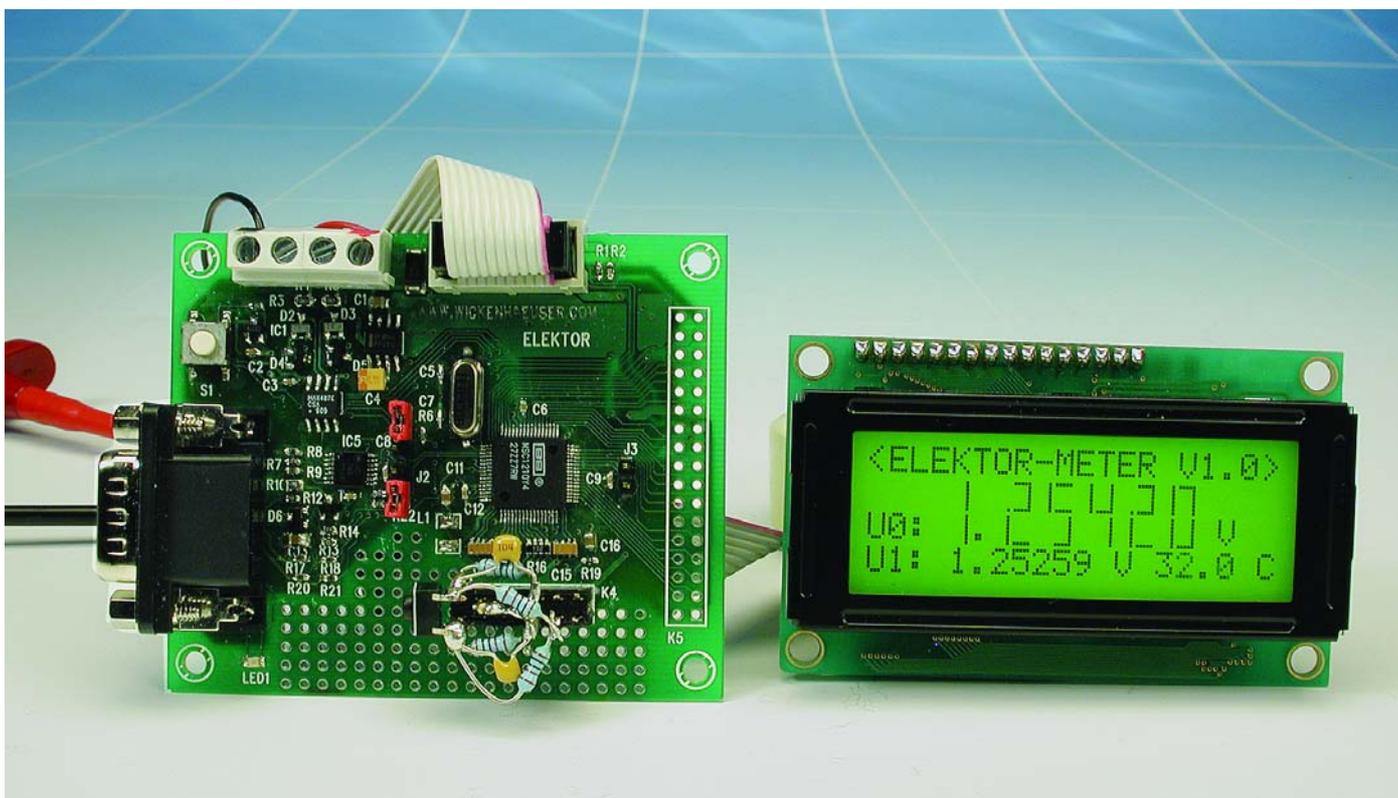


Elektor-Meter

Präzisionsmessgerät und
MSC1210-Entwicklungsplattform

Von Jürgen Wickenhäuser

Elektor präsentiert hier das neue MSC1210-Board mit der ersten Anwendung: einem kompakten und hochgenauen digitalen Einbau-Messgerät der Spitzenklasse, das dank des ultramodernen Mikrocontrollers für alle denkbaren Messaufgaben programmiert werden kann.



