

Der PC als Messlabor

PCI-Messkarten und mehr

J.Häuser

Rechnersysteme sind in der Messtechnik längst keine Seltenheit mehr. Viele Applikationen greifen heute auf den PC als Messsystem zurück und gestatten dabei Anwendungen, die mit herkömmlichen Messgeräten oft kaum mehr realisierbar wären. Mit einem geeigneten Paket, bestehend aus Sensorik, Messhardware, PC und einer Standard-Messsoftware kann eine hohe Flexibilität bei sich ändernden messtechnischen Aufgabenstellungen erreicht werden.



Bild 1. Analoge und digitale Größen.

Um den PC als Messinstrument einzusetzen zu können, muss er "befähigt" werden, die zu erfassenden Signale aufzunehmen und zu verarbeiten. Darüber hinaus sollten Computer die verarbeiteten Informationen auch in laborgerechter Signalform ausgeben können, um gegebenenfalls auf das Experiment Einfluss nehmen. Um einen PC in ein komplettes Messlabor zu verwandeln, bedarf es dreier zusätzlicher Komponenten:

- der erforderlichen Sensorik zur Signalerfassung und Aufbereitung in eine Propor-

tionalspannung

- einer geeigneten Messhardware
- und der Messtechniksoftware.

Bei der Suche nach einer Messhardware für die Datenerfassung trifft man auf eine wahre Angebotsflut, während sich das Aufspüren eines einfach zu bedienenden Programms zur Messwertaufzeichnung wesentlich schwieriger gestaltet. Der vorliegende Artikel unterstützt mit Auswahlkriterien bei der Wahl der geeigneten Messhardware. Ein Folgeartikel in einer späteren Ausgabe von *Elektor* wird Hinweise zum Finden des richtigen messtechnischen Software-Produktes geben. Ein weiterer Beitrag über typische Sensoren zur Aufnahme physikalischer Größen ist ebenfalls geplant.

Verwandlungen

Die Welt um uns herum ist primär von analogen Größen bestimmt. Ein analoges Signal zeichnet sich dadurch aus, dass innerhalb eines

bestimmten Bereichs unendlich viele Größen kontinuierlich darstellbar sind. Bei einem Drehspulinstrument ist der Zeigerausschlag zum Beispiel direkt proportional dem fließenden Strom (**Bild 1**).

Die direkte Verarbeitung der analogen Signale mit Digitalrechnern, Mikroprozessoren oder DSPs ist nicht möglich, da diese das Signal nicht ständig "beobachten" können. Hierfür wäre theoretisch eine unendliche Rechenzeit erforderlich. Stattdessen kann ein Signal nur zu festen Zeitpunkten betrachtet werden, was zu einem so genannten zeitdiskreten Signal führt. Den Prozess, der aus einem zeitkontinuierlichen Signal ein zeitdiskretes Signal macht, bezeichnet man als Abtastung. Diese erfolgt üblicherweise in äquidistanten, das heißt gleich großen Zeitabständen. Die Zeit zwischen zwei Abtastungen heißt Abtastperiode. Der Kehrwert wird als Abtastfrequenz bezeichnet, einem wesentlichen Auswahlkriterium für Messhardware.

Um eine gut organisierte Auswahl

einer geeigneten Messhardware entsprechend der möglichen Aufgabenstellungen treffen zu können, empfiehlt es sich, zunächst eine Liste der erforderlichen Merkmale anzulegen. Diese Liste sollte folgende Kriterien umfassen :

- Steckplatzarchitektur der Messhardware
- Typ des Umsetzers
- Sample & Hold
- Auflösung
- Geschwindigkeit (Abtastrate)

Nachdem durch diese Überlegungen die Auswahl bereits etwas eingengt ist, muss noch eine Reihe weiterer Parameter in Betracht gezogen werden. Zu diesen zählen die Anzahl der Analog/Digital (A/D)-Eingänge, der Analogsignalbereich, die Anzahl der Digital/Analog (D/A)-Ausgänge, das erforderliche Digital-Interface, die Art der Start- und Stoppsignale für den A/D-Wandler sowie die Notwendigkeit galvanischer Trennungen. Alle diese Parameter sollten in der Reihenfolge ihrer Wichtigkeit aufgelistet werden, um den Auswahlprozess zu erleichtern. Nicht zuletzt jedoch sollten jene wichtigen Spezifikationen wie Preis, Lieferzeit und die Zuverlässigkeit eines Herstellers Berücksichtigung finden.

