

Analoges Vielkanal-Datenerfassungs-System

Es wurde ein Vielkanal-Datenerfassungssystem mit folgenden Eigenschaften entwickelt: niedrige Kosten, hohe Kanalzahl, Abtastrate für Audioanwendungen, 16 Bit Genauigkeit, hohe Speicherkapazität und weitgehend autonomer Test der eigenen Funktionsfähigkeit und der Signalgüte. Das System besteht aus 128-Kanal-Modulen mit eigenem Massenspeicher und eigener Benutzeroberfläche. Mehrere Subsysteme können unter einem Steuerrechner zusammenarbeiten. Ein spezielles Synchronisationsverfahren erhält dabei die sehr hohe zeitliche Abtastgenauigkeit über alle Subsysteme aufrecht. Nach einjähriger Software-Entwicklung an einem 128-Kanal-System wurde ein 512-Kanal-System in der PTB für biomagnetische Anwendungen in Betrieb genommen. Das System wurde in enger Kooperation mit der Firma LAY-Audiotechnik, Berlin entwickelt.

Das 128-Kanal-Subsystem

Das Subsystem ist in einem 19-Zoll-4-HE-Einschub untergebracht (Bild 1). Die hintere Hälfte des Einschubs enthält ein PC-Motherboard und zwei Festplatten. Das Motherboard ist mit einer SVGA-Karte, einem SCSI-Controller und zwei speziell entwickelten PCI-Karten mit je vier digitalen Signalprozessoren (DSP) sowie mit einer speziellen ISA-Karte zur Takt-Synchronisation bestückt. Die vordere Hälfte des

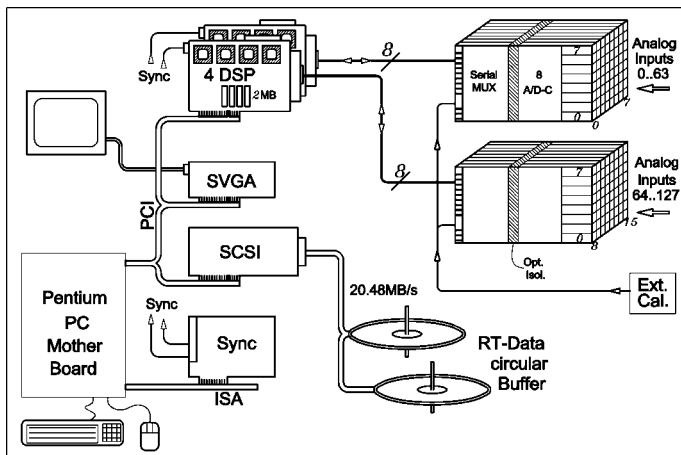


Bild1: Datenfluss in einem 128-Kanal-Subsystem

Einschubes enthält 16 Analog-Karten mit insgesamt 128 Kanälen.

Jede Analog-Karte enthält acht gemeinsam potentialfreie symmetrische Eingänge. Das Gleichspannungssignal ist an jedem Eingang mit einem zweistufigen D/A-C bis zum vollen Aussteuerbereich kompensierbar. Nach einstellbarer Verstärkung werden die Eingangssignale mit untereinander synchronisierten Delta-Sigma-A/D-Cs umgesetzt. Die zentrale Taktversorgung synchronisiert alle A/D-Cs. Wenn mehrere Subsysteme zusammengeschaltet sind, werden deren Taktversorgungen extern miteinander synchronisiert.

Die digitalen Ausgänge der A/D-Cs werden optisch zu den Gleitkomma-DSPs übertragen. Jeder DSP bedient 16 Kanäle. Bei voller Abtastrate übertragen die DSPs zusammen 20 MByte/s zu den – als Ringpuffer organisierten – Festplatten. Dieser Prozess läuft ununterbrochen über eine vorwählbare Zeit oder bis zu einem Abbruch durch den Anwender.

Die Signalgüte wird ständig von den DSPs überwacht und Störungen an den PC gemeldet. Weiterhin werden Signalkanäle vorverarbeitet, verdichtet, an den PC übertragen und dort graphisch dargestellt.

Bild 2 stellt die Zusammenschaltung von vier Subsystemen mit einem Steuerrechner zu einem 512-Kanal-System dar.

Anwendungsbeispiel

Die menschlichen Muskel- und Nervenaktivitäten sind von schwachen Magnetfeldern begleitet, die in der medizinischen Forschung untersucht werden. Sie werden mit extrem empfindlichen supraleitenden Sensor-Arrays gemessen. Äußere magnetische Restfelder rufen eine langsame Nullpunktsdrift der Sensorsignale hervor, die die Signalamplitude erheblich übersteigen kann. Die Drift enthält spektrale Anteile, die in das Signalspektrum hineinreichen und deshalb nicht mit Frequenzfiltern

unterdrückt werden können. Sie erfordern eine Nullpunkt-Korrektur mit großem Einstellbereich, wobei ruhige Abschnitte der biomagnetischen Signale als „Null“ angenommen werden.

Die Amplituden biomagnetischer Signale variieren stark. Die Signalformen sind sehr wichtig und dürfen weder durch Übersteuerung verfälscht, noch durch Rauschen verdeckt werden. Deshalb müssen die Analogkanäle ihre Verstärkung automatisch und in Echtzeit schrittweise an die Signalamplitude anpassen. Die zugeordneten Parameter werden für die nachfolgende Off-line-Verarbeitung in den Datenstrom eingefügt.

