

Forthsystem zur Meßwerterfassung und -verarbeitung

CLAUS KÜHNEL

Gute Grafikmöglichkeiten und ein herausgeführtes Bussystem des verwendeten Mikroprozessors sind entscheidende Voraussetzungen für die hardwareseitige Eignung eines Personalcomputers zum Einsatz in der Meßtechnik. Für die experimentelle Signalanalyse stellt der mit geeigneter Hardware erweiterte Personalcomputer ein leistungsfähiges Untersuchungsinstrument dar.

Neben der hardwareseitigen Adaptierung des Meßobjektes kommt das Problem der Meßwerterfassung und -verarbeitung auf den Meßtechniker zu. Oft geschieht das zu einem Zeitpunkt, zu dem nicht endgültig festliegt, wie im einzelnen das erhaltene Datenmaterial ausgewertet werden soll. Flexibilität ist deshalb zumindest zu diesem Zeitpunkt, im allgemeinen aber weit darüber hinaus gefragt.

Ein weiterer Schwerpunkt ist deshalb bei der Auswahl der betreffenden Software zu sehen [1]. Zur Auswahl einer der betreffenden Applikation entsprechenden Software sind neben der Erfüllung der meßtechnischen Aufgabenstellung die erforderlichen Programmierkenntnisse, die verfügbare Programmentwicklungs- und Programmtestzeit, die entstehenden Kosten sowie zukünftige Applikationserfordernisse zu beachten.

Findet man für die betreffende Applikation keine geeignete Software, sollte man bei der Erstellung der notwendigen Programme auf eine Programmiersprache zurückgreifen, die ein interaktives Arbeiten und problemloses Zugreifen auf die Hardwareressourcen des Personalcomputers zuläßt, eine einfache Bedienung der Schnittstellen zur Meßtechnik ermöglicht, Echtzeitforderungen erfüllt und eine weitgehende Standardisierung aufweist, die die Portabilität der so geschaffenen Software sichern hilft [2].

In diesem Beitrag werden kurz das System Messdat, ein Forthsystem zur Meßwerterfassung und -verarbeitung, und seine Funktionen erläutert. Es arbeitet nach dem Forth-83-Standard. Die Anwendungsmöglichkeiten werden durch die Möglichkeit der schnellen Fouriertransformation und die Gleitkommafunktion erweitert.

Bei der Betrachtung der zur Verfügung stehenden Programmiersprachen zeigt sich, daß die angegebenen Forderungen durch Forth sehr gut erfüllt werden.

Ziel der Entwicklung des Systems Messdat war es, die Eignung von Forth an einer konkreten Applikation zu verdeutlichen. Um weitgehend auf der Hochsprachenebene bleiben zu können, wurde die Erfassung langsam veränderlicher Signale, wie sie z. B. in der Biomedizintechnik oder auch in der Prozeßtechnik vorkommen, ins Auge gefaßt. Das Interface zur Meßtechnik bildet ein einfacher, achtkanaliger A-D-Umsetzer mit dem Schaltkreis C 570, der auf einer doppelseitigen Leiterplatte im Format von 95mm x 95mm untergebracht ist [3].

Das Gesamtsystem (Bild 1) arbeitet mit einem dem Forth-83-Standard entsprechenden Forth. Die Aussagen sind dabei nicht auf die vorgestellte Systemkonfiguration beschränkt, sondern übertragbar auf solche Systeme wie den Bürocomputer A 5120 bzw. den PC 1715 mit Grafikerweiterung VIS-1 bzw. VIS-2 (Akademie der Wissenschaften der DDR) unter Comforth (Wilhelm-Pieck-Universität Rostock) oder z. B. auch die Kleincomputer KC 85/2 und KC 85/3 einschließlich Forthmodul. Es soll an dieser Stelle nicht ver-

schwiegen werden, daß auf Grund der unterschiedlichen Hardwarevoraussetzungen für die Grafik und die externen Speichermedien eine Reihe von Anpassungen vorzunehmen ist, die aber die prinzipiellen Aussagen nicht beeinflussen.

Ohne an dieser Stelle die Software einer konkreten Betrachtung unterziehen zu wollen, soll das Leistungsvermögen des Systems Messdat anhand einiger Hardcopies, die mit einem grafikfähigem Matrixdrucker (Epson-kompatibel) erzeugt wurden, demonstriert werden. Wie die Bilder 2 bis 5 zeigen, ist der Bildschirm in drei Fenster eingeteilt. Das obere Textfenster trägt nur den Programmtitle und unterliegt keiner Veränderung. Das linke Textfenster dient der Gestaltung des Dialogs. Es wurde nur so groß wie unbedingt notwendig eingerichtet, um ausreichend Platz für das Grafikfenster zu lassen. Erfasst werden stets Meßwerteverläufe mit 1024 Werten, wobei diese Größe installationsabhängig ist und leicht verändert werden kann. Obwohl durch den verwendeten A-D-Umsetzer nur 8-bit-Werte bereitgestellt werden, werden die Meßwerte generell als 16-bit-Zahlen behandelt. Diese Maßnahme läßt auch den Betrieb beliebig anderer A-D-Umsetzer mit höherer Auflösung zu. Ein einmal erfaßter Meßwerteverlauf kann im Speicher manipuliert, auf Diskette gelegt oder zur Anzeige gebracht werden.

