlers (Anregung ist eine Notwendigkeit für passive Sensoren)

Isolierung – verhindert Erdschleifen und sorgt für die Sicherheit des Systems.

Schalter, Multiplexer und Matrix – reduziert Kosten und bietet Flexibilität für Anwendungen mit hoher Kanalanzahl

Signalkonditionierung

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

ni.com



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

Anzahl der Spannungswerte = $2^{\text{Auflösung}} = 2^{12} = 4.096$ Werte

Anzahl der Spannungswerte = $2^{\text{Auflösung}} = 2^{16} = 65.536$ Werte

ni.com



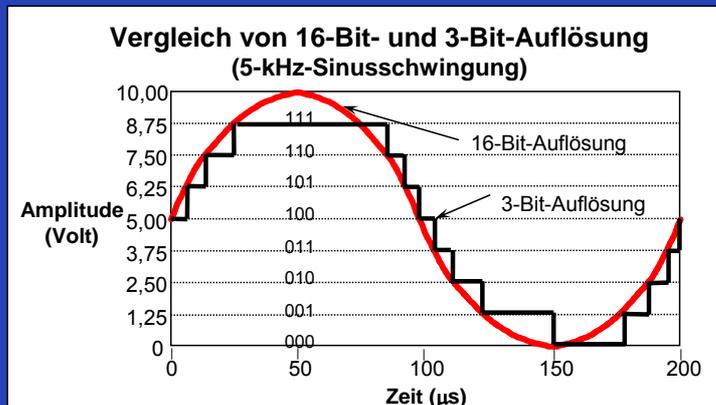
Bevor näher auf die Verstärkung eingegangen wird, sollen für das bessere Verständnis an dieser Stelle noch die Begriffe Auflösung und A/D-Wandlerbereich erläutert werden.

Ein A/D-Wandler stellt ein digitalisiertes Analogsignal durch Binärzahlen dar. Die Anzahl der zur Verfügung stehenden Binärwerte lässt sich mit der Formel $2^{\text{Auflösung}}$ berechnen, wobei sich die Auflösung auf die Anzahl der Bit, die der A/D-Wandler zur Ausgabe eines Signals nutzen kann, bezieht. Ein A/D-Wandler mit einer Auflösung von 3 Bit kann einem analogen Wertebereich $2^3 = 8$ Binärwerte zuordnen, während ein A/D-Wandler mit einer Auflösung von 12 Bit 4.096 und einer mit einer 16-Bit-Auflösung 65.536 Werte darstellen kann.

Übliche A/D-Wandler bieten zwar eine Auflösung von mehr als 3 Bit, aber der Einfachheit halber soll im Folgenden von einem 3-Bit-Wandler ausgegangen werden. Der niedrigste Spannungswert würde demnach 000 entsprechen, der nächsthöhere 001, usw. Der Wert 111 wäre dann der Höchstwert. Diese Auflösung genügt jedoch im Allgemeinen nicht für die korrekte Darstellung eines Signals.

Auflösung

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



ni.com

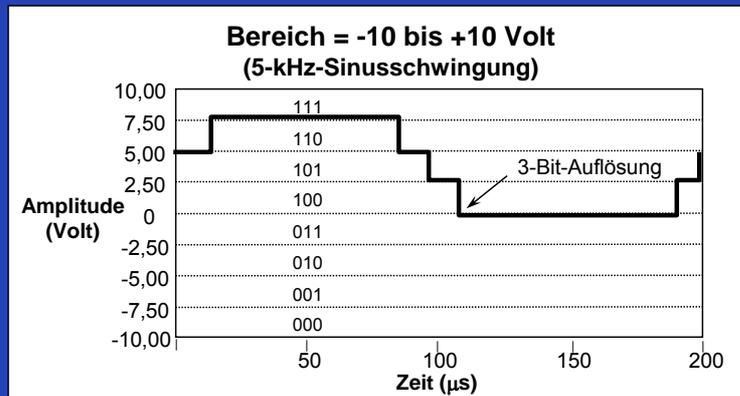
NATIONAL
INSTRUMENTS

Obige Abbildung repräsentiert ein von zwei A/D-Wandlern mit unterschiedlicher Auflösung digitalisiertes Sinussignal. Es werden ein 3-Bit- und ein 16-Bit-Wandler miteinander verglichen. Wie bereits erwähnt, kann ein 3-Bit-Wandler 8 diskrete Spannungswerte ausgeben. Ein 16-Bit-Wandler kann bis zu 65.536 Werte darstellen. Wie in der Abbildung zu erkennen ist, sieht ein Sinussignal, das mit einer Auflösung von 3 Bit ausgegeben wurde, eher wie eine Treppenfunktion aus, da nur acht Zustände visualisiert werden können. Mit der Auflösung von 16 Bit erhalten wir eine viel bessere Darstellung der Sinuskurve.

Der Begriff "Auflösung" wird häufig mit der Bilddarstellung am Fernsehschirm erklärt. Je höher die Auflösung des Bildschirms, desto mehr Pixel (Bildpunkte) stehen zur Darstellung des Bildes zur Verfügung. Je mehr Pixel vorhanden sind, desto besser ist das Bild. Auch anhand der Farbauflösung des Computer-Monitors lässt sich der Begriff erklären. Werden z. B. nur 16 Farben zur Bilddarstellung genutzt, ist das Bild unruhig und von schlechter Qualität. Verwendet man jedoch eine Farbtiefe von 16-Bit (65.536), ist das Bild ruhig und qualitativ hochwertig. Die Auflösung eines A/D-Wandlers ist immer fest vorgegeben und hängt vom eingesetzten Datenerfassungsgerät ab.

A/D-Wandlerbereich

- Auflösung verteilt sich auf den A/D-Wandlerbereich



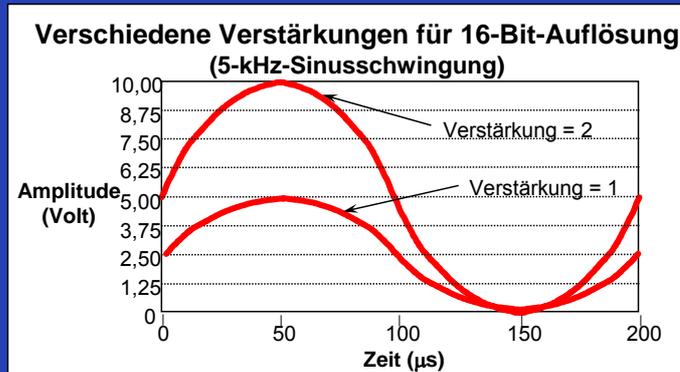
ni.com



Um die Auflösung des A/D-Wandlers optimal nutzen zu können, ist es wichtig, einen geeigneten Wandlerbereich auszuwählen. Im Folgenden soll dies anhand einer Sinuskurve und einem 3-Bit-Wandler erklärt werden. Aufgrund schlechter Auflösung wird das Sinussignal nicht gut dargestellt. Eine unpassende Bereichsauswahl kann die Darstellung jedoch noch verschlechtern. Die oben abgebildete Sinuskurve hat einen Minimalwert von 0 V und einen Maximalwert von +10 V. Wenn der Wandlerbereich auf 0 V bis +10 V festgelegt wird, erhält man 8 verschiedene Spannungswerte, mit denen die Kurve dargestellt werden kann. Wenn man den Bereich jedoch von -10 V bis +10 V setzt, kann man das Signal mit nur 4 Spannungswerten darstellen, da die anderen 4 Werte für den Bereich von -10 V bis 0 V gebraucht werden. Der kleinste erkennbare Wert läge dann nicht mehr bei 1,25 V sondern bei 2,5 V und die Sinuskurve würde wesentlich schlechter dargestellt. Jedoch kann nicht immer der exakte Bereich ausgewählt werden. Wenn die Sinuskurve z. B. im Bereich von -2 V bis 8 V liegt, kann der Bereich nicht auf 0 V bis 10 V festgesetzt werden, da die Kurve Werte außerhalb dieses Bereiches aufweist. Daher müsste man den Bereich auf -10 V bis +10 V festlegen, auch wenn dies die Darstellung erheblich verschlechtert.

Verstärkung

- Eingangssignal = 0 bis +5 Volt
- A/D-Wandlerbereich = 0 bis +10 Volt
- Vergleich: Verstärkung = 1 und Verstärkung = 2



ni.com

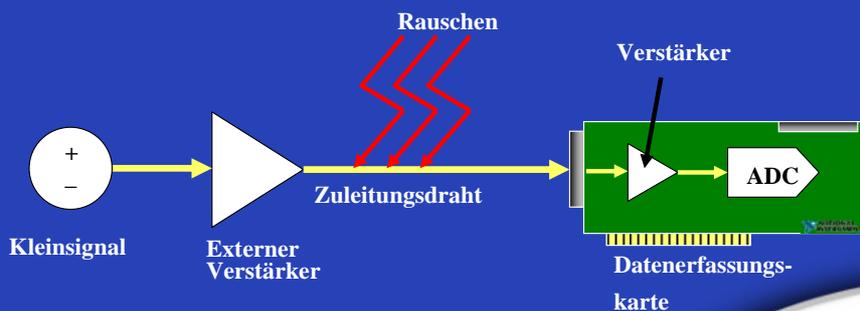


Die Verstärkung eines Analogeingangssignals kann mit der Verstärkung der menschlichen Stimme mittels eines Mikrofons verglichen werden. Spricht man in einem Stadion vor 100.000 Zuhörern ohne Mikrophon, werden wohl sehr wenige von ihnen hören, was man sagt. Verstärkt man jedoch die Stimme mittels eines Mikrofons, kann der Großteil der Anwesenden das Gesprochene verstehen.

Ähnlich ist es bei der Verwendung von Sensoren. Ein kleines Signal wird nicht den gesamten Eingangsbereich des A/D-Wandlers nutzen, es sei denn, das Signal wird zuvor verstärkt. Der Effekt einer solchen Verstärkung soll im Folgenden näher betrachtet werden. Angenommen, man hat eine Sinuskurve von 0 V bis +5 V und einen A/D-Wandlerbereich von 0 V bis +10 V. Wie in der Abbildung zu sehen ist, würde man bei einem Verstärkungsfaktor von 1 – also ohne Veränderung des Signals – nur die Hälfte des Bereiches und damit auch nur die Hälfte der Auflösung nutzen. Ist der Verstärkungsfaktor jedoch 2, erhält man eine Sinuskurve mit einem Bereich von 0 V bis +10 V, also mit doppelter Amplitude. Jetzt liegt das Signal genau im erwünschten Bereich, so dass die komplette Auflösung genutzt wird. Hätte man jedoch eine Sinuskurve im Bereich von 0 V bis +6 V und einen A/D-Wandlerbereich von 0 V bis +10 V, so könnte das Signal nicht mit dem Faktor 2 verstärkt werden, da die Kurve dann im Bereich von 0 V bis +12 V läge, was den A/D-Wandler-Bereich überschreiten würde. Das heißt, der einzig mögliche Verstärkungsfaktor wäre hier 1.