Es gibt eine ganze Menge 8051-kompatibler CPUs mit analogem Beiwerk. Auch Texas Instruments (TI) nutzt den populären 8051-Kern in der neuen MSC-Familie für ein ganz besonderes Sahnestückchen, den MSC1210. Schon nach den ersten Tests war klar: Dieser Controller drängt sich geradezu auf für den

Einsatz im Elektor-Meter, dem Titelprojekt dieses Halbleiterheftes. Dabei handelt es sich um ein kleines Controllerplatinchen, das auf der Rückseite eines LCD-Moduls angebracht werden kann und ein hochgenaues, **5¹/₂-stelliges** (!) Digital-

multimeter mit acht Kanälen darstellt. Neben dem Controller finden sich auf der Platine nur einige SMD-Bauteile.

Zum Elektor-Meter gehört nicht nur die Hardware, sondern auch eine komplette Programmierumgebung in

ANSI-C mit zahlreichen Bibliotheken. Deshalb stellt das Elektor-Meter gleichzeitig eine universelle Entwicklungsplattform für Hard- und Softwareentwicklungen mit dem MSC1210 dar. Mit den Bibliotheken, die komplett im Quelltext verfügbar sind, können Sie problemlos auf alle Ressourcen des MSC zugreifen. Selbst aufwendige Fließkommaberechnungen sind dabei möglich!

Eine neue Controllerfamilie

Bild 1 zeigt die Funktionsgruppen des MSC1210. Der erste Vertreter der neuen Controllerfamilie besteht aus einem 8-kanaligen 24-bit-A/D-Wandler, einer Spannungs-Referenz mit extrem geringer Temperaturdrift und einem High-Speed-8051-Kern. Dazu kommt noch eine Vielzahl besonderer Features wie eine zweite UART und zusätzliches RAM. Die CPU selbst verfügt über 4...32 kB Flash für Kode und Daten sowie einem Boot-Loader.

Für eine komplette Entwicklungsplattform benötigt man abgesehen vom Controller nur noch ein wenig "Hühnerfutter" (sprich SMD-Bauteile). Das Aufspielen der Programme auf den MSC1210 erfordert keinerlei zusätzliche Hilfsmittel. Es sind lediglich zwei Jumper zu setzen, und schon kann das Elektor-Meter vollständig über seine RS232-Schnittstelle ferngesteuert und programmiert werden. Erscheint Ihnen das Programm perfekt, so entfernen Sie einfach die beiden Jumper: Das Programm steckt im Speicher und bleibt dort (laut TI) für mindestens 100 Jahre, wenn Sie es nicht aktiv löschen.

MSC1210 und seine Peripherie

Doch zuerst einmal die Beschreibung der Hardware in **Bild 2**. Kern der Schaltung ist der MSC1210, der von zwei Spannungsreglern versorgt wird. IC2 ist für den Digitalteil zuständig, IC6 für den Analogteil. Eine strikte Trennung ist absolut notwendig, um die hohe Genauigkeit des MSC1210 nutzen zu können. Gut platzierte Entkopplungskondensatoren und eine großzügige Massefläche tragen hier ebenfalls einen