Steckplatzarchitektur

Für sämtliche standardisierten Steckplatzarchitekturen wird man bei den Messkarten-Herstellern fündig. So kann man je nach Anwendungsfall zwischen Komponenten für PCI, Compact PCI, PCMCIA, ISA, USB, Parallel-Port und COM-Port wählen. Aber wann sollte man welche Architektur verwenden? Die folgenden Ausführungen helfen bei den Beantwortung dieser Frage.

PCI

Die Schlüsselkomponente für den Systemdurchsatz ist das verwendete Bussystem. Trotz der teilweise dramatisch erhöhten Prozessorgeschwindigkeiten und Verbesserung der Systemspeicher bleibt die Kommunikation mit den Einsteckkarten die Komponente, die die Systemgeschwindigkeit am meisten einschränkt. Der ISA-Bus wurde viele

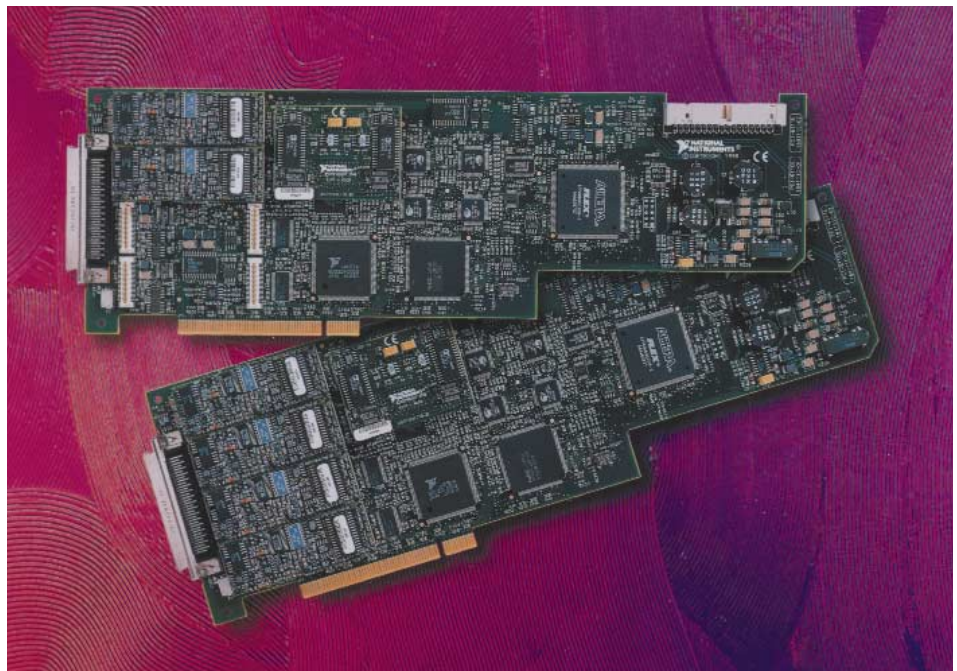


Bild 2. PCI Messkarten.

Jahre am häufigsten eingesetzt. Heute bietet er aber nicht mehr die nötige Kapazität, um die Vorteile der High-Speed-Prozessoren zu nutzen. Deshalb wurde der PCI- (Peripheral Component Interconnect) Bus ent-

wickelt. Er gestattet Datendurchsatzraten bis 132 MB/s.

Durch die PCI-Spezifikation und die Schnittstellenkomponenten ist garantiert, dass ein Prozessor-Upgrade die PCI-Komponenten nicht beeinflusst. Dies erhält den Wert Ihrer