Verstärkung

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



ni.com

NATIONAL
INSTRUMENTS

Die Verstärkung ist eine Methode, den Wert der Amplitude eines von einem Messwertaufnehmer erfassten Signals zu vervielfachen. Dies ist erforderlich, um kleine Signale optimal an den Wandlerbereich des A/D-Wandlers anzupassen. Ein typisches Beispiel für die Nutzung der Verstärkung sind Systeme mit Thermoelementen. Thermoelemente liefern Spannungen im Millivoltbereich. Wird das Signal direkt vom Thermoelement an das Datenerfassungsgerät geleitet und nicht verstärkt, wird eine Veränderung der Temperatur um ein oder zwei Grad unter Umständen nicht vom System berücksichtigt. Verstärkt man das Signal jedoch, ist es besser an den Erfassungsbereich des Datenerfassungsgeräts angepasst und kann daher auch besser gemessen werden. Das Signal kann entweder im Datenerfassungsgerät selbst oder extern verstärkt werden. Im Datenerfassungsgerät wird jedoch nicht nur das Signal, sondern auch das Rauschen verstärkt, welches das Signal auf dem Weg zur Karte überlagert hat. Um den Anteil des Rauschens, der ebenfalls verstärkt wird, zu reduzieren, sollte sich der Verstärker so nah wie möglich an der Signalquelle (Sensor) befinden. Daher ist es häufig vorteilhafter, wenn die Verstärkung extern geschieht. Im Folgenden sollen die Vorteile der externen Verstärkung mittels des Signal-Rausch-Verhältnisses näher erläutert werden.

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

ni.com



Mithilfe des Signal-Rausch-Verhältnisses lässt sich feststellen, in welchem Verhältnis die Signalamplitude zur Rauschamplitude steht. Dies errechnet sich aus dem Spannungswert des verstärkten Signals geteilt durch den Spannungswert des verstärkten Rauschens. Je größer das Signal-Rausch-Verhältnis, desto besser. Wie in der obigen Abbildung zu sehen ist, ist das Signal-Rausch-Verhältnis am besten, wenn die Verstärkung direkt an der Signalquelle stattfindet, und am schlechtesten, wenn das Signal erst auf der Datenerfassungskarte verstärkt wird.

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

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

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

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

ni.com



Den kleinsten messbaren Spannungsunterschied des Eingangssignals bezeichnet man als Code-Breite. Je kleiner diese ist, desto besser ist die Darstellung des Signals. Die Code-Breite wird bestimmt durch die Auflösung, den Wandlerbereich und die Verstärkung und wird nach folgender Formel berechnet:

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

- Größere Auflösung → kleinere Code-Breite → bessere Darstellung des Signals
- Größere Verstärkung → kleinere Code-Breite → bessere Darstellung des Signals
- Größerer Bereich → größere Code-Breite → schlechtere Darstellung des Signals

Ein 12-Bit-Gerät mit einem Wandlerbereich von 0 V bis +10 V und einer Verstärkung von 1 verfügt z. B. über eine Code-Breite von 2,4 mV. Wird der Wandlerbereich auf -10 V bis +10 V geändert, vergrößert sich die Code-Breite auf 4,8 mV.

Wählt man statt dessen eine Verstärkung von 100, beträgt die Code-Breite nur noch 24 μV .

Signalkonditionierung

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

ni.com



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

ni.com



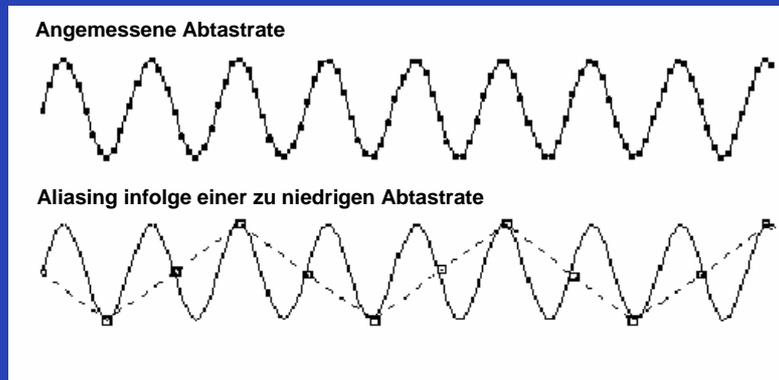
Eine gebräuchliche, aber oft übersehene Signalkonditionierungstechnologie ist das Filtern. Hierbei werden unerwünschte Signalanteile entfernt. Da die Filterung im Allgemeinen konfigurierbar ist, kann genau bestimmt werden, welche Signalkomponenten zum Digitalisierer gelangen und welche herausgefiltert werden sollen. Es gibt eine Vielzahl verschiedener Filtertypen, von denen jeder andere Eigenschaften besitzt.

Die Filterung wird hauptsächlich zur Eliminierung von Rauschen eingesetzt. Als Rauschen bezeichnet man alles, was ursprünglich nicht Bestandteil des Signals war. So können beispielsweise Stromleitungen, die sich im Gebäude befinden, ein Rauschen von 50/60 Hz erzeugen, welches das Signal beeinflusst. Misst man z. B. sich nur langsam verändernde Signale, kann man ein Tiefpassfilter so konfigurieren, dass es alle Signale, die über einer bestimmten Frequenz liegen, herausfiltert. Auf diese Weise kann das von der Störquelle erzeugte Rauschen herausgefiltert und das Signal trotzdem problemlos gemessen werden.

Eine weitere Anwendung von Filtern ist das Verhindern von Aliasing. Dieser Effekt entsteht bei der A/D-Wandlung durch unerwünschte hochfrequente Signalanteile und lässt sich nur mittels Anti-Aliasing-Filtern vermeiden.

Berücksichtigungen beim Abtasten

- Abtastrate – Frequenz der A/D-Konvertierungen
- Nyquist-Theorem



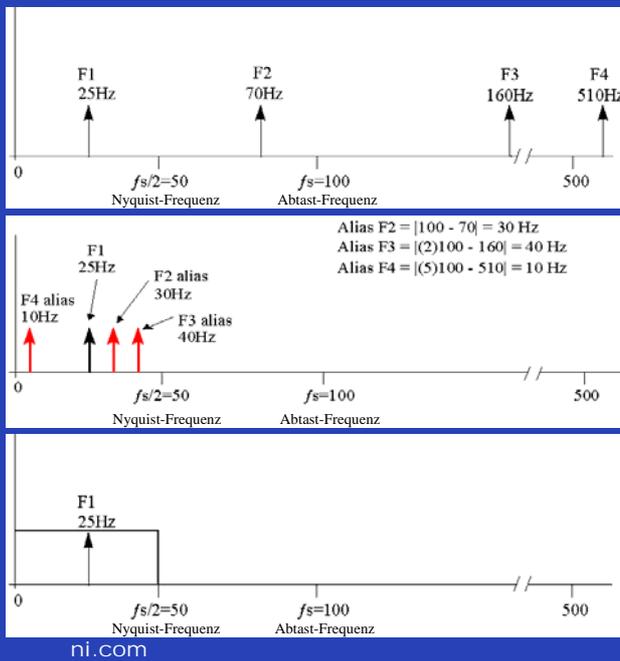
ni.com

 NATIONAL
INSTRUMENTS

Wird ein Signal zu langsam abgetastet, wird die dargestellte Frequenz wesentlich niedriger sein als diejenige, die das Signal tatsächlich aufweist. Gemäß dem Nyquist-Theorem muss die Abtastrate mindestens doppelt so hoch sein, wie die maximale Frequenz, die das Signal aufweist. Signalanteile mit Frequenzen oberhalb der halben Abtastfrequenz erscheinen nach dem Abtasten als niederfrequente Anteile. Diese Fehlinterpretation einer Signalfrequenz wird als Aliasing bezeichnet. Zwar erscheint dieser Effekt auf den ersten Blick harmlos, doch können auf diese Weise andere Frequenzanteile des Signals verstärkt werden, so dass Fehler in der Messung entstehen. Das Problem hierbei ist, dass es keine simple Methode gibt, mit der ein mit Aliasing behaftetes Signal – nachdem es einmal erfasst wurde – entdeckt oder die ursprüngliche Signalform mit der richtigen Frequenzinformation rekonstruiert werden kann.

Typische Quellen von Aliasing sind Störquellen und Oberschwingungsfrequenzen eines Signals. Oberschwingungssignale sind Signale, die Frequenzanteile aufweisen, die ein ganzzahliges Vielfaches der Grundfrequenz des Signals sind. So kann beispielsweise ein Signal von 30 Hz zusätzliche Frequenzanteile von 60 Hz, 90 Hz, 120 Hz, usw. besitzen. Die Amplitude der Oberschwingungssignale ist in der Regel geringer als die der Grundfrequenz und wird bei höheren Oberschwingungen kleiner. Doch auch Störquellen können Oberschwingungen in das System bringen. Ein Störsignal von 50/60 Hz, das von einer nahegelegenen Stromquelle stammt, wird wiederum Oberschwingungen von 100/120 Hz, 150/180 Hz, usw. erzeugen.

Aliasing



- Signale vor der Erfassung
- Signale nach der Erfassung ohne Antialiasing-Filter
- Signale nach der Erfassung mit Antialiasing-Filter



Es gibt zwei Möglichkeiten, Aliasing zu vermeiden. Zum einen schafft eine Erhöhung der Abtastfrequenz des Messsystems Abhilfe. Die Abtastfrequenz muss so gewählt werden, dass alle Frequenzanteile des zu messenden Signals kleiner sind als die Nyquist-Frequenz (Hälfte der Abtastfrequenz). Oft kann diese Methode jedoch nicht genutzt werden, da man nicht alle Teilschwingungen des Signals, insbesondere nicht diejenigen der Störquelle, kennt.

Die andere Möglichkeit zur Vermeidung von Aliasing ist der Einsatz von Tiefpassfiltern. Die Tiefpassfilterung unterdrückt alle unerwünschten Signalanteile (F2, F3 und F4) oberhalb einer bestimmten Frequenz (hier $f_s/2 = 50 \text{ Hz}$), so dass diese die zu messenden Signale (F1) nicht weiter beeinflussen können.

Häufig werden auch beide genannten Hilfsmittel eingesetzt. Wird das Tiefpassfilter auf eine Frequenz eingestellt, die minimal oberhalb der höchsten zu messenden Frequenz liegt, lassen sich Störsignale und Oberschwingungen oberhalb dieser Frequenz herausfiltern. Anschließend wird die Abtastrate auf einen Wert gesetzt, der etwas über dem Doppelten dieser Filtereinstellung liegt.

