

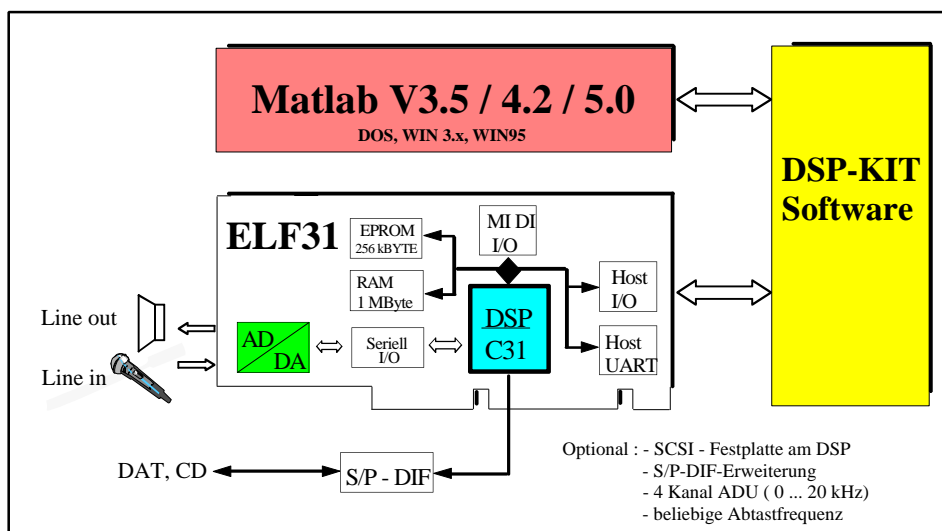
# DSP-Kit, eine leistungsfähige Echtzeiterweiterung für MATLAB

Jürgen Sachs, Peter Peyerl

Für den Einsatz von MATLAB zur Entwicklung und zum Test von Algorithmen für Meßsysteme ist es oft zwingend nötig, mit realen Meßsignalen operieren zu können. Durch Ausnutzung der vorhandenen PC-Meßtechnik sollte das aber kein großes Problem sein. Zunehmend setzt man PC-Einsteckboards mit Digitalem Signalprozessor (DSP) und eigenem Speicher ein. Das bietet eine Reihe von Vorteilen:

- digitale Signalvorverarbeitung auf dem Board
- hohe Abtastfrequenzen möglich, geringe Datentransferrate zum PC notwendig
- Zwischenspeicherung der Daten auf dem DSP-Board möglich
- geringere Echtzeitfähigkeit des PCs notwendig (WINDOWS !)

Eine auf den ersten Blick einfache, aber doch sehr leistungsfähige und im praktischen Einsatz bewährte Lösung ist eine solche Erweiterung von MATLAB mit einer Echtzeit-Toolbox auf der Basis der DSP-Einsteckkarte ELF. Die Signalerfassung und Signalwiedergabe erfolgt über eingebaute AD/DA-Wandler, die Echtzeitsignalerfassung und Testsignalausgabe übernimmt der DSP.



Das DSP-Board ELF besitzt folgende technische Daten:

## Analoge Ein- /Ausgänge:

- zweikanalig (optional vierkanalig)
- 16-bit-SigmaDelta-Wandler (ADU und DAU)
- synchroner Betrieb aller ADU und DAU
- Abtastraten bis 51,2 kHz (Nutzbandbreite bis 23kHz)
- integrierte Aliasing-/Glättungsfilter mit automatischer Frequenzanpassung
- Kanalgleichlauf der ADU besser 0,01dB/0,02° (Softwarekalibrierung)
- optional integrierte AES/EBU- bzw. S/P-DIF-Schnittstelle