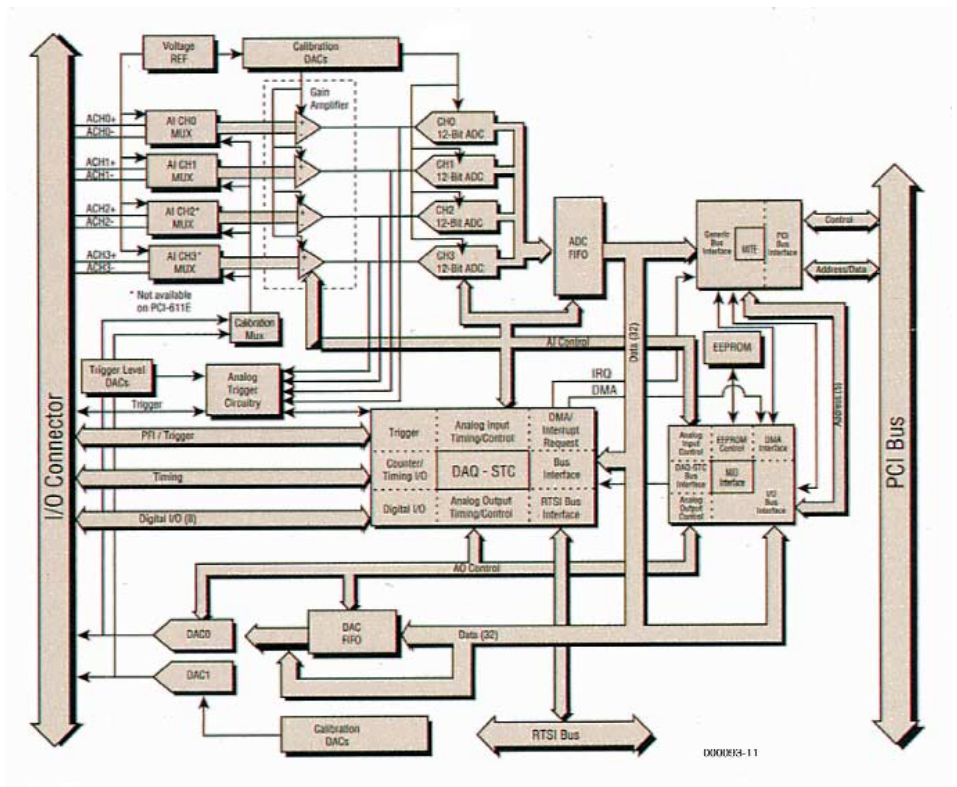


Bild 3. Blockdiagramm einer schnellen PCI-Messkarte.



Bild 4. Compact-PCI-System.

Hard- und Softwareinvestitionen und ermöglicht dadurch das Wechseln zu schnelleren CPUs.

Durch die weit gehende Akzeptanz der PCI-Spezifikationen innerhalb des PC-Marktes ist sichergestellt, dass diese Technologie auch langfristig zur Verfügung stehen wird.

Eine PCI-Lösung ist bei folgenden Randbedingungen zu empfehlen :

- Einsatz stationärer Messtechnik unter marktüblichen Betriebssystemen
- weitgehend industrietaugliche Steckverbindungen zwischen PC

- und Messhardware
- Preisspanne (in DM ohne gesetzliche Mehrwertsteuer) ca. 520...7600

Ein Beispiel für die mögliche superschnelle analoge Datenerfassung auf Basis des PCI-Busses stellt die Messwerterfassungskarte PCI-6110E des US Herstellers National Instruments dar (siehe Foto **Bild 2** und Blockdiagramm **Bild 3**). Sie erreicht eine Datenerfassungsrate von bis zu 5 MHz. Das Hauptaugenmerk bei der Entwicklung der Karte wurde darauf gelegt, mit hoher Abtastrate Daten zu erfassen und gleichzeitig einen kontinuierlichen, abtastlückenfreien Datenstrom zum Speicher des Host-Rechners bzw. zur Festplatte zu erzeugen und aufrecht zu erhalten. Die vier vorhandenen Differential-Analogeingänge (CH0...CH3) verfügen jeweils über einen eigenen 12-bit-A/D-Wandler, eine Simultanerfassung wird somit ermöglicht. Ein 8192 Sample großer FIFO-Buffer (ADC-FIFO) sichert den lückenlosen Datentransfer zum Host-PC. Ergänzt werden die analogen Eingänge durch zwei analoge 16-bit-Ausgabekanäle (DAC0, DAC1), acht Digitalkanäle (Digital I/O) und zwei 24-bit-Zähler (Counter/Timing I/O). Umfangreiche analoge und digitale Triggermöglichkeiten (PFI/Trigger) zum Starten bzw. Stoppen von A/D-Wandlung stehen zur Verfügung.

Compact PCI

Vorwiegend in industriellen Anwendungen ist der Compact-PCI-Bus schnell zum Standard in der Messdatenerfassung geworden, da die Anwender einen auf ihre speziellen Bedürfnisse zugeschnittenen Messcomputer mit hoher Zuverlässigkeit, Robustheit und Modularität gegenüber einem angepassten Bürocomputer bevorzugen, wie er für Standard PCI-Karten genutzt wird.