Signalkonditionierung

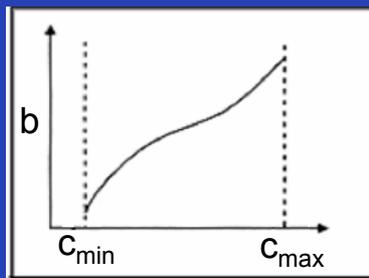
- Verstärkung
- Filterung
- **Linearisierung**
- Messumwandleranregung
- Messbrückenvervollständigung
- Isolierung
- Schalter, Multiplexer und Matrix

ni.com

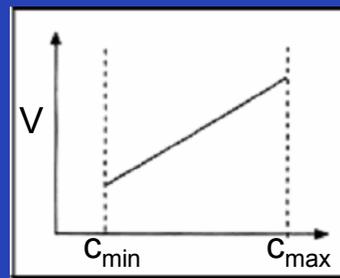


Linearisierung

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



Nicht lineare Skalierung



Lineare Skalierung

ni.com



Bei vielen Sensoren ist die Reaktion auf Änderungen der gemessenen physikalischen Größen nicht linear. Der Widerstand eines Thermistors beispielsweise ist nicht linear bezüglich seiner Temperatur.

Die Linearisierung ist der Prozess, der einen linearen Zusammenhang zwischen einer analogen Ausgangsgröße und der Eingangsgröße herstellt. Bei einem Thermistor wäre dies jede Methode, die den Widerstand des Sensors in einen linearen Temperaturverlauf umwandelt.

Es gibt zwei Methoden, ein Signal zu linearisieren. Die eine besteht darin, die nicht lineare Beziehung zwischen Eingangs- und Ausgangssignal zu erkennen und eine Schaltung zu entwickeln, die das Ausgangssignal in ein zum Eingangssignal lineares Signal umwandelt. Dies wird auch als "Hardware-Linearisierung" bezeichnet.

Bei der zweiten Methode wird das Signal mittels Software linearisiert. Hierbei erfasst die Hardware das Signal in seiner ursprünglichen Form. Anschließend durchläuft das Signal eine mathematische Routine zur Linearisierung.

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

ni.com



Bei Thermoelementen ist die Ausgangsspannung nicht linear bezüglich der gemessenen Temperatur.

Zwischen Spannung und Temperatur eines Thermoelements besteht folgender Zusammenhang:

$$T = a_0 + a_1V + a_2V^2 + \dots + a_nV^n$$

Die Koeffizienten a_x des Polynoms werden durch den Typ des Thermoelements bestimmt und sind für jedes Thermoelement tabellarisch erfasst. Mit Hilfe von Software kann so jeder gemessene Spannungswert in die entsprechende Temperatur umgerechnet werden.

Signalkonditionierung

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

ni.com



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°-Drehwinkelaufnehmer (Resolver)

ni.com



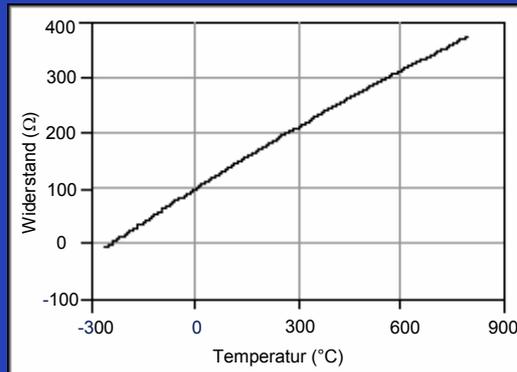
Einige Messumwandler benötigen eine Erregerspannung oder einen Erregerstrom, um ein messbares Signal zu erzeugen. Basiert der Sensor z. B. auf Widerstandsänderungen, wie es bei Widerstandstemperaturmessern (RTDs) der Fall ist, muss ein Strom am Sensor angelegt werden, damit eine Spannung gemessen werden kann. Dieses Stromsignal wird als "Erregung" bezeichnet und in der Regel von den Messgeräten geliefert, welche die Signale dieser passiven Sensoren erfassen. Bietet das Messgerät nicht die richtige Erregung, können auch externe Strom- bzw. Spannungsquellen herangezogen werden.

Typische Erregungsquellen sind u. a. Gleichspannung, Wechselspannung oder Gleichstrom. Die Stärke der Signale variiert je nach Typ und Funktionalität des Sensors. Es muss darauf geachtet werden, dass für jeden Sensor die richtige Erregungsquelle gewählt wird und nur solche Messgeräte herangezogen werden, die Erregungsquellen von angemessener Qualität liefern. Dies ist notwendig, da fehlerhafte Erregungssignale einen direkten Einfluss auf das vom Sensor gelieferte Signal haben und dieses somit verfälschen.

Ebenfalls muss verhindert werden, dass der Sensor durch die Erregungsquelle zu stark erwärmt wird. Wird dem Sensor eine zu hohe Spannung oder ein zu starker Strom zugefügt, kann dies zu einer Überhitzung und daraus resultierenden Messfehlern führen.

PT 100 (Widerstandsthermometer)

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



ni.com

NATIONAL
INSTRUMENTS

RTDs zählen zu den genauesten Temperatursensoren und arbeiten zudem äußerst stabil. In der Regel werden RTDs zur Messung von Temperaturen zwischen 0 °C und 450 °C eingesetzt; einige können jedoch auch für Temperaturmessungen bis zu 800 °C genutzt werden.

RTDs bestehen aus dünnen Metallspulen oder -filmen. Wird das Metall erhitzt, steigt sein Widerstand; wird es gekühlt, sinkt er. Aufgrund dieser Eigenschaft sind RTDs hervorragend für die Temperaturmessung geeignet – man muss lediglich ihren jeweiligen Widerstand messen. Da ein RTD ein passives Widerstandselement ist, muss ein Strom an den Sensor angelegt werden, damit eine messbare Spannung erzeugt wird.

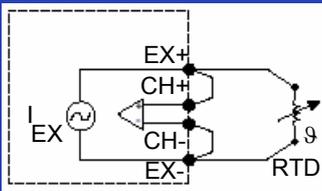
Die verschiedenen RTDs bestehen aus Platin, Gold, Silber, Kupfer, Wolfram oder Nickel. Platin (Pt) ist jedoch das am weitesten häufigsten genutzte Material. Das Edelmetall ist nämlich nicht nur durch eine ausgezeichnete Genauigkeit und Stabilität bei Messungen gekennzeichnet, sondern verfügt außerdem unter den genannten Metallen über den größten Widerstand pro Längeneinheit.

Jedes der verschiedenen Metalle weist eine besondere Widerstands-Temperaturkurve und eine eigene Formel für die Umrechnung des gemessenen Widerstands in einen Temperaturwert auf. Die Kurve für einen Platin-RTD mit einem Widerstand von 100 Ω bei 0 °C (PT 100) ist in der obigen Abbildung gezeigt.

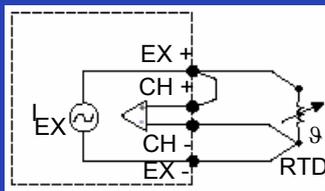
2-, 3- und 4-Leitungsmessung

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

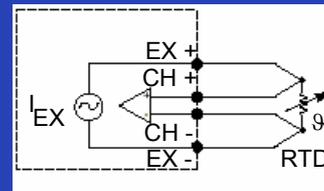
2-Leitungsmessung



3-Leitungsmessung



4-Leitungsmessung



ni.com

NATIONAL
INSTRUMENTS

Damit der Widerstand eines RTDs ermittelt werden kann, muss ein Erregerstrom an ihn angelegt und die resultierende Spannung gemessen werden. Dabei können durch die Widerstände der Zuleitungsdrähte beträchtliche Messfehler auftreten.

Bei der 2-Leitungsmessung wird aufgrund der Zuleitungswiderstände nicht nur die Spannung am RTD sondern zusätzlich der Spannungsabfall an den Zuleitungsdrähten gemessen. Hat z. B. jeder Zuleitungsdraht einen Widerstand von $0,3 \Omega$, tritt in der Widerstandsmessung ein Fehler von insgesamt $0,6 \Omega$ auf. Bei einem Platin-RTD mit einer Widerstandsänderung von $0,385 \Omega$ pro $^{\circ}\text{C}$ beispielsweise entspräche dies einem Fehler bei der Temperaturmessung von $0,6 \Omega / (0,385 \Omega/^{\circ}\text{C}) = 1,6^{\circ}\text{C}$.

Wählt man einen RTD mit drei Leitungen und schließt diesen wie oben abgebildet an, fügt nur noch der Leitungswiderstand eines Zuleitungsdrahtes einen größeren Messfehler hinzu.

Die bevorzugte Methode bei der Temperaturmessung mit RTDs ist die 4-Leitungsmessung. Dabei transportiert ein Leitungspaar den Erregerstrom, das andere Paar dient der Spannungsmessung am RTD. Da durch die beiden Messdrähte nur ein vernachlässigbarer Strom fließt, entsteht durch die Widerstände dieser Leitungen nur ein geringfügiger Messfehler.

Signalkonditionierung

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

ni.com



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

ni.com

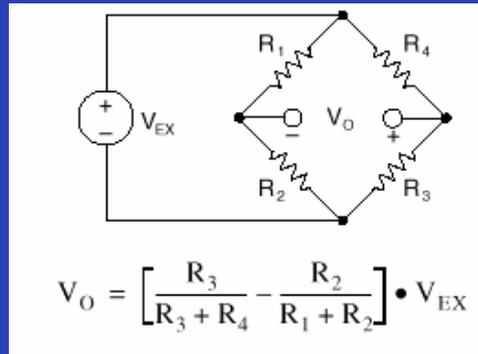


Dehnungsmessstreifen werden, wie der Name schon sagt, zur Messung von Dehnung (sowohl positiver als auch negativer) eingesetzt. Die Dehnung ε ist das Verhältnis der Längenänderung Δl zur Ausgangslänge l . Eine Längenänderung von $1 \mu\text{m}$ bei einer Ausgangslänge von 1 m bezeichnet man mit $1 \mu\text{D} = 10^{-6}$. Bei Dehnung erhöht sich Δl und der Durchmesser d des Drahtes nimmt ab. Dadurch ändert sich folglich auch der Widerstand des Drahtes. Die relative Widerstandsänderung ist proportional zur Dehnung ($\Delta R/R = k \cdot \varepsilon$).

Die Nennwiderstände R von handelsüblichen Dehnungsmessstreifen betragen 120Ω , 300Ω , 350Ω und 600Ω . Würde man z.B. einen Folien-DMS mit einem Proportionalitätsfaktor von 2 um $500 \mu\text{D}$ dehnen, ergäbe dies eine Widerstandsänderung von $2 \times 500 \times 10^{-6} = 0,1\%$. Bei Verwendung eines Dehnungsmessstreifens mit einem Nennwiderstand von 120Ω käme man auf eine Änderung von $0,12 \Omega$. Da die zu messende Widerstandsänderung verhältnismäßig klein gegenüber dem Nennwiderstand ist, werden zur Messung Brückenschaltungen eingesetzt.

