

Kennung: PC-MT01
Datum: 02.05.95
Stichworte: PC, Meßtechnik, Schnittstellen

Klaus Kohl

Meßtechnik mit dem PC

Der Autor entwickelt für die Firma BMC Systeme GmbH unter anderem PC-Meßkarten mit entsprechender Software. Einige der dabei ermittelten Möglichkeiten und Probleme soll in der hiermit begonnen Serie erläutert werden. Ziel dabei ist, einen vorhandenen PC mit möglichst geringen Aufwand zu einem Meß- und Steuercomputer auszubauen. Der erste Artikel dient dabei als Übersicht und behandelt in einem Rundumschlag die Vor- und Nachteile der später verwendeten Schnittstellen. Außerdem werden noch einige bei Erstellung von Meßprogrammen erkannten Probleme aufgeführt. In den folgenden VD's wird das Thema Meßtechnik und PC mit folgenden Inhalten noch ausführlicher behandelt:

- * Beschreibung der PC-Schnittstellen und dessen Programmierung
- * Bau einfacher Hardware zur Nutzung der Schnittstellen
- * Informationen zur Verwendung verfügbarer Meßsysteme
- * Tools für eigene FORTH-Programme
(Hardwareansteuerung und Auswertprogramme)

1. PC-Schnittstellen

Schon in der Grundausstattung wird ein PC mit vielen Schnittstellen geliefert. Darunter fallen vor allem der Druckerport oder die serielle Schnittstelle. Weitere Ein-/Ausgabekanäle erhält man gegen geringen Aufpreis (z.B. Joystick) oder wurden im Rahmen der Multimedia-Anwendung integriert (z.B. Soundblaster). In diesem Kapitel liegt der Schwerpunkt der Betrachtungsweise hauptsächlich auf die unmittelbare Verwendbarkeit solcher Schnittstellen für Ein- und Ausgabe.

1.1. Vor- und Nachteile

Die folgende Liste führt die bei üblichen PC's verfügbaren Schnittstellen und dessen Vor- und Nachteile auf.

	Vorteile	Nachteile
Druckerport	Normierte Steckerbelegung Normierte (TTL-)Pegel 8+3Bit als Ausgang 5 Bit als Eingang Hohe Ausgabefrequenz möglich eingeschränkte Interruptfähig Auch bei Laptop's verfügbar	Sinnvolle Ausgabebreite: 8 Bit Als Eingang oft nur seriell nutzbar Portumschaltung nicht standardisiert Blockiert Druckerausgabe Nur gering belastbar

Serielle Schnittstelle	Normiertes Datenformat Interruptfähig Auch bei Laptop's verfügbar Vom DOS unterstützt	Geringe Geschwindigkeit Aufwendiges Interface notwendig Spannungspegel $\pm 3.. \pm 12V$ Nur gering belastbar
Gameport	4 Analogkanäle und 4 Digitalkanäle Meist schon eingebaut Standardisierte Steckerbelegung Teilweise vom DOS unterstützt	nicht kalibriert Analogwerte sind in Assembler- schleifen selbst zu ermitteln.
Buskarte	Interruptfähigkeit möglich (Busmaster)DMA-Fähigkeit möglich Sehr schnell Für alle Anwendungen erhältlich	Belegt internen Steckplatz Belegt I/O-Adressen Teuer

1.2. Einsatzmöglichkeiten

Jedes der vier oben angegebenen Schnittstellen hat für die Meßtechnik ihre Hauptanwendungen auf verschiedenen Gebieten. Hier sind nur einige der Anwendungen aufgelistet:

Druckerport:

- Direkte Ansteuerung von Schrittmotoren über entsprechende Treiberbausteine
- Ansteuerung von seriell ladbaren Bausteinen wie:
 - D/A-Wandler
 - Sinusgeneratoren
 - Filter
- Abfragen von seriell auslesbaren A/D-Wandler
- Schnelles Übertragungsmedium zwischen PC's

Serielle Schnittstelle

- Kommunikation mit externen Meßsystemen
- Abfrage und Steuerung seriell programmierbarer A/D-D/A-Wandler

Gameport

- Abfrage eines Joysticks
- Realisierung eines einfachen A/D-Wandlers
- Abfrage von bis zu 4 Digitalsignale

Buskarten

Die Steckkarten für PC's sind in fast allen Ausführungen verfügbar. Ohne externe Schaltungen sind die einzigen Limitierungen der Stromverbrauch und der verfügbare Platz. Leider können nur selten diese Steckkarten in Laptops integriert werden. Dies begrenzt die Portabilität dieser "Meßsysteme".

