

# Entwicklung eines modularen Meßsystem für akustische Anwendungen

Jochen Kleber, Institut für Technische Akustik, RWTH-Aachen, jkl@akustik.rwth-aachen.de

## Einleitung

Es wird ein Meßsystem vorgestellt, das eine mehrkanalige Messung für verschiedene Signalarten ermöglicht. Mögliche Anwendungen wären z.B. die Erzeugung eines komplexen Schallfeldes mit mehreren Lautsprechern, oder die gleichzeitige Erfassung unterschiedlicher Meßgrößen wie Schalldruck, Oberflächenschnelle (Laservibrometer) und Beschleunigung, wobei das Meßobjekt mit mehreren Shakern angeregt werden soll. Moderne Meßsysteme für akustische Anwendungen basieren häufig auf PC-Plattformen, weshalb als Grundfunktion der Messhardware eigentlich nur die Digitalisierung und Aufbereitung von Meßsignalen anzusehen ist. Die Weiterverarbeitung, Auswertung, Erzeugung und Speicherung von Signalen, sowie die Steuerung der Hardware erfolgt durch den PC.

Meistens bestehen allerdings bei kommerziellen Lösungen Probleme durch begrenzte Programmiermöglichkeiten und vor allem durch Windows oder Soundkarten bedingte unsaubere Zeitbezüge zwischen den Kanälen. Daher wird hier ein Konzept verfolgt, welches eine freie Programmiermöglichkeit (z.B. unter Matlab) ermöglicht, unter Beibehaltung sämtlicher Anforderungen an Meßpräzision und exaktes Timing.

## Modulares Konzept

Die Meßaufgaben unterscheiden sich hauptsächlich in der Art der Signalkonditionierung, und der Anzahl der Kanäle, wobei gleichzeitig die Erfassung von unterschiedlichen Signalarten möglich sein soll. Deshalb ist die eigentliche AD- und DA-Umsetzung unabhängig vom Signal. Hierfür bietet sich ein modulares Konzept an, bei dem das Gerät in folgende Gruppen eingeteilt wird:

- Analoge Eingänge (Vorverstärker, Filter)
- Analog/Digital-Umsetzer
- Digital/Analog-Umsetzer
- analoge Ausgänge (Endstufen)
- Steuerung (Microcontroller, RS-232)

Für spezielle Meßaufgaben ist also nur die Entwicklung von neuen Ein- bzw. Ausgangsmodulen erforderlich. Auch die Weiterentwicklung von vorhandenen Modulen mit verbesserten Bauelementen ist möglich. Gerade im Hochschulbereich ist die Verteilung der Entwicklungsarbeit auf in sich

geschlossene Projekte, die in relativ kurzer Zeit realisiert werden können, ein weiterer Vorteil.

Die Anbindung der Audiosignale an den PC erfolgt digital über vier AES/EBU-Schnittstellen. Zur Steuerung und Abfrage des Frontends wird die RS232 oder MIDI-Schnittstelle verwendet. Dadurch ist auch die Trennung von PC und Frontend möglich und sinnvoll. Da die Einstellung sämtlicher Zustände des Frontends, z.B. Eingangsverstärkung, auch direkt am Gerät möglich ist, kann es z.B. auch als hochwertiger AD-Umsetzer in Verbindung mit einem DAT-Recorder verwendet werden. Auch die Anbindung an eine vorhandene Meßsoftware mit handelsüblichen Soundkarten oder eine Matlab-Umgebung ist möglich. Die grundlegende Hardware wurde von einem universellen DSP-System abgeleitet.

## Analog-Digital-Umsetzer

Der Analog-Digital-Umsetzer ist vierkanalig ausgelegt. Falls die Meßdynamik eines Kanals (113 dB, linear 20Hz...20kHz) nicht ausreichen sollte, besteht die Möglichkeit, zwei Kanäle zu einem Zweibereich-AD-Umsetzer zu kombinieren. Mit weiteren Maßnahmen läßt sich eine Eingangsdynamik von 130 dB erzielen. Dem mit 24 Bit und maximal 96 kHz arbeitenden AD-Umsetzer-Modul können zwei verschiedene Zweikanal-Input-Module vorgeschaltet werden.

## Digital-Analog-Umsetzer

Der zweikanalig ausgelegte Digital-Analog-Umsetzer arbeitet ebenfalls mit 24 Bit und maximal 96 kHz. Der Pegel kann durch einen DSP und einen analogen Abschwächer in weiten Bereichen mit hoher Genauigkeit eingestellt werden. Die für Hörversuche erforderliche knackfreie Pegeländerung wird durch einen Softfader mit vorgebarerer Änderungsgeschwindigkeit erreicht.