Compact PCI definiert ein kompaktes, modulares Rechnersystem (*Industrie-PC*) mit EMV/ESD-gerechtem Aufbau und nutzt den PCI-Bus mit seinem de facto Standard. Dadurch haben Anwender die Möglichkeit, alle Vorteile des PCI-Busses innerhalb einer Architektur zu nutzen. Durch die besonderen Steckverbindungen ist Compact PCI im 3HE-

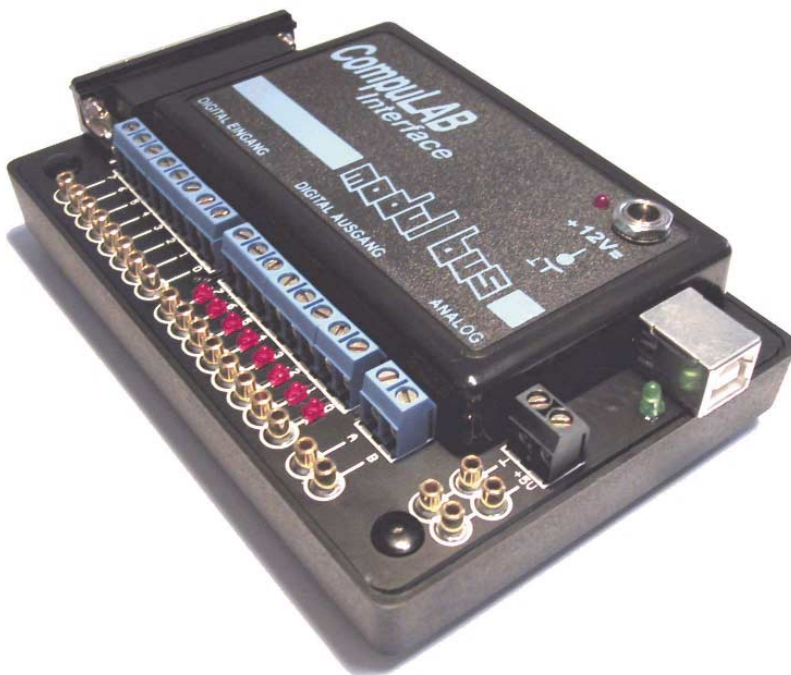


Bild 5. USB-Messhardware.

und 6HE-Eurokarten-Format besonders für den Einsatz in Industrieanwendungen gedacht und bietet im Gegensatz zu Stecksystemen im Büro-PC hervorragende mechanische Integrität und einfache Installation. Beim Komponententausch sind alle Rechnerkomponenten komplett von vorne zugänglich, ein wesentlicher Vorteil gegenüber einer Bürocomputer-Lösung. Die Produkte bieten darüber hinaus noch genauer definierte Spezifikationen zu Umgebungsbedingungen wie Vibration, Schock, Temperatur und Luftfeuchtigkeit in Industrieumgebungen und sind für Einsatzzeiten von 10 bis 15 Jahren konzipiert.

Eine Compact PCI-Lösung ist bei folgenden Randbedingungen zu empfehlen :

- Zuverlässige Bus-/ Slot-Verbinder
- Vibrations- und stoßsichere Befestigung der Karten mit Auswurfhebel und Sicherungsschrauben
- Robuste Industrie-Gehäuse für 19"-Rack-Montage
- Lüftung durch Konvektion oder industrielle Lüfter
- Systeme sind komplett von vorne zugänglich, sowohl was den Einbau der Karten als auch die Anschlüsse der Mess-/ Interface-Signale betrifft
- Dadurch ist eine einfache Wartung und Austausch von Komponenten möglich.
- Passive Backplane, Austauschbarkeit der CPU-Technologie (Compact-PCI-CPU-Karte) ohne Veränderung des I/O-Systems (Messkarte + Anschlüsse, Interfaces)
- 7 oder 13 freie Slots für Compact-PCI-Karten, erweiterbar mit Bus-Bridges/Bus-Erweiterungen
- Einsetzbar mit Intel-Prozessoren unter den Betriebssystemen Windows 95 / 98 / NT / 2000
- Preisspanne (in DM ohne gesetzliche Mehrwertsteuer) ca. 2000...9300

PCMCIA

Der PCMCIA- (Personal Computer Memory Card International Association) Standard legt Einzelheiten wie Größe, Leistungsaufnahme, Signalführung und Programmierung der Karten fest. Es sind drei ver-

schiedene PCMCIA-Kartentypen verfügbar :

- Typ I mit 3,3 mm Dicke (ursprünglich für Speicherkarten konzipiert, zu geringe Bauhöhe für Messtechnik-Hardware)
- Typ II mit 5,0 mm Dicke
- Typ III mit 10,5 mm Dicke

In portablen Computern werden oft zwei PCMCIA-Typ-II-Slots implementiert, die übereinander angeordnet sind. Damit sind zwei Typ I, zwei Typ II oder eine Typ III-Karte einsetzbar. Die Schnittstelle zum PC ist für alle Typen klar festgelegt.