2. Probleme beim Messen mit PC's

2.1. Stromversorgung

Normalerweise ist an Einsatzstellen von PC's ausreichende Stromversorgung vorhanden. Wenn aber auf externe Beschaltungen verzichtet wird, muß mit den bereitgestellten Leistungen des PC's ausgekommen werden. Diese liegen bei den angeführten Schnittstellen wie folgt:

Druckerport:	Frühere Druckerports waren mit 8255 realisiert, die auf TTL-Basis bis zu 20mA auf Masse ziehen konnten. Mit der jetzigen CMOS-Logik zeigt sich in der Praxis, daß noch 5..10mA aus einer Druckerleitung gezogen werden können.
Serielle Schnittstelle:	Die Versorgung von verfügbaren seriellen Mäusen oder Optokoppler geschieht über Statusleitung des seriellen Ports. Durch Spannungsinverter werden die meist gelieferten -12V in positive 5V gewandelt. Es werden dabei Ströme von 10-20mA gezogen.
Gameport:	Anders als Druckerport und serielle Schnittstelle stellt dieser Port die Versorgungsspannung direkt zur Verfügung. Die Belastbarkeit ist wegen mangelnden Einsatzes nicht bekannt.
Buskarten:	Die Belastbarkeit der PC-Versorgung ist hier sehr groß und nur durch das Netzteil begrenzt. Oft muß aber für genaue Meßdatenerfassung eine galvanische Trennung eingebaut werden. Der mechanische Einbau der Karte zwischen Anderen wie Grafikkarte und Harddiskinterface erhöhen die Gefahr des Übersprechens von Störsignale.

2.2. Betriebssysteme

Der Einfluß des Betriebssystems auf die Meßdatenerfassung soll hier hinterleuchtet werden. Dabei werden Probleme angesprochen, die nur selten oder erst nach vollständigem Aufbau einer Applikation erkannt werden.

2.2.1. (MS)DOS

Das MSDOS-Betriebssystem ist im Normalfall nur auf Anforderung aktiv und blockiert deshalb auch keine Sourcen des Systems. Es gibt aber einige Ausnahmen:

Timerinterrupt:

Alle ca. 54,9255ms ($\text{Bustakt } 1193180\text{Hz} / 65536 = 18.2\text{Hz}$) wird ein Timerinterrupt durch Timer0 ausgelöst. Dieser Interrupt veranlaßt das Weiterzählen der internen Softwareuhr und der Aufruf evtl. eingebundener (BASIC-) Routinen. Wer in eigenen Routinen genaues Timing benötigt, muß alle Interrupts abschalten und danach die interne Uhr gemäß der meistens vorhandenen Hardwareuhr nachstellen.

Tastaturinterrupts:

Die Tastatur liefert bei Wechsel der Taste (Drücken und Loslassen) einen Interrupt, der das DOS zur Abfrage und Auswertung des Tastenports veranlaßt. Im Prinzip gilt das gleiche wie beim Timerinterrupt.

Speicherrefresh:

Dieser eigentlich nicht dem DOS zuzuordnenden Punkt bewirkt ebenfalls eine nicht vom Programm steuerbare Verzögerung. Durch diesen Refresh ist selbst bei abgeschalteten Interrupts ein geringes Wobbeln in der Schleifendauer bemerkbar.