**DSP:** TMS320C31, 33MHz oder 50 MHz

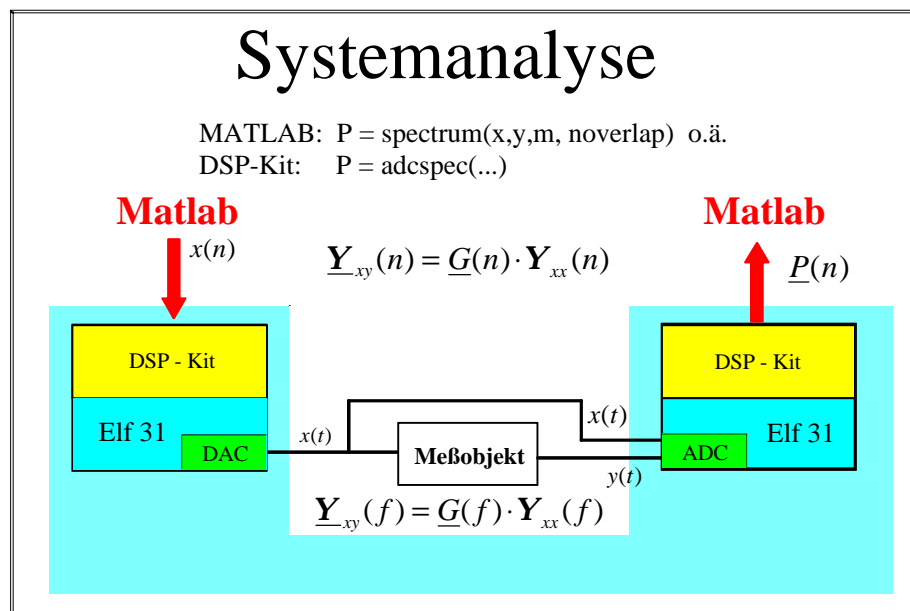
**Speicher:** 100 kSamples je AD- und DA-Kanal

In MATLAB werden dazu im einfachsten Fall lediglich zwei neue Funktionen benötigt:

- adc()** - AD-Wandlung eines Signals gewünschter Länge auf dem DSP-Board
- Konvertierung und Transport in MATLAB-Matrizen.
- dac()** - Transport des Testsignals aus einer MATLAB-Matrix zum DSP-Board
- Start einer periodisch repetierenden Ausgabe über den DA-Wandler
- adc()** , Aufruf nach **dac()**
- Zeitsynchrone AD-Wandlung parallel zur Datenausgabe

Damit sind beliebige Testsignale in MATLAB generierbar und können dann kontinuierlich über den DA-Wandler des DSP-Boards ausgegeben werden. Die Funktion **adc()** erfaßt zwei-kanalig (und exakt zeitsynchron zur Ausgabe des Testsignals) die Meßsignale und stellt sie als MATLAB-Variablen zur Verfügung. Auf diese real gemessenen Signale können nun geeignete Auswertelgorithmen angewendet werden. Mit diesem Verfahren behält man die volle Flexibilität von MATLAB und kann Algorithmen doch auf sehr effektive Weise mit realen Meßobjekten und Signalen testen. In der Praxis auftretende Besonderheiten und Störsignale können so optimal in die Gestaltung des Auswertelgorithmus einfließen.

Beispiel:



```

%Messung der Übertragungsfunktion
%-----
n1 = 1024;           % Länge der Signale (Samples)
fa = 44100;         % Abtastfrequenz (Hz)
v1 = (1:n1) .* (1:n1); % Testsignal (Chirp) erzeugen
v1 = sin(pi*v1)/(2*n1);
fa = dac(v1, fa); % Testsignal (Chirp) ausgeben
pause(1);           % Einschwingen Meßobjekt
v3 = adc(n1, fa); % Meßsignale einlesen (2-kanalig)
stop;               % Signalausgabe beenden
v4 = spectrum(v3(:,1), v3(:,2), n1); % Übertragungsfunktion
v5 = v4(:,4);       % berechnen
subplot(211); plot(v1); % grafische Darstellung Chirp
subplot(212); plot(v5); % grafische Darstellung G(f)