PCMCIA-Komponenten reagieren leider oftmals empfindlich auf aktivierte Stromspar-Funktionen (Programm "Power.exe") oder installierte Multimedia-Treiber. Dies kann zu Datenübertragungsschwankungen zwischen Messkarte und PC und damit zum Abbruch einer Messwert-erfassung führen, einem sehr schwierig zu behandelndem Problem. Oftmals wird die Messkarte unter Windows 95/98 bei der Hardware-Installation auch nicht richtig erkannt und im Gerätemanager unter "Andere Geräte" eingetragen. Danach kann eine stundenlange Odyssee folgen, bis das System die Karte endlich akzeptiert. Auch mit der Belegung oder Nichtbelegung eines PCMCIA-Steckplatzes nehmen es einige Notebooks sehr genau, nicht verwendete Steckplätze sollten zur Vermeidung von Systemabstürzen in der Gerätesteuerung unbedingt deaktiviert werden.

Eine PCMCIA Lösung ist nur bei folgenden Randbedingungen zu empfehlen, ansonsten ist davon abzuraten und der Kauf einer USB-Messhardware als Alternative zu empfehlen:

- Der Messkartenhersteller räumt dem interessierten Käufer die Möglichkeit ein, dass dieser die PCMCIA-Messhardware zunächst auf dem PC ausprobieren kann. Nur so lassen sich die oben beschriebenen Probleme für den Kunden umgehen.
- Einsatz mobiler Messtechnik mit Notebooks unter den Betriebssystemen Windows 95 / 98 / NT / 2000
- Die Steckverbindungen zwischen PCMCIA-Messhardware und Anschlussbox für Sensorik muss nicht industrietauglich sein.

- Erfassung der Analog-Signale mit einer maximalen Summenabtastrate größer 100 kHz bei einer Signalaufösung im Bereich 12 ... 16 Bit erforderlich
- PCMCIA Messhardware kann ohne Aufschrauben des Rechners gesteckt bzw. gezogen werden
- Preisspanne (in DM ohne gesetzliche Mehrwertsteuer) ca. 650...2500

Parallel-Port

Die von der Firma Centronics zur Ansteuerung von Druckern entwickelte Schnittstelle hat sich zur Quasi-Schnittstelle im PC-Bereich entwickelt. Sie arbeitet mit paralleler Datenübertragung. Die maximale Entfernung zwischen Sender und Empfänger beträgt 8 m, da Leitungskapazitäten zu Kopplungen und Signalverformungen führen. Heute verdrillt man ungerne die Signalleitungen mit den jeweils im Stecker gegenüberliegenden Masseleitungen (Twisted-Pair-Verdrahtung). Aus diesem Grund empfehlen viele Hersteller eine maximale Leitungslänge von 3 Metern. Die Übertragungsgeschwindigkeit ist hardwareabhängig. Sie kann theoretisch 1 MByte/s betragen, jedoch dürfte die maximale Leitungslänge dann 1 m betragen.

Die Verwendung von Parallel-Port-Messhardware ist nicht unkritisch. Einige PCs "hängen" beim Booten des Betriebssystems, wenn derartige Messhardware bereits in Betrieb genommen worden ist. In solchen Fällen darf das Gerät erst nach dem Bootvorgang eingeschaltet werden. Oftmals sind auch Eingriffe in das Rechner-BIOS erforderlich, um eine kontinuierliche Datenübertragung zum PC zu gewährleisten (Umstellung von Schnittstellen-Protokollen).

Von der Verwendung einer Parallel-Port-Hardware wird aus heutiger Sicht im Allgemeinen abgeraten, wenn es auch USB-Alternativen gibt.