SMARTDRIVE und Harddisk-/Floppyzugriffe:

Dieser Software-Harddiskpuffer ist normalerweise sehr nützlich für Programme, weil dadurch die I/O-Zugriffe minimiert werden. Leider haben sie auch den Nachteil, daß dann bei Diskzugriffe größere Datenmengen übertragen werden und dadurch der Rechner für meh-

rere Millisekunden stillgelegt werden kann. Bei direkter Übertragung von Meßdaten auf Festplatte sollte deshalb auf diese Option verzichtet werden.

EMM386:

Auch der Speichermanager für erweitertes RAM ab 386-Rechner ist ein Wolf im Schafspelz. Obwohl er normalerweise nicht bemerkt wird, überwacht er I/O-Zugriffe und die Speicheraufteilung. Da nur er weiß, wo tatsächlich der angeforderte Speicher physikalisch vorhanden ist, ändert er bei Programmierung der DMA Parameter. Der einzige für den Anwender "sichtbare" Nachteil ist die Blockierung von Interrupts von bis zu 50µs (386SX-16). Dies macht leider die Interrupt-Datenabtastung ab 20kHz unmöglich.

2.2.2. Windows

Das Windows ist ein großer Resourcefresser und blockiert meist alle Systemfeatures. Da es nicht auf Echtzeit getrimmt ist und auch kein echtes, interruptgesteuertes Multitasking unterstützt, ist eine zeitsynchrone Datenerfassung eigentlich nicht mehr möglich. Falls man trotzdem eine DOS-Anwendung in einem Windows-Fenster laufen läßt, so hat man viele Probleme:

- I/O-Adressen sind nicht beliebig verfügbar (z.B. Druckerport)
- Ein 4kHz-Timerinterrupt blockiert auch einen 486AT-33 vollständig

Jedoch auch mit Windows-Programme bleiben viele Schwierigkeiten

- I/O's, Interrupts und DMA's sind nur mit erheblichen Programmieraufwand verfügbar
- Exaktes Timing unter Windows problematisch

Neuere Windows-Versionen (Windows NT und Windows 95) machen die Hardwareansteuerung noch schwieriger, da nur über geeignete VxD's oder DLL's darauf zugegriffen wird.

2.3. Hardwareschnittstellen

2.3.1. I/O-Adressen

Der PC hat normalerweise 1024 I/O-Adressen verfügbar. Davon werden aber sehr viele schon durch die vorhandene Hardware und den vielen Schnittstellen belegt. Zusätzliche Grafikkarten, Netzwerk-Soundkarten begrenzen die Auswahl noch erheblich. Übrig bleiben dann eigentlich nur noch die Bereiche \$110-\$1EF, \$208-\$21F, \$230-\$26F, \$280-\$2AF, \$300-\$31F und \$340-\$35F.

2.3.2. Interrupt

Durch das System und durch die PC-Steckkarten sind viele Interruptquellen angebbbar, die alle auf zwei Interruptcontroller des AT's laufen.

TIMER0-Interrupt:

Wie schon oben angesprochen, wird dieser Interrupt sowieso schon durch das Betriebssystem verwendet. Es hat sich in der Praxis gezeigt, daß er sehr gut für ständige Aktivitäten wie Messungen im (Interrupt-)Hintergrund verwendbar ist. Im BMC-Meßprogramm Next-View wird z.B. der Interrupt von 18.2 auf 4000Hz geändert und bei jedem Auslösen eine Messung an einem Eingang durchgeführt. Man muß nur darauf achten, daß das Betriebssystem weiterhin seinen 18.2Hz-Interrupt erhält. Ein weiterer Vorteil ist, daß der Interruptcontroller nicht umprogrammiert werden muß.

Tastaturinterrupt:

Dies ist der einzige Interrupt, der durch Einfluß des Bedieners über Standardhardware ausgelöst werden kann. Ein sinnvoller Einsatz ist z.B. das Abbrechen des Abastprogrammen.

Der Vorteil ist, daß während des Programmlaufes keine zusätzliche Programmzeit belegt wird.