## DSP-PCI-Karte

Da viele Meßprogramme und Softwareentwicklungen in einer Windowsumgebung verwendet werden, hat man oft das Problem, die Kontrolle über den zeitlichen Bezug der Kanäle untereinander, sowie zwischen Ein- und Ausgang

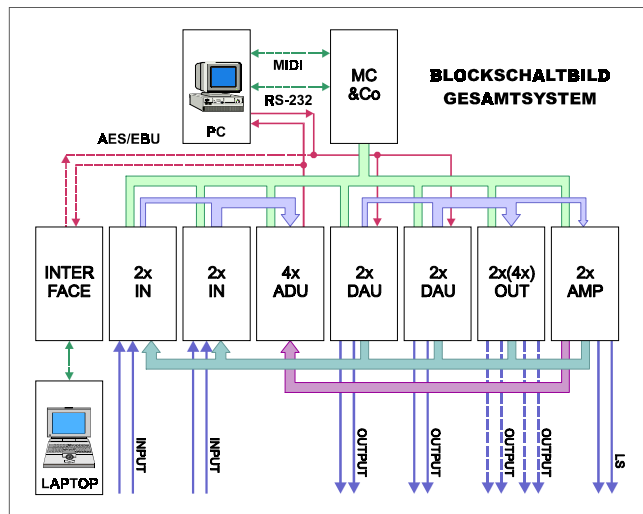
zu behalten, wie es z.B. für MLS-Messungen erforderlich ist.

Deshalb wurde basierend auf dem DSP56301 von Motorola eine PCI-Karte entwickelt, die diese Synchronisation sicherstellt. Hiermit können gleichzeitig 8 Kanäle aufgenommen und wiedergegeben werden. Falls erforderlich, ist auch eine Vorverarbeitung der Audiosignale durch den DSP möglich, wie z.B. die Berechnung von Terzpegeln für Langzeitmessungen, oder eine Abtastratenreduktion. Auch die Reaktionszeit auf Benutzereingaben z.B. bei Hörversuchen konnte hierdurch deutlich verringert werden.

Die Schnittstelle zu eigenen Applikationen stellt ein einfaches C-Programm dar, daß als Grundfunktion die gleichzeitige 8-kanalige Aufnahme und Wiedergabe von Audiodateien zwischen Festplatte bzw. Speicher und Frontend bietet. Ausgehend von diesem Programm wird demnächst eine Einbindung des Systems unter MATLAB realisiert.

### Vierkanal-Frontend

Eine sinnvolle Konfiguration die in einem 19“ Gehäuse realisiert werden kann, zeigt das Blockschaltbild.



Hier sind für eine 4-Kanal-AD-Karte 2 Zweikanal-Eingangsmodule vorgesehen, die für verschiedenen Signalarten gewählt werden können. Die Eingangsverstärkung innerhalb eines Moduls ist getrennt wählbar. Für hochwertige Messungen können zwei Kanäle des AD-Umsetzers zusammenschaltet werden, wodurch sich eine Messdynamik von 130 dB ergibt. Wiedergabeseitig sind maximal 2 Zweikanal-DA-Karten vorhanden, die mit einem Linepegelausgang ausgestattet sind. Für spezielle Anwendungen kann ein zusätzliches Zweikanal-Analogmodul nachgeschaltet werden, z.B. ein Stromquellenausgang. Weiterhin ist eine

Stereoendstufe enthalten die 2x 60 W oder 1x 100 W an 4 Ohm liefern kann.

### Hörschwellenmeßplatz

Dieses System wird von der PTB zur Messung der Ruhehörschwelle mit und ohne Gehörschützer eingesetzt. Hierzu wird über eine Tetraederanordnung von Lautsprechern ein künstliches diffuses Schallfeld nach ISO 8253-2 erzeugt, in dem der Proband plaziert wird. Beliebige Testsignale, z.B. Terzrauschen, die als mehrkanalige Datei vorhanden sind werden vierkanalig vom PC ausgegeben. Da der Pegel kontinuierlich mit einer vorgegeben Geschwindigkeit verändert werden muß, werden die vier unkorrelierten Signale durch die auf den DA-Modulen vorhandenen DSPs im Pegel gesteuert.

Der zeitliche Bezug zwischen dem aktuellen Pegel und der Antwort des Probanden, die über einen Taster erfolgt, wird vom Frontend erfasst. Die Hörtests werden mit der Eingabelungsmethode oder dem Bekesy-Verfahren durchgeführt.

### Elektroakustik-Meßplatz

Ein weiteres Beispiel für eine Anwendung, bei der ein Objekt vom Meßsystem angeregt wird, ist ein Meßplatz zur Untersuchung von Lautsprechern. Durch intern schaltbare Verbindungen können z.B. Endstufenausgänge und Mikrofoneingänge verbunden werden, wodurch eine automatische Referenzmessung möglich ist. Durch die Referenzmessung können Amplituden und Phasenfehler eliminiert werden. Auch die Strom-/Spannungsmessung zur Bestimmung des komplexen Impedanzverlaufs ist durch interne Verschaltungen möglich.

### Zusammenfassung

Es wurde ein Meßsystem vorgestellt, daß hinsichtlich der Signalaufbereitung und Kanalanzahl für komplexe Meßaufgaben eingesetzt werden kann. Durch entsprechende Schnittstellen besteht die Möglichkeit, dieses System z.B. in eine eigene MATLAB-Umgebung einzubinden.

### Literatur

[1] Sapp, Kleber: „Universal Audio Signal Processing System“, Acustica united with acta acustica 86 (2000) No. 1, p 185