Wheatstonebrücke

- Messung von Widerstandsänderungen (Ausschlagbrücke)
- Messung von Festwiderständen (Abgleichbrücke)
- Abgeglicherer Zustand: $R_1/R_2 = R_4/R_3 \rightarrow V_0 = 0$



ni.com

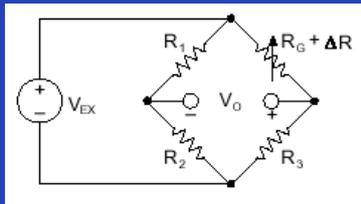


Die nach Wheatstone benannte Brückenschaltung eignet sich zur Messung von Widerständen. Sie kann zum Messen von Widerstandsänderungen (Ausschlagbrücke) genauso eingesetzt werden wie zur Messung von Festwiderständen (Abgleichbrücke). Die Ausschlagbrücke kommt beispielsweise bei der Widerstandsmessung eines Dehnungsmessstreifens zum Einsatz. Dehnungsmessstreifen sind Widerstandselemente, bei denen der Widerstand direkt proportional von der Stärke der am Element ausgeübten Dehnung/Stauchung abhängt. Das Dehnungselement kann als nur ein Zweig (Viertelbrücken-Dehnungsmessstreifen), als zwei Zweige (Halbbrücken-Dehnungsmessstreifen) oder als vier Zweige (Vollbrücken-Dehnungsmessstreifen) dieser Brücke fungieren. Je nachdem, wie viele Dehnungsmessstreifen eingesetzt werden, sind eventuell zusätzliche Widerstände zur Vervollständigung der Brücke erforderlich. Dies wird als Brückenvervollständigung bezeichnet. Muss die Messanwendung zwei Brückenzweige zur Verfügung stellen, so nennt man dies Halbbrückenvervollständigung. Muss sogar noch ein dritter Zweig hinzugefügt werden, spricht man von Viertelbrückenvervollständigung.

Ist das Verhältnis R_1 zu R_2 das gleiche wie R_4 zu R_3 , so ist die Brückendiagonalspannung V_0 gleich Null. Man spricht von einer abgeglichenen Brücke.

Viertelbrücke

- Sensibel gegenüber Temperatureinflüssen
- Nicht linear



$$\frac{V_0}{V_{EX}} = - \frac{k \cdot \varepsilon}{4} \cdot \frac{1}{1 + k \cdot \frac{\varepsilon}{2}}$$

ni.com



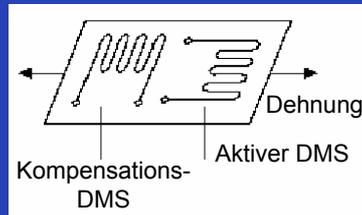
Betrachtet man die Wheatstonebrücke und ersetzt beispielsweise R_4 durch einen Dehnungsmessstreifen, so spricht man von einer Viertelbrücke. Vorausgesetzt, dass $R_G/R_3 = R_1/R_2$ ist, ist die Diagonalspannung V_0 bei entlasteten Dehnungsmessstreifen gleich Null. Wird der DMS allerdings belastet, ist die Brücke nicht mehr abgeglichen und somit $V_0 \neq 0$. Die durch die Belastung entstehende Widerstandsänderung kann ausgedrückt werden durch $\Delta R = R_G \times k \times \varepsilon$.

Angenommen, in der Viertelbrücke werden alle Widerstände gleich groß gewählt, so beträgt $V_0 = -(V_{EX} \times k \times \varepsilon)/4 \times 1/(1 + k \times \varepsilon/2)$. An dem Term $1/(1 + k \times \varepsilon/2)$ lässt sich die Nichtlinearität der Messspannung in Abhängigkeit von der Dehnung erkennen.

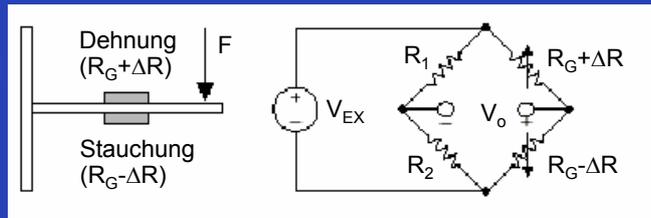
Ein weiteres Manko der Viertelbrücke ist die Temperaturempfindlichkeit. Wenn beispielsweise der Dehnungsmessstreifen einer Temperaturänderung ausgesetzt würde, so hätte dies eine Längenänderung des Drahtes und somit eine Widerstandsänderung zur Folge. Dadurch würde man eine Diagonalspannung ungleich Null messen, obwohl der DMS weiterhin unbelastet wäre.

Halbbrücke

- Temperaturkompensation



- Verdoppelt die Diagonalspannung



- Linear

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

ni.com



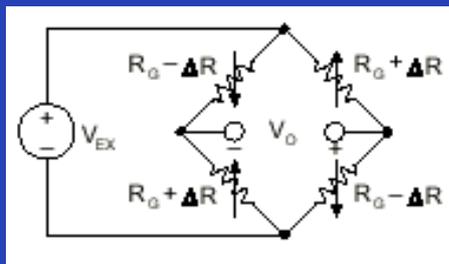
Die Halbbrücke bietet die Möglichkeit der Temperaturkompensation. Dazu werden die Dehnungsmessstreifen so angebracht wie in der obigen Abbildung zu sehen ist. Ein DMS misst wie gehabt die Dehnung und der zweite DMS übernimmt die Rolle der Kompensation. Dies bedeutet, dass der zweite DMS bei Belastung nicht gedehnt wird und somit keinen Einfluss auf die eigentliche Dehnungsmessung hat. Allerdings würden sich nun bei einer Temperaturänderung die Widerstände beider Dehnungsmessstreifen um den gleichen Wert ändern, wodurch das Verhältnis der Widerstände gleich bleiben würde. Dies hätte zur Folge, dass, wenn keine Belastung, sondern nur eine Temperaturänderung stattfände, die Diagonalspannung immer noch gleich Null wäre.

Ein weiterer Vorteil der Halbbrücke ist, dass die Diagonalspannung sich im Vergleich zur Viertelbrücke bei einer Belastung verdoppeln lässt, wodurch die Genauigkeit der Messung erhöht wird. Dafür müssen die Dehnungsmessstreifen so angebracht werden wie es in der obigen Abbildung gezeigt wird. Wird nun ein DMS gedehnt (positives ΔR), so wird der zweite automatisch gestaucht (negatives ΔR).

Der dritte Vorteil liegt in der Linearität. Ersetzt man in der Gleichung für die Wheatstonebrücke R_4 durch $R + \Delta R$ und R_3 durch $R - \Delta R$ so erhält man bei Verwendung von vier gleichgroßen Widerständen $V_o = -V_{EX} \times k \times \varepsilon / 2$.

Vollbrücke

- Verdoppelt die Empfindlichkeit der Halbbrücke
- Temperaturkompensation
- Linear



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

ni.com



Mit der Vollbrücke, bei der jeder Zweig beispielsweise mit einem Dehnungsmessstreifen bestückt wird, erhöht sich die Empfindlichkeit um das Doppelte gegenüber der Halbbrücke und um das Vierfache verglichen mit der Viertelbrücke.

Was Temperaturkompensation und Linearität ($V_o = -V_{EX} \times k \times \varepsilon$) betrifft, verhält sich die Vollbrücke genauso wie die Halbbrücke.

Anwendungsbeispiel

- Messumwandleranregung, Brückenvervollständigung und DIAdem

ni.com



Signalkonditionierung

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

ni.com



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

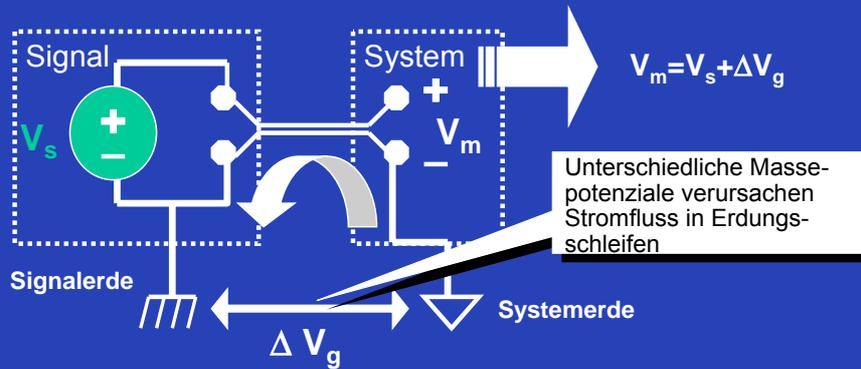
ni.com



Ein weiterer Aspekt bei der Signalkonditionierung ist die Isolierung. Man unterscheidet zwischen zwei verschiedenen Isolationstypen: elektrische Isolation und Schutzisolation. Beide Arten werden eingesetzt, um sicherzustellen, dass unterschiedliche elektrische Systeme, zwischen denen leitende Verbindungen bestehen, voneinander isoliert werden. Dadurch können bestehende Erdschleifen zwischen Systemen, die auf unterschiedlichem Massepotenzial liegen, verhindert und die Messgenauigkeit erhöht werden. Ferner kann der Bediener genauso wie das System vor Überspannungen geschützt und die zulässige Gleichtaktspannung erhöht werden.

Warum Isolierung?

- Verhindert durch Erdschleifen verursachte Messfehler



ni.com

NATIONAL
INSTRUMENTS

Ein Aufgabenbereich der Isolierung ist das Verhindern von Messfehlern, die durch Erdschleifen verursacht werden. Zu so genannten Erdschleifen kann es kommen, wenn ein nicht isoliertes Messsystem für die Messung einer geerdeten Signalquelle (Spannungssignale, die sich auf eine Systemerde, z. B. Erdleitung oder Gebäudeerde beziehen) eingesetzt wird. Zu geerdeten Signalquellen zählen u. a. Signalgeneratoren und Netzteile.

Angenommen, es wird mit einem nicht isolierten Messsystem ein vom Signalgenerator erzeugtes Signal gemessen, so sind im Messaufbau sowohl eine Signalerde als auch eine Systemerde vorhanden. In diesem Fall entspricht die gemessene Spannung V_m der Summe der Signalspannung V_s und der Potentialdifferenz ΔV_g , die zwischen den beiden Massen der Signalquelle und des Messsystems besteht. Die Potentialdifferenz zwischen den beiden Massen verursacht einen Stromfluss in der Schaltverbindung. Dieser Strom wird als Masseschleifenstrom bezeichnet.

Warum Isolierung?