Interrupt der serielle Schnittstelle:

Ebenfalls angenehm ist die Möglichkeit eines Interrupts bei der seriellen Schnittstelle. Da aber das Betriebssystem ab 9600Baud nicht mehr verwendet werden kann, bleiben hier nur eigene Interruptprogramme. Terminalprogramm (auch in FORTH) haben gezeigt, daß 115200Baud keine Probleme bereiten, wenn der Interrupt nicht zu lange gesperrt wird.

Die einzige Konkurrenz sind noch die Mäuse bei PC's. Sie belegen ebenfalls eine Schnittstelle und eine Interrupt. Man muß bei eigenen Programmen darauf achten, daß nur die vorgesehene Schnittstelle verwendet und die Einstellung der Mausschnittstelle nicht verändert wird.

Druckerinterrupt:

Über eine Statusleitung kann ein Latch gesetzt werden, daß einen Interrupt bei bestimmten Pegel an Druckerport-Eingängen auslöst. Damit kann der PC Fehler wie "PAPER-END" erkennen. Die gleichen Statusleitungen lassen sich natürlich auch zu Handshake-Zwecke bei eigener Hardware mißbrauchen.

2.3.3. DMA

Insgesamt sind in einem AT bis zu 4 8Bit- und 3 16Bit-DMA's vorhanden. Bis auf die 8Bit-DMA für die Floppy sind alle für den Anwender verfügbar. Leider gibt es auch einige Nachteile:

- DMA's sind nur über eine Buskarte anzusteuern
- Zieladressen einer 8Bit-DMA müssen in einem 64K-Segment sein
- Zieladressen einer 16Bit-DMA müssen in einem 128K-Segment sein
- Einzelübertragung bei-DMA's dauern sehr lang (bis zu 7us)

In der Praxis hat sich gezeigt, daß bei Übertragung von Einzelwerten per DMA von Meßkarte in Speicher das Limit mit heutiger Hardware bei ca. 100kHz liegt. Darüber hinaus ist mit entsprechenden FIFO-Buffer zu arbeiten.

Ein weiteres Problem sind die verfügbaren SCSI-Controller mit Busmasterbetrieb. Diese können bei gleichzeitigem Zugriff auf Harddisk das gesamte AT-Bussystem für mehrere 10us blockieren und dadurch das rechtzeitige Abholen von Daten verhindern.

3. Anmerkung zum Kauf von Meßkarten

Da sich diese Serie durch das nur viermal im Jahr erscheinende Medium auf einen großen Zeitrahmen verteilt, soll schon in dem ersten Artikel ein Tip zum Kauf von Meßkarten erfolgen. Dies vor allem vor dem Hintergrund des ab nächsten Jahres zwingend notwendigen CE-Zeichens, daß viele Vertriebe zur Aufgabe billiger Meßkarten zwingt. Da der Autor aber nicht die Meß- bzw. Steueraufgabe kennt, kann er hier nur in Stichpunkten die wichtigsten Fragen aufführen. Man sollte an Hand dieser Liste die verfügbaren Meßkarten oder -Systeme beurteilen. Manchmal muß man den Vorteil eines schnellen und genauen Systems gegen den hohen Preis abwägen. Billige System erfordern dagegen meist großen Programmieraufwand oder sind sehr langsam.

- Einsatzort
 - freier Platz im PC (Laptop ?) und verfügbare Versorgung
 - Umgebung (Temperatur, Staub, Erschütterungen)
 - ausreichende Rechengeschwindigkeit (evtl. Karte mit eigener „Intelligenz“ notwendig)
- Form (Länge: halb, dreiviertel oder voll; Bauhöhe; Abschirmung, Kontaktschutz)
- Veränderbare I/O-Adressen, Interrupts und DMA´s (bei Laptops oft Einschränkungen)
- Umsetzung des zu erfassenden Signals in die meßbare Spannungen (Verstärkermodule)
- Programmtools
 - Sofort einsetzbare Meß- und Auswerteprogramme
 - Grundroutinen für eigene Programme
- Beschreibung
 - Ausreichende Dokumentation der physikalischen Parameter (Stromverbrauch, Genauigkeit)
 - Ausreichende Programmierbeschreibung (Port, Abfrage von Meßwert)
- Preis und Verfügbarkeit