Die Signal-Amplituden werden mit einem horizontal scrollenden Display angezeigt. Für bestimmte Anwendungen wird das Magnetfeld zweidimensional veranschaulicht. Hierzu dient eine landkartenartige, farbkodierte Darstellung (Mapping) anhand einer Tabelle der Sensorpositionen.

Bei Hunderten von Signalen können Störungen einzelner Kanäle oder Sensoren leicht übersehen werden. Es werden dann unbrauchbare Daten gewonnen und Patienten unnötig belastet. Deshalb werden ständig die Signaleigenschaften von den DSPs überwacht: Zu geringes

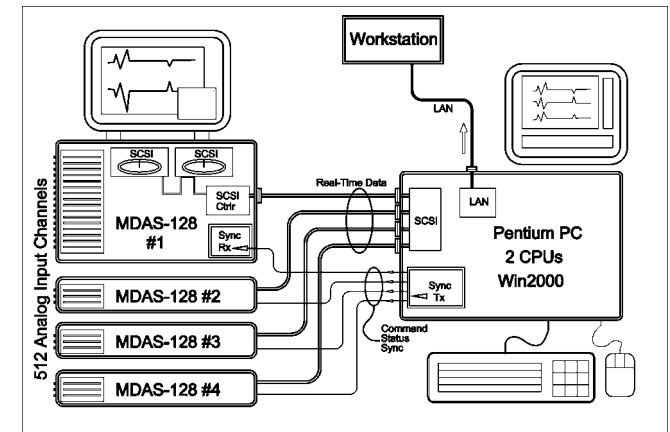


Bild 2: Datenerfassungs-System mit 512 Analog-Kanälen

Rauschen deutet auf ausgefallene Sensoren hin, zu hohes Rauschen und Impulse auf externe Störungen. Solche Ereignisse – auch vorübergehende – werden während der Datenerfassung angezeigt und können vom Bedienungspersonal behandelt werden.

Für einen internen Test vor jeder Messung werden die Analogeingänge auf interne D/A-Cs umgeschaltet und der Kalibrierstatus geprüft. Ein zusätzlicher Kalibrieringang ist zur Präzisionskalibrierung mit einer externen Signalquelle vorgesehen.

Technische Daten

Analogkanal

- A/D-C 20 bit
- Abtastrate: $F_s = 40$ kHz, (20, 10, 5, 2, 1, ...) kHz
- Bandbreite: $0 \dots \frac{1}{2} F_s$
- Hochpass (optional): 0,11 Hz (2. Ordnung)
- Verstärkung: 1 bis 10^4 ; $U_{\text{eing}} = 10$ V bis 1 mV
- Nichtlinearität (THD):
– 97 dB; $1,4 \cdot 10^{-5}$; äquiv. 16 bit
- Signal-Rausch-Abstand:
107 dB; $2 \cdot 10^5$; äquiv. 18 bit

Digitales Subsystem

(128 Kanäle, 40 kHz, 32 Bit Gleitkomma)

- externe Speicherbandbreite: 20,48 MB/s
- externe Speicherkapazität:
20 GB bis 80 GB; 15 min bis 60 min
- Anzahl der Subsysteme: 4; (512 Kanäle)
- Synchronisationsfehler:
< 5 ns (Kanalversatz plus Jitter)

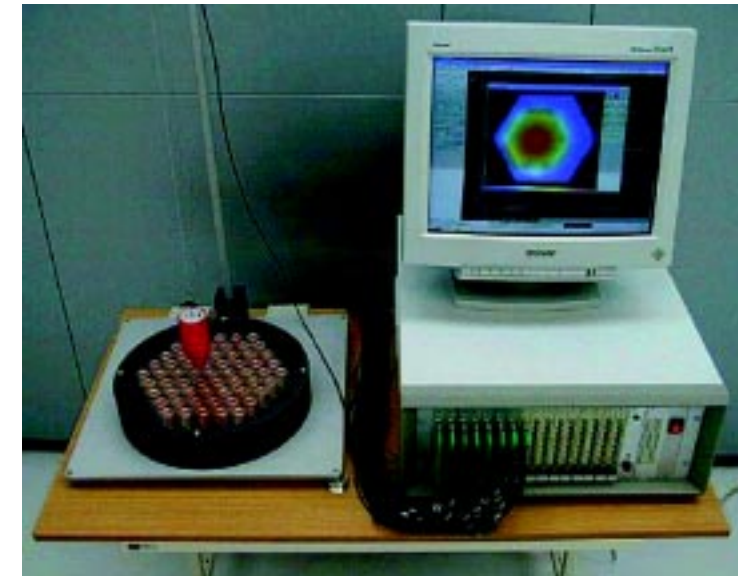
Spezielle Eigenschaften

- Überwachung der Signale: Offset, Rauschen (obere/untere Schranke), Impulse
- Echtzeit-Offset-Kompensation und Verstärkungsregelung
- Akkumulation mit Oszilloskop-Display oder statischem Mapping
- Echtzeit-Intensitäts-Mapping (36 Frames/s)
- horizontal scrollende Vielkanal-Anzeige
- kanalweise aufgeschlüsselte Störungsanzeige mit „Gedächtnis“

Information

W. Riedel
PTB-Projekt 8.201
Telefon: (030) 34 81-470
E-Mail: Wolfgang.Riedel@ptb.de

P. Grunwald
LAY Audiotechnik, Berlin
Telefon: (030) 449-38 16
E-Mail: Grunwald.P@t-online.de



Analoges Vielkanal-
Datenerfassungs-System