- Schutz von Geräten und Benutzern



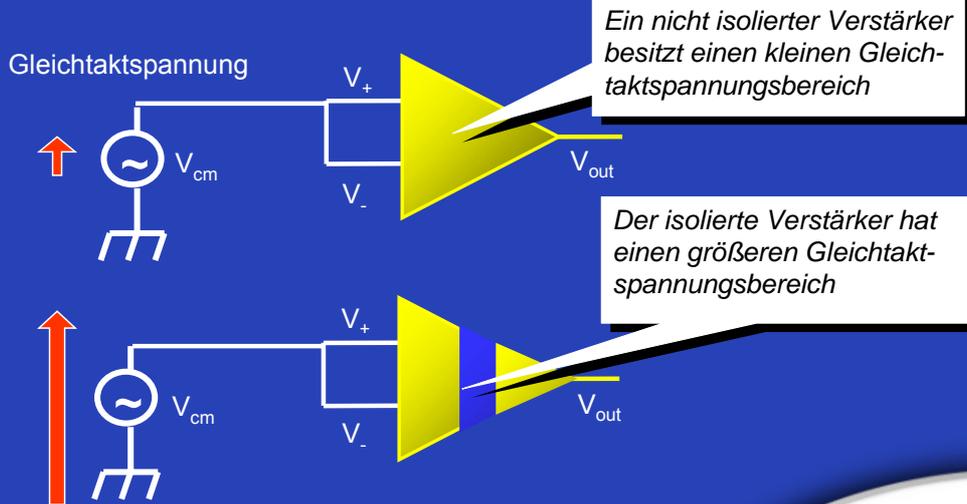
ni.com

 NATIONAL
INSTRUMENTS

Eine weitere Notwendigkeit der Isolierung ist der Schutz des Messsystems vor zu hohen Spannungen. Treten bei einem nicht isolierten System kurzzeitige Spannungsspitzen (Transienten) auf, so besteht höchste Gefahr für den Bediener und das Messsystem wird möglicherweise irreparabel zerstört. Unter Verwendung einer galvanischen Trennung (z. B. Transformator), kann die Potenzialdifferenz zwischen der Masse des Eingangs und des Ausgangs ein Vielfaches mehr betragen, ohne dass Messsystem und Bediener gefährdet sind.

Warum Isolierung?

- Gleichtaktspannungsbereich



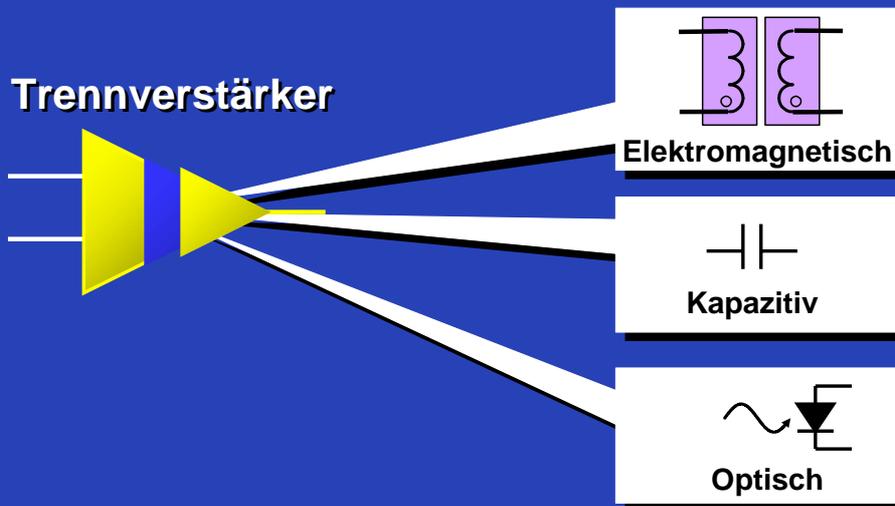
ni.com

NATIONAL INSTRUMENTS

Von Gleichtaktspannungssignalen spricht man, wenn zusätzlich zu dem Messsignal an beiden Eingängen des Verstärkers ein Signal mit gleicher Phase und Amplitude bezüglich der Systemerde anliegt.

Der Gleichtaktspannungsbereich eines Messsystems schränkt die maximal zulässige Spannungsspitze jedes Eingangs bezüglich der Systemerde ein. Dieser Wert ist bei nicht isolierten Messsystemen klein und wenn er überschritten wird, können nicht nur Messfehler entstehen, sondern u. U. auch Komponenten auf der Messkarte beschädigt werden. Bei isolierten Systemen kann diese Gleichtaktspannung höher sein und das System bleibt durch eventuell auftretende Spannungsspitzen unbeschädigt, solange die Spannungsspitzen nur über einen kurzen Zeitraum hinweg auftreten.

Wie wird isoliert?



ni.com

 NATIONAL INSTRUMENTS

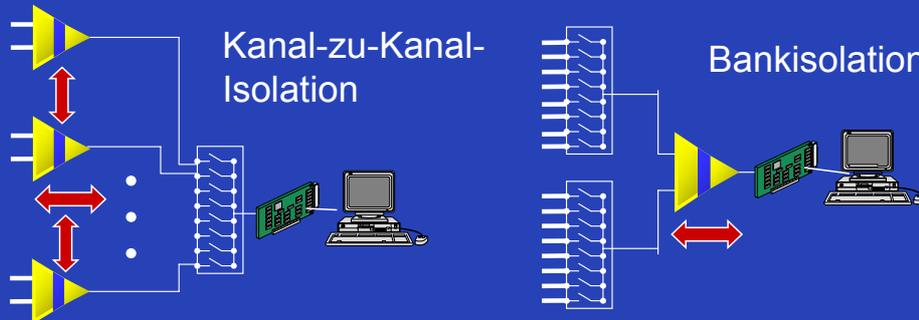
Für die Isolierung eines Systems können elektromagnetische Transformatoren, Kondensatoren oder optische Lösungen eingesetzt werden. Bei der Isolierung werden Spannungssignale in eine andere Energieform gewandelt, übertragen und schließlich wieder in Spannung umgesetzt.

Ein Transformator wandelt die Signale mithilfe eines Spulenpaares in ein elektromagnetisches Feld und dieses wieder in Signale um. Die Stärke des Feldes wird dabei variiert und ist proportional zur Stärke des Signals.

Eine weitere Art der Isolierung ist die kapazitive Kopplung. In diesem Fall ist die Ladung auf dem Kondensator proportional zur Größe des Eingangssignals.

Optische Isolierung wird üblicherweise zur Isolierung digitaler Systeme eingesetzt. Das Signal wird dabei durch Licht übertragen. Die Stärke des Lichts ist proportional zur Stärke des Signals. Ein photoleitendes Element wandelt das Licht schließlich wieder in eine Spannung um. Auch Systeme mit analogen Signalen können auf diese Weise isoliert werden.

Isolationsarchitektur



- Jeder Kanal hat einen eigenen Massebezug

- Kanäle mit gemeinsamer Masse
- Kostengünstig

ni.com

NATIONAL INSTRUMENTS

Zur Isolierung eines Systems stehen zwei verschiedene Isolationsarchitekturen zur Auswahl:

Kanal-zu-Kanal- und Bankisolation

Bei der **Kanal-zu-Kanal-Isolation** ist jeder Kanal von allen anderen Kanälen, Systemkomponenten und Massepotenzialen isoliert. Die Kanal-zu-Kanal-Isolation ist die sicherere Isolationsart in Bezug auf eventuelle Messfehler, da der Bezugspunkt eines jeden Signals von denjenigen anderer Signale und von der Masse des Messsystems unabhängig ist. Werden in einer Applikation beispielsweise mehrere Sensoren mit unterschiedlichem Massebezug verwendet oder besteht die Möglichkeit, dass zwischen den einzelnen Kanälen große Spannungsdifferenzen auftreten, so ist die Kanal-zu-Kanal-Isolation die bessere Lösung.

Die **Bankisolation** ist die kostengünstigere Isolationsarchitektur. Anders als bei der Kanal-zu-Kanal-Isolation sind hier Kanalbänke und nicht die einzelnen Kanäle untereinander isoliert. Dies hat zur Folge, dass sich alle Signale in einer Kanalbank auf dieselbe Masse beziehen müssen, damit Messfehler vermieden werden.

Anwendungsbeispiel

- Isolierung und LabWindows/CVI

ni.com



Signalkonditionierung

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

ni.com



Relais

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

ni.com



Um z. B. eine große Anzahl von Kanälen zur Verfügung zu haben, ohne dass hohe Kosten entstehen, oder um höhere Spannungen und stärkere Ströme schalten zu können als es die Datenerfassungshardware ermöglicht, benötigt man Relais. Grundsätzlich unterscheidet man zwei verschiedene Arten von Relais:

Mechanische Relais und Halbleiterrelais

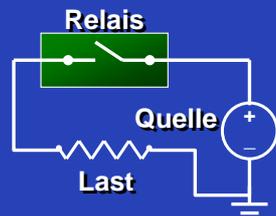
Mechanische Relais können Hochspannungs- und Starkstromsignale routen. Aufgrund ihrer mechanischen Bestandteile können sie jedoch nur äußerst langsam schalten.

Halbleiterrelais bestehen aus Transistoren, so dass sie nur niedrige Spannungen ($< 10 V$) und schwache Ströme ($< 30 mA$) schalten können.

Kompromiss:

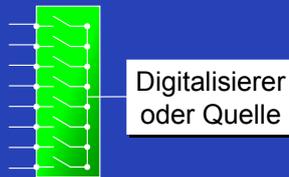
- Sie möchten hohe Spannungen/starke Ströme schalten? Dann können Sie die Signale nur sehr langsam routen.
- Sie müssen Ihre Signale schnell routen? Dann müssen Sie die Höhe der Spannungen und Ströme Ihrer Signale einschränken.

Schalter, Multiplexer, Matrix



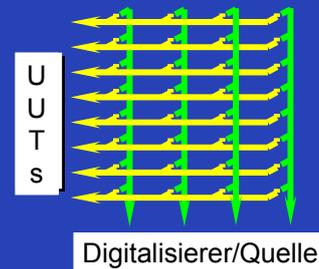
Universeller Schalter

- Schaltet Geräte an und aus



Multiplexer

- Erweitert die Anzahl an Kanälen



Matrix

- Routet Signale

ni.com



Prinzipiell gibt es drei verschiedene Kategorien des Schaltens:
Universelles Schalten, Multiplexen und Matrixschalten

Universelles Schalten: Dies ist die ganz allgemeine (bzw. die einfachste) Form des Schaltens. Hierbei entscheidet der Anwender, ob Signale im System weitergeleitet oder abgeblockt werden. Ein Beispiel einer universellen Schaltung ist die Steuerung der Stromversorgung von externen Geräten wie Lüftern, Motoren, Lampen oder anderen elektrischen Geräten.

Multiplexen: Auch Multiplexer sind eine Art Schalter, da sie Signale routen. Multiplexer werden meistens dazu eingesetzt, mehrere Signale an einen Digitalisierer weiterzuleiten. Sie sind jedoch nicht richtungsabhängig und können mühelos für das Routen von Signalen einzelner Signalquellen an mehrere Ausgänge genutzt werden.

Matrixschalten: Das Matrixschalten ist eine besonders anspruchsvolle Schaltweise. Hierbei sind Relais in Reihen und Spalten aufgebaut (Matrizen). Schließt man eines oder mehrere Relais, können verschiedene Reihen mit verschiedenen Spalten verbunden werden. Dies ermöglicht es, mehrere Testpunkte programmatisch an mehrere Digitalisierer/Quellen zu routen.