Die Bilder 2 und 3 zeigen die entsprechenden Bildschirmhalte. Im Bild 2 wurde ein Datenfile DAT3.4TH von der Diskette gelesen und auf dem Bildschirm ausgegeben. Im Bild 3 wurde dieser Meßwerteverlauf (obere Kurve) einem Glättungsalgorithmus unterzogen und dem ursprünglichen Verlauf gegenübergestellt (untere Kurve). Interessant sind die Reaktionszeiten eines solchen interakti-

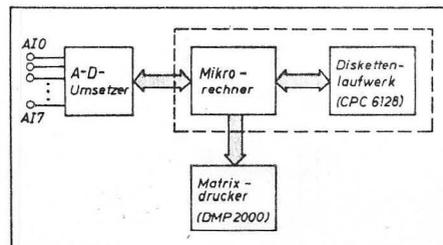


Bild 1: Hardwarekonfiguration des Systems Messdat

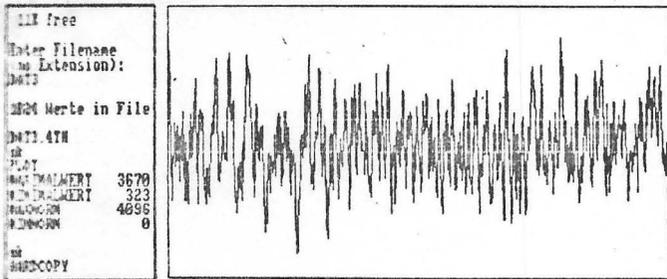


Bild 2: Hardcopy eines dargestellten Meßwerteverlaufs

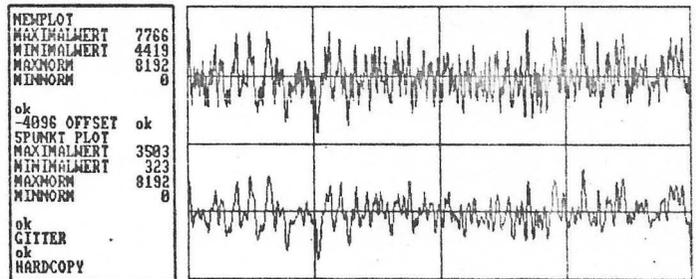


Bild 3: Darstellung von ursprünglichen und bearbeiteten Daten

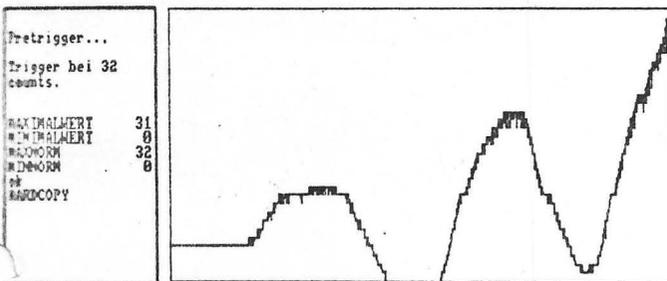


Bild 4: Pretriggerfunktion

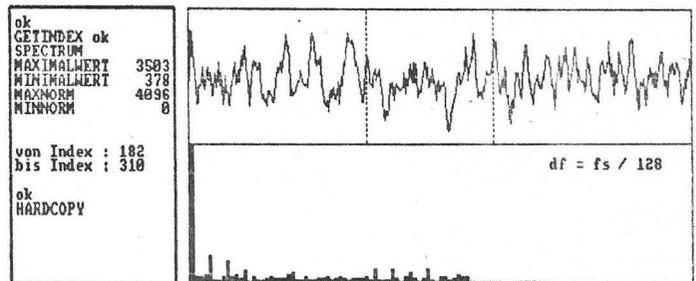


Bild 5: Schnelle Fouriertransformation eines bestimmten Meßwerteverlaufs

ven Programms. Zu diesem Zweck wurden unter der Maßgabe eines Meßwerteverlaufs mit 1024 Werten die Verarbeitungszeiten einiger wichtiger Anwenderworte ermittelt. In der Tafel ist die Bedeutung der angegebenen Worte knapp erläutert. Die einfachen Manipulationen des Meßwerteverlaufs einschließlich der Mittelwertbildung benötigen eine Zeit von etwa 460 ms. Der Drei-Punkt-Glättungsalgorithmus dauert etwa 2,13 s, während für den Fünf-Punkt-Glättungsalgorithmus mit etwa 3 s gerechnet werden muß. Neben der Erfassung des kompletten Meßwerteverlaufs ist auch ein sogenannter Digitalvoltmetermodus für einen vorwählbaren bzw. alle zyklisch durchgeschalteten Kanäle vorgesehen. Auf diese Weise lassen sich sehr einfach Überwachungs- und auch Triggerfunktionen verwirklichen.