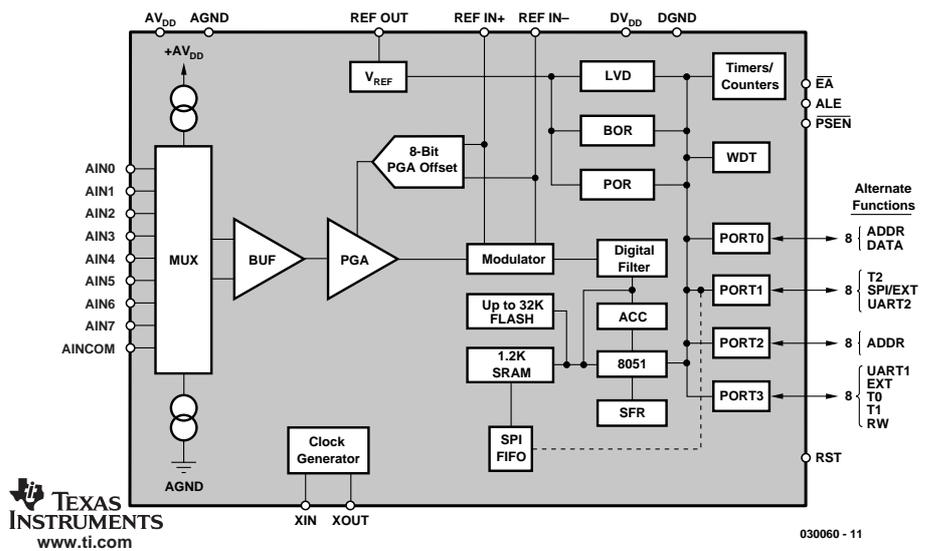


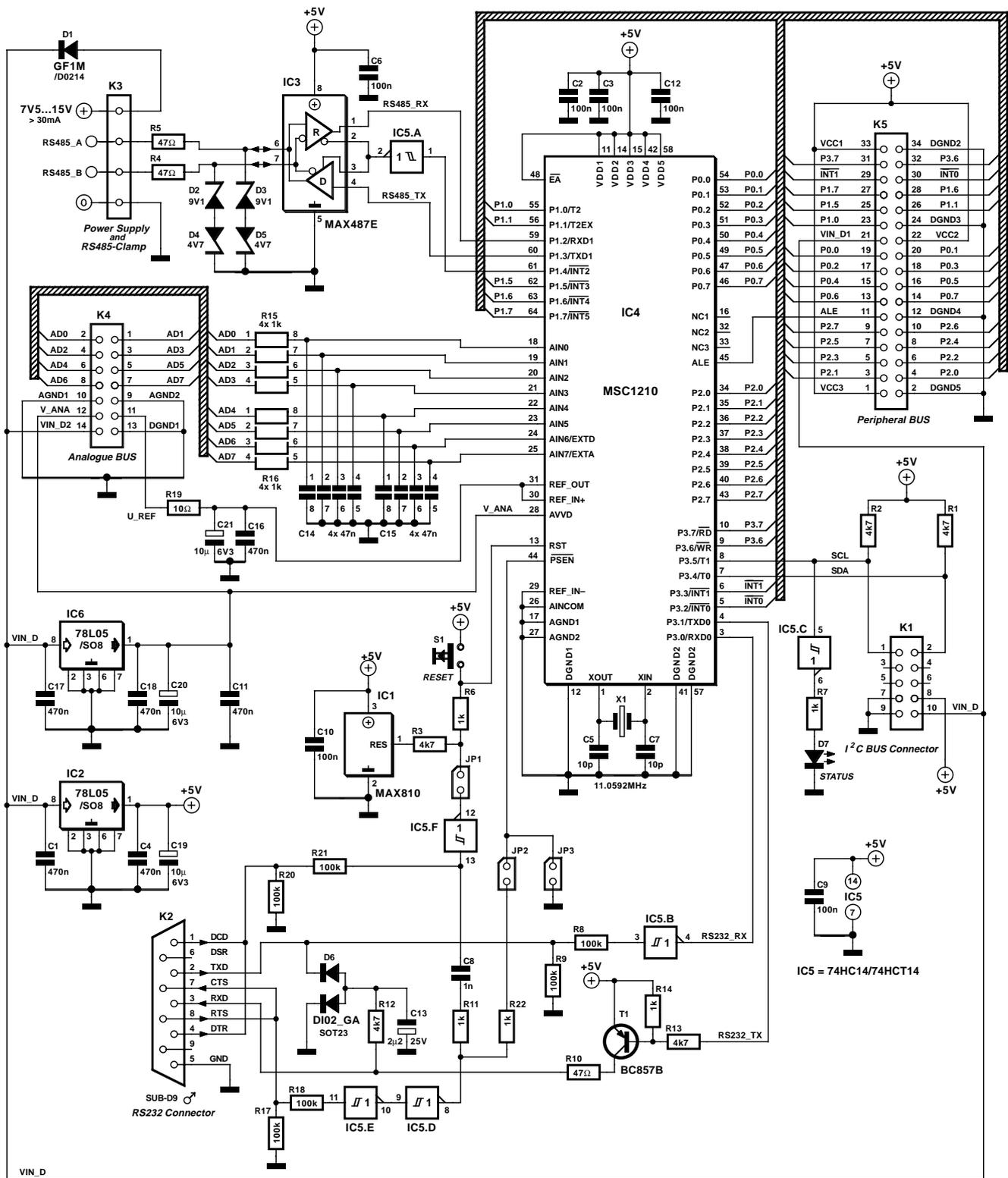
Bild 1. Die Innenschaltung des MSC1210 mit seinen Funktionsgruppen.