Anwendungsbeispiel

- Schalter und LabVIEW

ni.com



Signalkonditionierung von NI

- SCXI
(Signal Conditioning eXtensions for Instrumentation)
- SCC
(Signal Conditioning Components)
- Anschlusstechnik
- Konfiguration

ni.com



Auf den folgenden Seiten ist eine Reihe von Hardwarekomponenten von National Instruments aufgeführt, welche Signalkonditionierung ermöglichen.

Anschließend werden einige Anschlusstechniken und das Werkzeug, welches es ermöglicht, sämtliche NI-Hardware zu konfigurieren, vorgestellt.

SCXI (Signal Conditioning eXtensions for Instrumentation)



ni.com



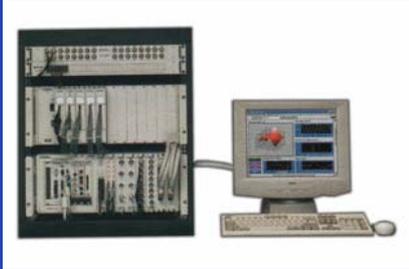
- Mittlere bis hohe Kanalanzahl
- Große Auswahl an analoger und digitaler Konditionierung
- Multiplexer, Matrizen und universelle Schalter
- Hohe Flexibilität und Konfigurierbarkeit
- Desktop-, portable und rackmontierte Systeme

SCXI (Signal Conditioning eXtensions for Instrumentation) ist ein äußerst leistungsfähiges Signalkonditionierungssystem für Anwendungen mit mittlerer bis hoher Kanalanzahl. Ein SCXI-System besteht aus einem oder mehreren robusten Chassis, die mit einer Vielzahl unterschiedlichster Signalkonditionierungsmodule ausgestattet sein können. Diese bieten viele Möglichkeiten der analogen und digitalen Signalkonditionierung, hohe Flexibilität und vielfältige Einstellungen zur Konfiguration. Die analogen Eingangsmodule fungieren als Schnittstelle zwischen dem Datenerfassungssystem und einer Vielzahl von Messumwandlern und Signalen.

Aufgrund der flexiblen Architektur bietet SCXI Lösungen für Desktop-, portable und rackmontierte Mess- und Automatisierungssysteme.

Das SCXI-System kann sowohl an einen Desktop-PC oder Laptop als auch an ein PXI/CompactPCI-System angeschlossen werden. Dazu muss im jeweiligen Rechner bzw. PXI-System eine Datenerfassungskarte enthalten sein, mit der das SCXI-System verbunden wird.

Kombination (PXI/SCXI)



- Datenerfassung und Signalkonditionierung in einem Chassis
- Datenübertragung über Backplane-Verbindung
- Keine externen Verbindungen nötig



ni.com



Eine weitere Möglichkeit, Signalkonditionierung mit SCXI zu betreiben, ist der Einsatz eines Kombi-Chassis. In diesem Chassis finden sowohl PXI/CompactPCI-Karten (z. B. für die Datenerfassung) als auch SCXI-Module für die Signalkonditionierung Platz.

Das Kombi-Chassis gibt es sowohl als Variante mit vier PXI- und acht SCXI-Steckplätzen als auch als solche mit acht PXI- und vier SCXI-Steckplätzen. In beiden Fällen werden die PXI- und die SCXI-Backplane durch einen lokalen Bus verbunden. Die mithilfe der SCXI-Module erfassten Daten stehen somit an der PXI-Karte zur Verfügung, ohne dass eine externe Verbindung notwendig ist.

SCC (Signal Conditioning Components)



- Niedrige bis mittlere Kanalanzahl
- Flexible Anschlussmöglichkeiten
- Einfacher Zugriff auf die Kanäle
- Portabel



ni.com



Die Plattform SCC (Signal Conditioning Components) ist ein tragbares Front-End-Signalkonditionierungssystem für geringe Kanalanzahlen, das zusammen mit den Datenerfassungsgeräten der E-Serie (Multifunktionsgeräte) von National Instruments eingesetzt werden kann und eine Vielzahl unterschiedlicher I/O-Signale, wie z. B. Schwingung, Dehnung, Beschleunigung und Temperatur, aufbereitet. SCC ist leicht zu handhaben und speziell für Anwendungen konzipiert, bei denen unterschiedliche Signal- und Sensorarten sowie verschiedene Anschlussmöglichkeiten gleichzeitig benötigt werden. In einem SCC-System lassen sich die Art der Signalkonditionierung und die Anschlussmöglichkeiten für jeden Kanal einzeln auswählen. SCC bietet niedrige Kosten pro Kanal und einen einfachen Zugriff auf die jeweiligen Kanäle.

Die einzelnen SCC-Module sind in ein flaches, geschirmtes Gehäuse integriert. Die Spannungsversorgung erfolgt entweder direkt über die Datenerfassungskarte (5 V), eine externe 5-V-Gleichspannungsquelle, eine externe Spannungsquelle von 7 V bis 42 VDC oder eine externe AC-Quelle.

Anschlussstechnik

- BNC, SMB, 9-Pin-D-Sub, Thermoelementanschlüsse, Schraubklemmanschlüsse, usw.



ni.com

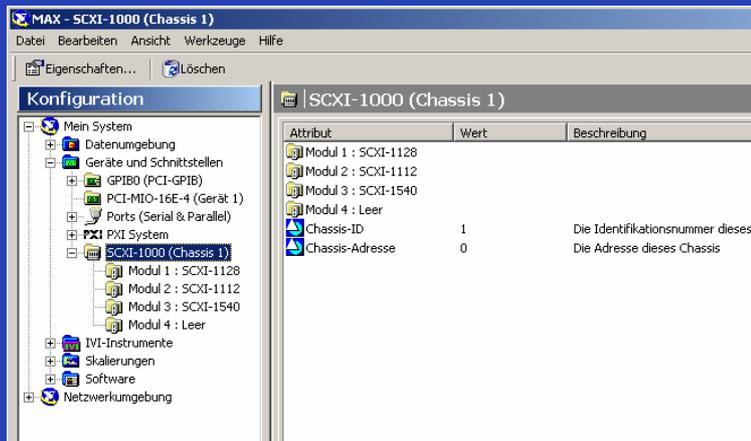
 NATIONAL INSTRUMENTS

Die erforderliche Anschlussstechnik wird von der jeweiligen Signalquelle vorgegeben. National Instruments bietet unterschiedliche Industriestandards sowohl für SCXI als auch für SCC, die Signale/Sensoren mit der Signalkonditionierungshardware zu verbinden. Häufig vorkommende Anschlussstechniken sind beispielsweise:

- BNC
- SMB
- 9-Pin-D-Sub
- Thermoelementanschlüsse
- Schraubklemmanschlüsse
- Bananensteckverbinder

Konfiguration

- Measurement & Automation Explorer (MAX)
 - Werkzeug zum Konfigurieren und Testen der Hardware



ni.com

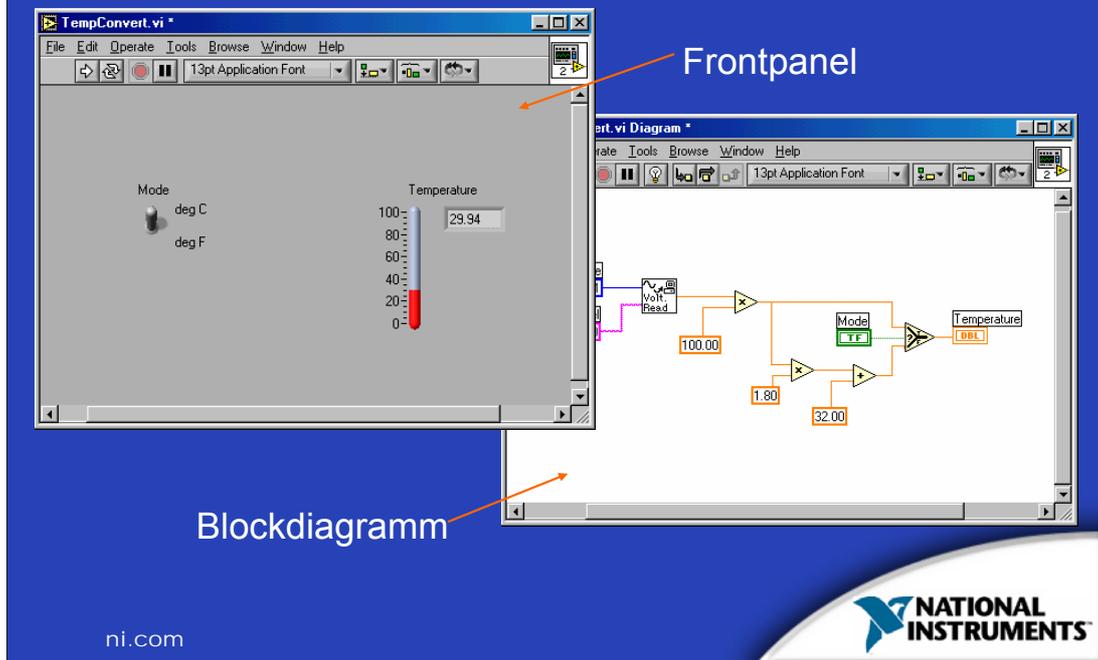


Der Measurement & Automation Explorer (MAX) ist ein Werkzeug, welches es dem Benutzer von NI-Hardwareprodukten ermöglicht, diese nach der Installation zu konfigurieren. Anschließend kann die Hardware mithilfe des MAX einem Funktionstest unterzogen werden.

Mit diesem Konfigurationswerkzeug kann der Anwender beispielsweise direkt mit seinen GPIB- oder seriellen Instrumenten kommunizieren oder über ein so genanntes Testpanel auf die Ein- und Ausgänge seines Datenerfassungsgerätes zugreifen, ohne auch nur den geringsten Programmieraufwand zu betreiben.

Des Weiteren ist es möglich, virtuelle Kanäle zu erstellen. Dabei wird einem bestimmten Kanal eines Geräts ein Name, ein Sensortyp oder eine Messart (Spannungs-, Strom-, Widerstandsmessung), ein Messbereich und eine Skalierung zugewiesen. Dem Programmierer wird es dadurch ermöglicht, in seinen Applikationen den virtuellen Kanal zu nutzen, wodurch eine ständige erneute Parametrisierung vermieden wird. Wird in mehreren Programmen derselbe virtuelle Kanal verwendet, muss bei einer Veränderung der Randparameter nur noch die Einstellung im MAX angepasst werden.

Anwendungssoftware: LabVIEW



LabVIEW hat sich bereits als Standardprogramm für die grafische Entwicklung von Datenerfassungsanwendungen etabliert. Mittels grafischer Programmierung können Anwender sehr schnell Prüf- und Entwicklungslösungen für alle Anwendungsarten entwerfen. Ein in LabVIEW erstelltes Programm wird als VI (Virtuelles Instrument) bezeichnet.