USB

Nahezu jedes PC-basierende System wird heute mit dem USB (Universal Serial Bus) ausgestattet. Dieser von führenden Unternehmen der PC-Industrie entwickelte Standard verspricht echte Plug-and-Play-Fähigkeit für Peripheriegeräte. Dies wird ermöglicht ohne Neukonfiguration des PC bzw. zusätzliche Interfacekarten. Obwohl ursprünglich für consumerorientierte Anwendungen entwickelt, ist heute ein großer Einfluss des USB auf sehr unterschiedliche Bereiche festzustellen. Die PC-Messtechnik profitiert durch solche Entwicklungen, spielt doch die Frage der Datenschnittstelle und das Handling eines Messsystems eine immer

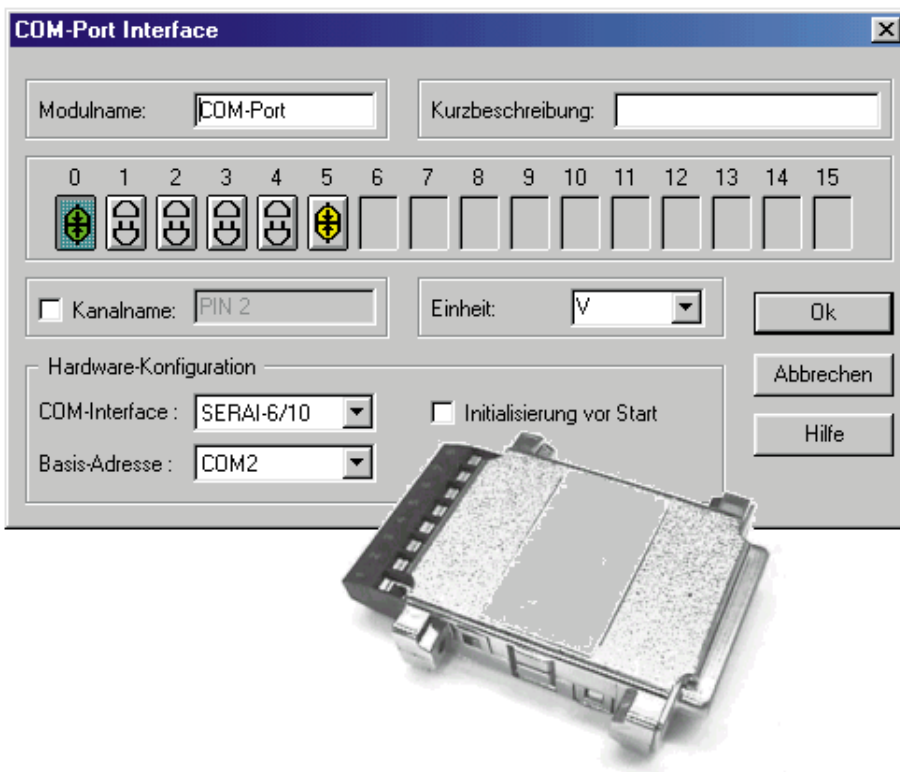


Bild 6. COM-Port Messhardware mit DASyLab-Treiber.

größere Rolle. Der USB verwendet vieradrige Kabel mit unterschiedlichen Steckern an beiden Enden. Die unterschiedlichen Stecker an PC und Gerät verhindern die Möglichkeit von Verwechslungen beim Anschluss. Der USB ist mit einer Datenübertragungsrate von lückenlos 12 MB/s und seinem deterministischen Zeitverhalten geradezu prädestiniert für die Messtechnik. Diese Übertragungsrate ist für viele Messanwendungen mehr als ausreichend und verringert darüber hinaus die Notwendigkeit eines teuren Speicherbaus im Messwerterfassungsgerät. Das System bietet die Möglichkeit, externe Geräte mit Spannung zu versorgen. Da über USB auch die Stromversorgung sichergestellt wird, benötigt man nur ein Kabel, um das Messgerät an den PC anzuschließen. Der Anwender kann mit einer geeigneten Messtechnik-Software extrem schnell seine Messungen durchführen, ohne den PC neu zu konfigurieren oder spezielle Karten einbauen zu müssen. Hat der Benutzer erst den USB-Treiber installiert, wird die Messhardware sofort automatisch angeboten. Das Betriebssystem des PC erkennt, ob die Messhardware angeschlossen oder wieder abgeklemmt ist.

Eine USB-Lösung ist bei folgenden Randbedingungen zu empfehlen :

- Einsatz mobiler Messtechnik mit Notebooks oder tragbaren PC-Gehäusen unter

den Betriebssystemen Windows 95 Rev. C / 98/2000

- weitgehend industrietaugliche Steckverbindungen zwischen PC und USB-Gerät
- Erfassung der Analog-Signale mit einer maximalen Summenabstastrate von 100 kHz bei einer Signalaufösung im Bereich 12 ... 16 Bit
- USB-Messhardware kann ohne Aufschauben des Rechners gesteckt bzw. gezogen werden
- Preisspanne (in DM ohne gesetzliche Mehrwertsteuer): 500...4000

ISA

Der ISA-(Industrial Standard Architecture-)Bus gestattet Durchsatzraten bis 16,7 MB/s. Von der Verwendung von ISA Hardware ist bei messtechnischen Standardaufgaben aufgrund der PCI-Alternativen abgeraten. In heute marktüblichen Rechnersystemen findet man immer weniger oder gar keine ISA-Steckplätze mehr, eine Investition in eine derartige Messhardware wäre also mit erhöhtem Risiko verbunden.