Neben diesen Grundfunktionen wurde zur Realisierung von Überwachungsfunktionen eine sogenannte Pretriggerfunktion implementiert. Über einen ausgewählten Kanal

Laufzeiten einiger Anwenderworte

Anwenderwort	Laufzeit in ms	Erläuterungen
INIT	390	Initialisierung des Verlaufes mit einem konstanten Wert
OFFSET	397	Addition eines Offsetwertes zum Gesamtverlauf
NOISE	891	Erzeugen eines Rauschvorganges
MAXIMUM	410	Ermitteln des Maximums der Wertefolge
MINIMUM	410	Ermitteln des Minimums der Wertefolge
MITTEL	460	Ermitteln des Mittelwertes der Wertefolge
3PUNKT	2133	Drei-Punkt-Glättungsalgorithmus
5PUNKT	3033	Fünf-Punkt-Glättungsalgorithmus

werden zyklisch Meßwerte erfasst und im Speicher abgelegt. Der älteste Wert des Meßwerteverlaufs wird beim Speichern eines neuen Wertes gelöscht. Überschreitet ein erfaßter Wert einen festzulegenden Triggerwert, wird die Erfassung abgebrochen und der bis zu diesem Zeitpunkt gespeicherte Meßwerteverlauf zur Darstellung gebracht. Bei einem 1024 Werte umfassenden Meßwerteverlauf wird die Vorgeschichte bis zum Erreichen des Triggerwertes durch eben diese 1024 Meßwerte charakterisiert. Im Bild 4 ist ein solcher Vorgang dargestellt.

Untersuchungen im Spektralbereich lassen sich mit Hilfe der Fouriertransformation vornehmen. Zur Durchführung solcher Spektraluntersuchungen wurden ein FFT-Algorithmus (FFT – Fast Fourier Transformation) [4] an die Gegebenheiten des Systems Messdat angepaßt. Dieser Algorithmus ist in Hochsprache definiert und sichert vertretbare Verarbeitungszeiten durch Nutzung von Integeroperationen, die bei geeigneter Skalierung noch ausreichende Genauigkeiten erlauben. Die maximale Länge der schnellen Fouriertransformation beträgt unter den genannten Gegebenheiten 128 Punkte, so daß sich entsprechende Kurzzeitspektren bestimmen lassen. Im Bild 5 sind zwei Ausschnitte aus einem Meßwerteverlauf einer schnellen Fouriertransformation unterzogen. Im oberen Ausschnitt des Grafikenfensters ist der Meßwerteverlauf einschließlich einer Kennzeichnung des transformierten Bereichs angegeben, während im unteren Ausschnitt das jeweilige Spektrum dargestellt ist. Reicht für die Signalverarbeitungsfunktionen die fortheigene Integerarithmetik nicht mehr aus, läßt sich das System Messdat auch mit einem Gleitkommapaket erweitern [5].

Die Erweiterung des Systems um die schnelle Fouriertransformation und das Gleitkommapaket verdeutlicht die Möglichkeiten, die Forth an sich bietet. Es lassen sich

die benötigten Signalverarbeitungsalgorithmen, zugeschnitten auf die konkrete Applikation, am Bildschirm entwerfen und testen. Auf diese Weise ergibt sich schließlich ein an die Applikation angepaßtes System zur Meßwertfassung und -verarbeitung, das dann komplett gespeichert werden kann und als Forthsystem nicht mehr ohne weiteres erkennbar sein muß. Für den Anwender lassen sich dann alle nicht benötigten Worte (Befehle, Funktionen u. a. m. werden in Forth gleichberechtigt als Wort bezeichnet) sperren, wodurch Manipulationen am System bzw. Fehlbedienungen ausgeschlossen werden können.

Literatur

- [1] Kühnel, C.: Flexibel mit Forth: Zur Softwareproblematik in der Meßtechnik. *Elektronik*, München 37 (1988) 20, S. 77–80
- [2] Kühnel, C.: Eignung verschiedener Hochsprachen für die Bearbeitung von Meßdaten. *Elektroniker*, Aarau 27 (1988) 3, S. 97–100
- [3] Kühnel, C.; Schekat, D.: ADU-Erweiterungskarte für Mikrorechner. *radio fernsehen elektronik*, Berlin 38 (1989) 3, S. 182 und 183
- [4] Barnhardt, J.: FORTH and the Fast Fourier Transform. *Dr. Dobb's Journal*, 73 (1984) 9, S. 34–48
- [5] Monroe, A. J.: Floating-Point Package. *Dr. Dobb's Journal*, (1982) 1, S. 16–30

Oszi EO 174 und MZ 821, auch defekt, zu kaufen gesucht.

**Pawlizki,
Schollstr. 26
Hoyerswerda, 7700**