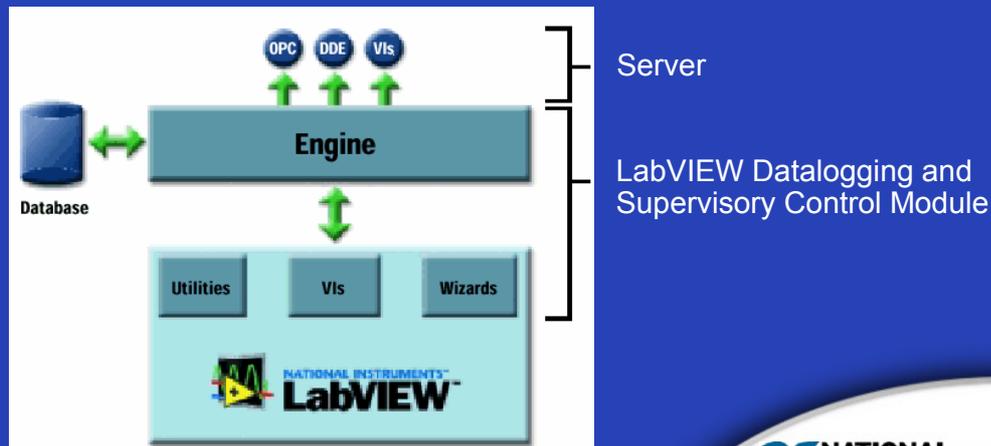
Das Frontpanel ist ein Element von LabVIEW, auf dem die Benutzeroberfläche mittels einfacher Drag&Drop-Technik erstellt wird. Auf dem Frontpanel können unter anderem Schalter und Diagramme sowie weitere Eingabe- und Anzeigeelemente platziert werden. Dadurch wird der Benutzerschnittstelle ein instrumentenähnliches Aussehen verliehen.

Ein weiterer Bestandteil von LabVIEW ist das Blockdiagramm, in dem die generierten Anschlüsse der Eingabe- und Anzeigeelemente sowie verschiedene Funktionen miteinander verbunden werden. Der so erzeugte Programmplan (Code) wird durch Starten des VIs kompiliert und ausgeführt.

Die intuitive Programmiermethodik verhilft dem Programmierer zur schnellen und einfachen Erstellung von Applikationen, ohne dass er eine weitere Syntax erlernen müsste.

LabVIEW-Modul

- Das LabVIEW Datalogging and Supervisory Control Module ist ideal für Systeme mit hoher Kanalanzahl



ni.com

NATIONAL
INSTRUMENTS

Das Datalogging and Supervisory Control Module (Modul für die Prozessüberwachung und -steuerung mit integrierter Datenverwaltung) ist das ideale Werkzeug für Anwendungen mit einer hohen Kanalanzahl sowie verteilten Applikationen. Es bietet Datenverwaltungswerkzeuge, wie z. B. einfach zu handhabende Konfigurationsfunktionen für Anwendungen mit hoher Kanalanzahl, komplettes Alarm-Management und Ereignis-Protokollierung, automatisches Protokollieren der Daten sowie historische Datenaufzeichnung bzw. Aufzeichnung in Echtzeit.

Auch eine netzwerkfähige Datenbank für verteilte Datenprotokollierung, die Möglichkeit der Verwaltung von Zugriffsrechten, eine Funktion zur OPC-Konnektivität sowie mehr als 3300 zusätzliche grafische Elemente für die Benutzeroberfläche stehen zur Verfügung. Dadurch wird das Arbeiten in Netzwerken erheblich vereinfacht.

Measurement Studio

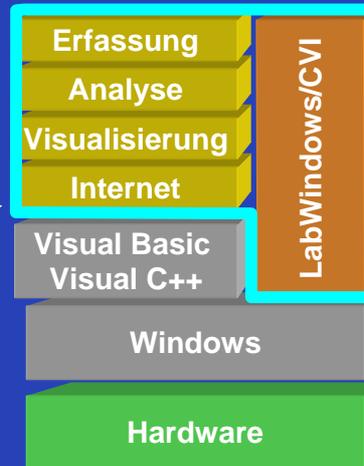


- Softwarepaket
 - LabWindows/CVI
 - ComponentWorks
 - ComponentWorks++
- Textbasierte Programmierwerkzeuge

Komponenten



Measurement Studio



ni.com

**NATIONAL
INSTRUMENTS**

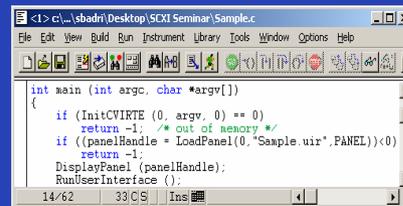
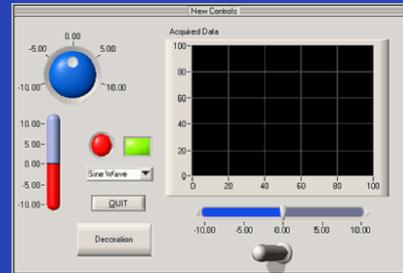
Betrachtet man den Marktanteil der konventionellen, textorientierten Programmiersprachen, so lässt sich eine Tendenz in Richtung Visual Basic und Visual C/C++ erkennen.

Measurement Studio von National Instruments vereint mit seinen drei Komponenten LabWindows/CVI, ComponentWorks für Visual Basic und ComponentWorks++ für Visual C++ die neuesten Technologien computerbasierter Messtechnik mit der Entwicklungsumgebung Visual Studio. Measurement Studio verfolgt dabei die nahtlose Integration eines MSR-Werkzeuges in Visual Studio. Mit LabWindows/CVI beinhaltet Measurement Studio zusätzlich eine umfangreiche Entwicklungsumgebung, die speziell für MSR-Anwendungen in ANSI C konzipiert ist.

Der Anwender ist also in der Lage, bei der Applikationserstellung aus mehreren Programmiersprachen auszuwählen. Auch steht ihm eine Vielzahl von Komponenten zur Verfügung, die bereits als Industriestandard etabliert sind.

Anwendungssoftware: LabWindows/CVI

- Zwei Hauptfenster
 - Frontpanel (‘.uir’-Datei)
 - Editor/Sourcecode (‘.c’-Datei)
- LabWindows/CVI-Bibliotheken
 - Vereinfachen das Programmieren
- Code Builder
 - Kürzere Entwicklungszeit

The image shows a screenshot of a LabWindows/CVI code editor window. The window title is '<1> c:\... \sbadri\Desktop\SCXI Seminar\Sample.c'. The code is as follows:

```
int main (int argc, char *argv[])
{
    if (InitCVIRTE (0, argv, 0) == 0)
        return -1; /* out of memory */
    if ((panelHandle = LoadPanel(0, "Sample.uir", PANEL)) < 0)
        return -1;
    DisplayPanel (panelHandle);
    RunUserInterface ();
}
```

ni.com

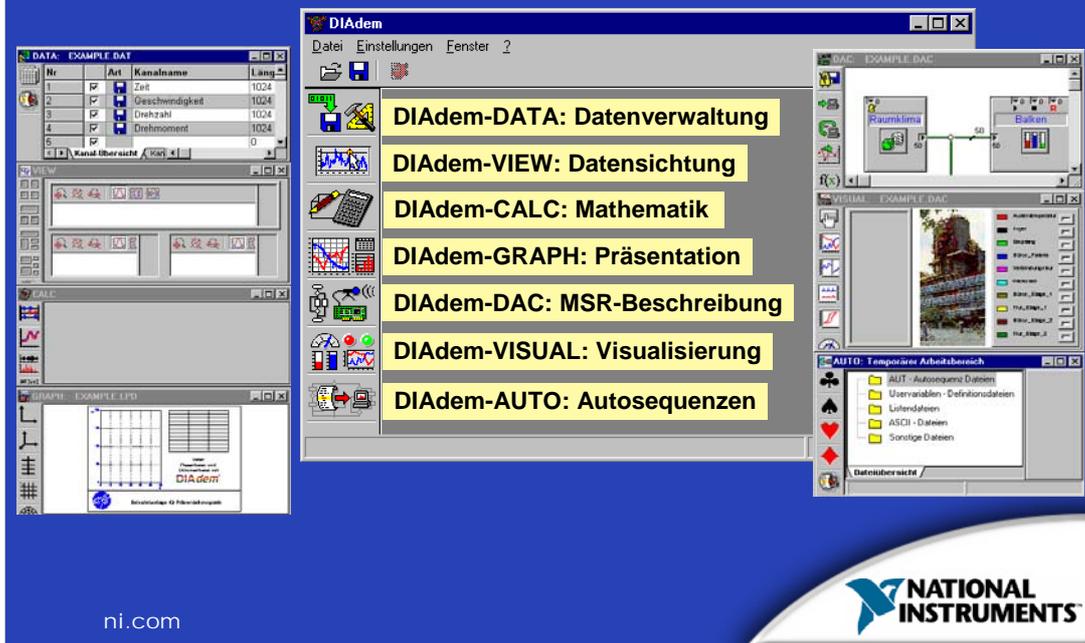


LabWindows/CVI ist eine ANSI-C-kompatible, interaktive Entwicklungsumgebung mit umfassenden Editier- und Debuggingmöglichkeiten. Mit dem LabWindows/CVI Graphical User Interface Editor können schnell und einfach eigene Anzeigepanels erstellt werden. Integrierte Bibliotheken vereinfachen die Entwicklung von Programmen zur Datenerfassung, Gerätesteuerung mittels GPIB, RS-232 und VXI, Messwertanalyse und 2- oder 3D-Datenvisualisierung. Interaktive Wizards generieren automatisch Code für Mess- und Automatisierungsapplikationen. Für alle über Bibliotheken integrierten Funktionen stehen dem Anwender so genannte Function Panels (Funktionsmasken) zur Verfügung. Mittels der Function Panels können Funktionsaufrufe interaktiv getestet werden. Ist man mit dem Ergebnis zufrieden, lässt sich der Funktionsaufruf inklusive aller Parameter in das C-Quellcode-Fenster einfügen.

Mit wenigen Mausklicks erstellt der Entwickler mithilfe des Distribution Kit aus seiner Applikation eine vertriebsfertige Installationsversion.

Mit LabWindows/CVI von NI verfügt der Anwender also über ein leistungsfähiges, flexibles, visuelles Entwicklungswerkzeug zum raschen Entwickeln von MSR-Applikationen in ANSI C.