Preisspanne (in DM ohne gesetzliche Mehrwertsteuer): 220...15000

COM-Port

Die heute an fast allen üblichen Rechnern vorhandene Schnittstelle ist die RS232. Deshalb wird sie immer häufiger als universelle Schnittstelle eingesetzt, als die sie ursprünglich gar nicht vorgesehen war. Der Vorteil, einmal entwickelte Geräte an ganz verschiedene Computer anschließen zu können, wiegt bei weitem den manchmal etwas schwierigen Umgang mit der RS232 auf. Kostengünstige COM-Port-Interfaces in Verbindung mit Demosoftware-Paketen zur Messwerterfassung werden schon ab 199 DM angeboten (MJH-Software, siehe Adressen), in dieser Preislage gibt es auch schon digitale Multimeter mit RS232-Schnittstelle und (einfacher) Messsoftware.

Eine COM-Port Lösung ist bei folgenden Randbedingungen zu empfehlen :

- kostengünstiger Einsatz zur Erfassung von Analog-Signalen mit Abtastraten im Bereich 1 Hz ... 1 kHz und einer Signalaufösung im Bereich 8 ... 12 Bit unter den Betriebssystemen Windows 95/98/NT/2000
- COM-Port Messhardware kann ohne Aufschauben des Rechners gesteckt bzw. gezogen werden
- Wegen der relativ geringen Übertragungsgeschwindigkeit ergibt sich eine sehr große Übertragungssicherheit auch bei längeren Verbindungen bei geringer Störstrahlungsemission.
- Man kommt mit sehr einfachen Verbindungskabeln aus, die problemlos auch mit einer Potentialtrennung ausgestattet werden können.
- Preisspanne (in DM ohne gesetzliche Mehrwertsteuer): 60...530

A/D- und D/A-Wandler

Ein weiteres Kriterium bei der Kartenwahl ist die Anzahl der Signale, die gleichzeitig aufgezeichnet werden müssen. Zusammen mit der Frage nach der Geschwindigkeit wird der potentielle Kunde vor eine schwierige Entscheidung gestellt. Will er viele Eingangssignale gleichzeitig mit hoher Geschwindigkeit erfassen, wird es richtig teuer. Dann muss nämlich jeder Kanal mit einem

eigenen A/D-Wandler ausgestattet werden. Bei geringer Geschwindigkeit reicht dagegen auch ein einziger A/D-Wandler, dessen Eingang mittels eines Multiplexerbausteins auf die verschiedenen Eingangssignale umgeschaltet wird.

Sample & Hold

In kritischen Fällen sollten die Eingangssignale durch die Verwendung von Sample & Hold Bausteinen (miss und halte) eingefroren werden, bis die Konversion (siehe Abschnitt Geschwindigkeit) aller Kanäle abgeschlossen ist. Es besteht dann aber immer noch der Nachteil, dass die effektive Abtastrate eines Kanals umgekehrt proportional zur Anzahl der gemessenen Kanäle ist.

Auflösung

Bei der Auflösung handelt es sich um die kleinste Änderung, die von einem A/D-Wandler erkannt oder von einem D/A-Wandler produziert werden kann. Die Auflösung kann in Prozent des Skalenbereiches ausgedrückt werden. Die gebräuchliche Bezeichnung ist jedoch die Anzahl der Bits "n", wobei der Wandler 2^n mögliche Ausgangszustände annehmen kann.