```

Programmbeispiel für die Verwendung von DSP-Kit-Funktionen

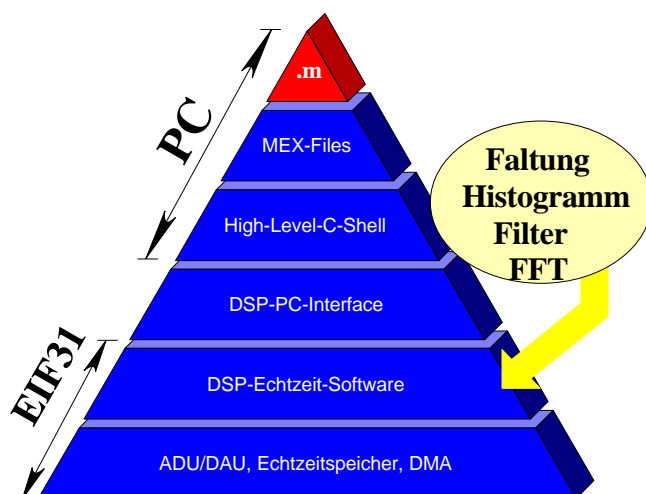
## Vorteile der Realisierung mit DSP-Board

Alle echtzeitrelevanten Programme laufen ausschließlich auf dem DSP und sind damit unabhängig von der Rechenleistung/Auslastung des PC. So wird durch den Befehl *adc()* eine Messung auf dem DSP-Board gestartet. Erst wenn alle Meßwerte in Echtzeit in den Speicher des DSP-Boards gemessen sind, erfolgt die Übergabe der Daten an den PC. Diese Vorgehensweise ist insbesondere auch unter grafischen Benutzeroberflächen (WINDOWS), die in der Regel nicht ausreichend echtzeitfähig sind, von großer Bedeutung.

Neben den Funktionen *adc()* und *dac()* werden in der Echtzeit-Toolbox eine Reihe weiterer Funktionen zur Verfügung gestellt, die insbesondere der Signalkonditionierung und der Datenreduktion dienen. So bietet MATLAB viele Möglichkeiten, rekursive und nichtrekursive Digitalfilter zu entwerfen. Mit den Funktionen *rtfir()* und *rtiir()* ist nun ein sofortiger Test der entworfenen Filter in Echtzeit möglich. Die am AD-Eingang anliegenden Eingangssignale werden zweikanalig gefiltert und über den DA-Wandler wieder ausgegeben. Änderungen der Filtercharakteristik sind dabei ohne Unterbrechung der laufenden Filterfunktion möglich. Weitere implementierte Funktionen sind:

- rthist()* - Echtzeit-Histogramme
- adcspec()* - kompatibel zur MATLAB-Funktion *spectrum()*, mit *adc()*
- rtconv()* - Echtzeit-Faltung (schnelle Faltung)

Alle Funktionen liegen auch als integrierbare C-Funktionen vor. Das folgende Bild zeigt die Softwarehierarchie von DSP-Kit:



Von MATLAB aus besteht voller Zugriff auf die M-Funktionen, bei Bedarf auch auf die MEX-Files.

Die High-Level-C-Shell kann zur Einbindung der Funktionen in eigene C-Programme dienen.

Die DSP-Echtzeit-Software läuft auf dem Signalprozessor unabhängig von der Geschwindigkeit des verwendeten PCs und der darauf laufenden Software.

Für höhere Ansprüche an die Analoghardware kann statt des eingebauten AD-DA-Interface (16bit-Wandler Sigma-Delta-Wandler, 80dB) auch ein hochwertiges Analoginterface über eine SP/DIF-Digitalschnittstelle angesprochen werden. Damit ist es auch möglich, Signale von einem DAT-Recorder oder CD-Player direkt digital ohne Qualitätsverlust einzulesen.

Kommerziell verfügbar ist DSP-Kit bei der Firma MEODAT GmbH, Ehrenbergstr. 11, 98693 Ilmenau (Tel.: 03677-668645, Fax: 03677-668655, [www.meodat.de](http://www.meodat.de))

Dr.-Ing. Jürgen Sachs  
TU Ilmenau, Fak. EI, FG EMT  
e-mail: [sac@e-technik.tu-ilmenau.de](mailto:sac@e-technik.tu-ilmenau.de)

Dr.-Ing. Peter Peyerl  
MEODAT GmbH Ilmenau  
[pey@meodat.de](mailto:pey@meodat.de)