Anwendungssoftware: DIAdem

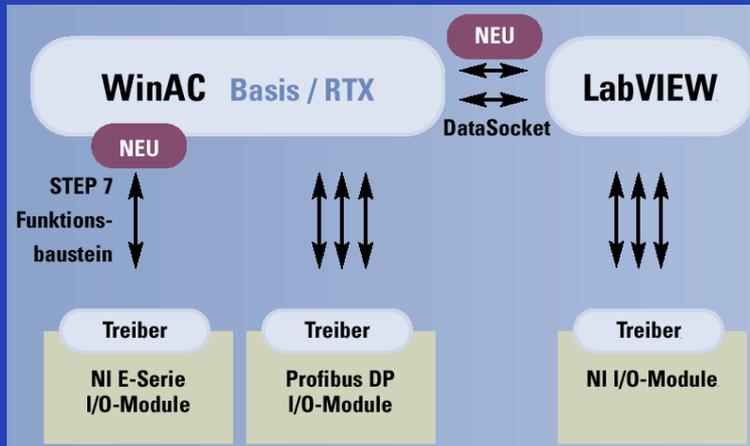


Ebenso wie die bereits erwähnten Programme kann auch DIAdem Daten erfassen, analysieren, präsentieren und archivieren. DIAdem liefert für jeden dieser Arbeitsschritte eine einfach zu bedienende, professionelle Plattform und bietet darüber hinaus universelle Schnittstellen, mit deren Hilfe sich Daten unterschiedlicher Herkunft und Format importieren und gemeinsam verwalten lassen. Außerdem besteht die Möglichkeit, Informationen aus großen Datenbeständen interaktiv und automatisch zu analysieren und zu extrahieren.

Dem Anwender stehen in DIAdem unterschiedliche Werkzeuge zur Verfügung, mit denen das „Werkstück“ (Messdaten) bearbeitet werden kann. Mit ihnen lassen sich Daten erfassen und online über eine interaktiv bedienbare Benutzeroberfläche visualisieren, verwalten, bearbeiten und rechnerisch analysieren. Des Weiteren können aus einer Palette von Diagrammen, Tabellen, Text- und Grafikobjekten Layoutvorlagen erstellt werden, welche der Berichterstellung dienen. Ferner ist es möglich, sich wiederholende Arbeitsschritte zu automatisieren und DIAdem programmatisch zu steuern. Darüber hinaus ist DIAdem in der Lage, durch Zusatzmodule Messwerte auf 3D-Modulen abzubilden.

Kooperation von NI und Siemens

- Kombination von PC-basierter Mess- und Automatisierungstechnik



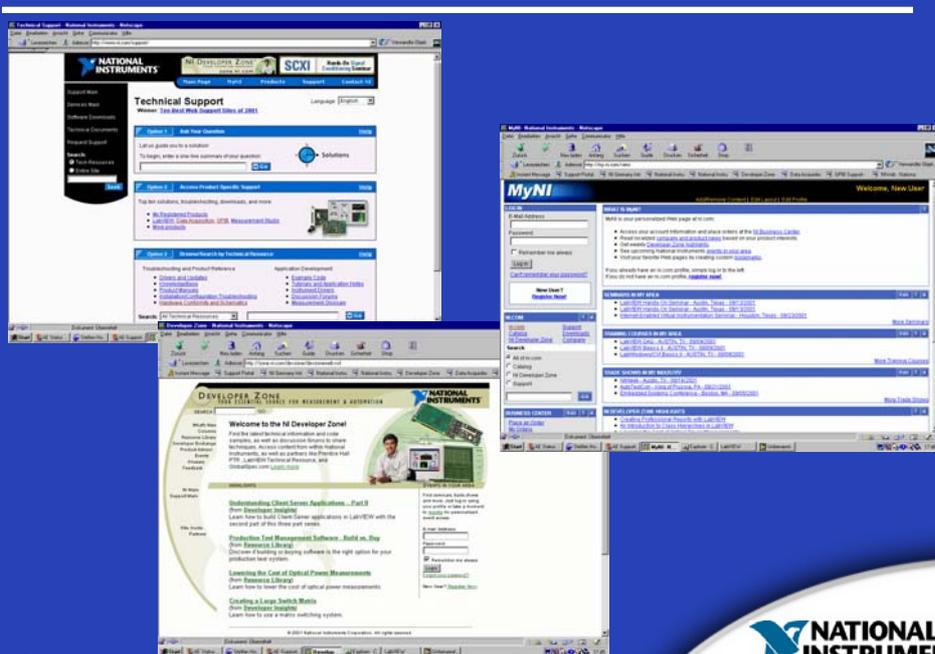
Die Kooperation von National Instruments und Siemens Automation & Drives ermöglicht es dem Anwender, im Produktionsprozess Messwerte zu erfassen und die daraus gewonnenen Daten im Steuerungssystem direkt weiterzuverarbeiten.

Es gibt zwei Möglichkeiten, eine Kommunikation zwischen der PC-basierten Messung und der PC-basierten Steuerung herzustellen. Zum einen kann mit der Simatic WinAC (Steuerungssoftware) von Siemens über einen Funktionsbaustein direkt auf die Datenerfassungs- und Signalkonditionierungshardware von National Instruments zugegriffen werden. Somit lassen sich einzelne Messwerte schreiben und erfassen.

Zum anderen ist es möglich, mit LabVIEW eine High-Speed-Messwert-erfassung und -verarbeitung durchzuführen und anschließend die für die Prozesssteuerung relevanten Daten über das auf TCP/IP-basierende DataSocket an WinAC zu übergeben.

Eine Prüfung der Produktqualität durch LabVIEW und ein Nachjustieren der Maschine durch WinAC in der Qualitätsüberwachung oder eine Schwingungsanalyse der Antriebswelle mit LabVIEW und eine Fehlermeldung an WinAC sind Anwendungsbeispiele für eine Kombination von PC-basierter Mess- und computergestützter Automatisierungstechnik.

ni.com



ni.com



Wenn Sie Fragen zu unseren Produkten haben, lohnt sich ein Blick auf die Internetseiten von National Instruments unter **ni.com**. Hier finden Sie eine umfangreiche Sammlung verschiedener Webseiten mit hohem Informationsgehalt zu vielen Fragen der Mess- und Automatisierungstechnik.

Eine wertvolle Datenquelle von Mess-, Prüf- und Automatisierungsanwendungen ist die Developer Zone von National Instruments unter **zone.ni.com**. Diese Datenquelle enthält eine Vielzahl an Präsentationen, mehr als 1200 Beispielprogramme zu LabVIEW und Measurement Studio, 600 Leitfäden und ein umfangreiches Glossar mit über 2500 Definitionen.

Mit **MyNI** können Sie Ihre persönliche Startseite für Informationen zu unseren Produkten, Veranstaltungen u. v. m. erstellen. Den Inhalt der Webpage bestimmen Sie. So bekommen Sie immer die aktuellsten Informationen zu unseren Produkten, werden über Highlights der Developer Zone benachrichtigt und können für Sie wichtige Bookmarks erstellen.

Kundenschulung

- DASyLab
- DIAdem
- LabVIEW
- LabVIEW DAQ
- LabVIEW IMAQ
- LabWindows/CVI
- TestStand



ni.com



Trainingskurse bei National Instruments ermöglichen NI-Kunden das schnelle und effiziente Kennenlernen unserer Anwendersoftware. Erfahrene Ingenieure geben ihnen grundlegende und spezifische Hilfestellungen, so dass die Teilnehmer nach kurzer Einführungszeit bereits anwenderorientierte Mess- und Prüfanwendungen erstellen können. In den Kursen für Fortgeschrittene werden die Techniken vertieft und neue Möglichkeiten für komplexere Applikationen aufgezeigt.

Für unsere Produkte LabVIEW, LabWindows/CVI, DIAdem, DASyLab, TestStand, IMAQ Vision und zur Datenerfassung mit LabVIEW bieten wir zwei- und dreitägige Kurse für Einsteiger und Fortgeschrittene an.

National Instruments gibt Ihnen auch die Möglichkeit, die Kurse direkt in Ihrem Unternehmen im Haus - Onsite - durchzuführen. Gerne unterstützen wir Ihnen dazu ein Angebot.

Alliance-Programm



ni.com



Die Kombination unserer leistungsstarken Produkte mit den Entwicklungserfahrungen der Mitglieder unseres Alliance-Programms, wie Systemintegratoren oder Spezialisten für Mess- und Automatisierungstechnik, ermöglicht umfassende Lösungen für alle Arten von Anwendungen. Die Alliance-Partner verfügen über ein breit gefächertes Wissen und einen umfassenden Erfahrungsschatz bei der Entwicklung von Anwendungen. Das Programm bietet Systemintegratoren und Entwicklern Vergünstigungen bei Produkten und Trainingskursen, weiterführende technische Unterstützung sowie Informationen zu den neuesten Produkten. Die Mitglieder im Alliance-Programm stehen Ihnen bei der Entwicklung von Programmen und/oder bei der Systemintegration zur Seite, während Drittentwickler Ihnen speziell für Ihre Anforderung und Anwendung zugeschnittene Lösungen erstellen.

Aktuelle Veröffentlichungen:

- [1] R. Jamal, H. Illig: Messen statt schätzen - Welche Rolle der Signalverarbeitung zukommt, F&M, September 2001
- [2] H. Joas: PC-Softwaretools in neuer Version, Elektronik Informationen, September 2001
- [3] A. Hagedstedt: Measurement Studio 6.0, Elektronik Industrie, August 2001
- [4] G. Klasche: Das Programmieren von morgen, Computer & Automation, August 2001
- [5] R. Jamal, C. Leblanc: Siemens and National Instruments Deliver Integrated Automation and Measurement Solutions, White Paper, Mai 2001
- [6] R. Jamal, L. Wenzel: Zeitkritische Regelung unter LabVIEW, Elektronik, September 2001
- [7] J. Klier: Mehr als nur Datalogging, etz, September 2001
- [8] J. Klier, C. Spiss: Global messen dank Internet, F&M, Ausgabe 9, 2000
- [9] R. Jamal, H. Illig: Messtechnik und IT-Welt wachsen zusammen, Elektronik, Heft 18, 2000.
- [10] C. Gindorf: Grafische Programmiersprache – internetoptimiert und mehr, etz, September 2000

Bücher:

- [1] R. Jamal, A. Hagedstedt: LabVIEW – Das Grundlagenbuch, Addison-Wesley, 2001, 3. Auflage
- [2] R. Jamal, H. Pichlik: LabVIEW – Programmiersprache der vierten Generation, Prentice Hall Verlag, 1999, 2. Auflage.
- [3] R. Jamal, H. Jaschinski: Virtuelle Instrumente in der Praxis – Messtechnik, Begleitband zum Kongress VIP 2001, Hüthig-Verlag, 2001
- [4] R. Jamal, H. Heinze: Virtuelle Instrumente in der Praxis – Automation, Begleitband zum Kongress VIP 2001, VDE-Verlag, 2001

Aktuelle Seminarhandbücher:

- [1] Wegweisende Technologien in der Mess- und Automatisierungstechnik, Seminar von National Instruments, Februar 2001
- [2] LabVIEW Everywhere, Seminar von National Instruments Germany, September 2000
- [3] Mess- und Automatisierungstechnik – Neue Möglichkeiten mit Windows 2000, Seminar von National Instruments Germany, Februar 2000
- [4] Industrielle Datenerfassung, Konnektivität, PC-basierte Steuerung. Seminar von National Instruments Germany, Mai 1999