Geschwindigkeit und Abtastrate

Zwei wichtige Messkriterien stehen sich gegenseitig im Wege - Geschwindigkeit und Genauigkeit. Die Geschwindigkeit ist umgekehrt proportional zur Konversionszeit, das ist die Zeit, die der A/D-Wandler für die Umwandlung eines analogen Signals in sein digitales Pendant benötigt. Und diese wächst mit der benötigten Genauigkeit. Dabei stellt die Breite des digitalen Signals (z.B. 8, 10, 12 oder 16 Bit) nur einen die Konversionszeit beeinflussenden Faktor dar. Auch das Konversionsverfahren bestimmt die Konversionszeit und damit den Preis. Die Abtastrate wird bestimmt durch die Konversionszeit des A/D-Wandlers, wobei die höchste Abtastrate der Kehrwert der Konversionszeit ist, wenn nicht sekundäre Faktoren (Prozessorgeschwindigkeit etc.) die

Einige Anbieter von Messhardware

ADLink Technology Inc. und IOtech Inc. - zu beziehen über DATALOG Systeme zur Messwerterfassung GmbH & Co. KG, Trompeterallee 110, D-41189 Mönchengladbach (Tel. +49-2166-9520-0, Fax +49-2166-9520-20, E-Mail info@datalog-kg.de, <http://www.datalog-kg.de>)

AK Modul Bus Computer GmbH, Ferrieres Straße 20, D-48369 Saerbeck (Tel. +49-2574-8090, Fax. +49-2574-937129, E-Mail service@modul-bus.de, <http://www.modul-bus.de>)

BMC Messsysteme GmbH, Peter-Henlein-Str. 4, D-82140 Olching (Tel. +49-8142-472713-0, Fax. +49-8142-472713-9, E-Mail info@bmc-messsysteme.de, <http://www.bmc-messsysteme.de>)

ComputerBoards Inc. - zu beziehen über Plug-In Electronic GmbH, Ringstr. 48, D-82223 Eichenau (Tel. +49-8141-3697-0, Fax. +49-8141-3697-30, E-Mail PLUG-IN@t-online.de, <http://www.PLUG-IN.de>)

Data Translation GmbH, Im Weilerlen 10, D-74321 Bietigheim-Bissingen (Tel. +49-7142-9531-0, Fax +49-7142-9531-0, E-Mail info@datx.de, <http://www.datx.de>)

DATTEL GmbH, Postfach 150826, D-80045 München (Tel. +49-89-544334-0, Fax +49-89-536337, E-Mail datel.gmbh@datel.com, <http://www.datel.com>)

Josef Häuser, Am Stadion 28, D-07629 Hermsdorf (Fax +49-36601-82313, E-Mail jhaeuser@tridelta-hermsdorf.de)

KEITHLY Instruments GmbH, Landsberger Str. 65, D-82110 Germering (Tel. +49-89/849307-40, Fax +49-89/849307-34, <http://www.pc-data-acquisition.com>, <http://www.keithly.de>)

KOLTER ELECTRONIC, Steinstrasse 22, D-50374 Erftstadt (Tel. +49-2235-76707, Fax +49-2235-72048, E-Mail service@pci-card.com, <http://www.pci-card.com>)

National Instruments Germany GmbH, Konrad-Celtis-Strasse 79, D-81369 München (Tel. +49-89-7413130, Fax +49-89-7146035, E-Mail ni.germany@ni.com, <http://www.natinst.de>)

SORCUS Computer GmbH, Im Breitspiel 11, D-69126 Heidelberg (Tel. +49-6221/3206-0, Fax +49-6221/3206-66, <http://www.sorcus.com>)

Abtastrate weiter herabsetzen. Das Abtast- oder Sampling-Theorem besagt, dass für eine sinusförmige Eingangsspannung am A/D-Wandler mindestens drei Punkte pro Periode bestimmt werden müssen, damit keine Information verloren geht. Will man allerdings den Verlauf des Eingangssignals eindeutig wieder erkennen, erfordert dies mehr Messpunkte pro Periode. Eine Faustregel gibt 10 Messpunkte an für eine Periode des zu messenden Eingangssignals. Das bedeutet in der Praxis, dass die höchste sinnvoll aufzeichnbare Frequenz eines Signals etwa 1/10 der Abtastrate beträgt. Ein Zahlenbeispiel zeigt die

Beschränkung beim praktischen Einsatz der Messhardware. Eine Karte besitzt einen A/D-Wandler mit einer Abtastrate von 100 kHz. Es besteht die Möglichkeit, 16 Kanäle über einen Multiplexer abzutasten. Somit wird die effektive Abtastrate pro Kanal auf $100/16$ kHz = 6,25 kHz reduziert. Entsprechend der oben genannten Faustregel können mit dieser Karte also höchstens Signale mit einem Frequenzanteil von bis zu 625 Hz erfasst werden. Sinnvoller wäre es, wenn die Anzahl der abzutastenden Kanäle eingeschränkt oder frei bestimmt werden könnte. Dies ist bei den meisten Karten der Fall. Die Karte in unserem Beispiel wäre dann auch für Messungen im NF-Bereich geeignet.

000093e