Technische Daten der MSC121x-Familie

CPU	8051-kompatibler High-Speed-Core (4 Zyklen)
Takt	max. 33 MHz
Versorgung	2,7... 5,25 V
On-chip-Speicher	4...32 kB Flash, 1,2 kB RAM
Programmierbarkeit	In-Circuit und In-Application (CPU kann sich selbst programmieren)
Sicherheit	Watchdog, Interne Brown-out-Detektion
Wichtigste digitale Peripherie	2 UARTS
Analoge Peripherie:	
A/D-Wandler	8 voll-differenzielle Kanäle, 24 Bit Auflösung
Referenz	0, 1,250 V, 2,500 V ($\pm 0,2\%$, Drift: 5 ppm/K)
Familienmitglieder:	
MSC1210	Grundmodell
MSC1211	4 Kanal 16-bit D/A-Wandler, Multi-Master I2C
MSC1212	4 Kanal 16-bit D/A-Wandler

wesentlichen Anteil bei. Die CPU wird mit 11,0592 MHz getaktet und ist damit etwa doppelt so schnell wie ein "normaler" 8051 (hängt von den verwendeten Instruktionen ab, das Timing ist hier etwas anders). Würde der MSC1210 mit den maximalen 33 MHz getaktet, wäre er (laut TI) etwa genauso schnell wie ein "normaler" 8051 mit 82,5 MHz! Alle analogen Eingänge sind über RC-Filterglieder einigermaßen geschützt. Auch die Referenzspannung des MSC1210 wird über den Widerstand R19 geführt. Die Referenzspannung selbst darf mit maximal 8 mA belastet werden. Bei sehr genauen Mess-

aufgaben muss gegebenenfalls der Spannungsabfall über R19 berücksichtigt werden. Die Referenzspannung selbst kann digital gesteuert werden, mehr dazu bei der Softwarebeschreibung. Die RS232-Schnittstelle des Elektor-Meters erscheint auf den ersten Blick etwas ungewohnt: Sie arbeitet als passive Schnittstelle und entnimmt die negative Sendespannung aus der Empfangsleitung (T1 und IC5.B). Der Boot-Loader benötigt zwei Hilfssignale, die über IC5D...F erzeugt werden und nur bei gesetztem Jumpern J1 und J2 aktiv sind. Über J1 kann der PC den MSC1210 zurücksetzen, über J2 wird bei einem Reset der Boot-Modus aktiviert. Das letzte freie Gatter IC5.C treibt eine LED.



030060 - 12

Bild 2. Schaltplan des Elektor-Meters

Die zweite serielle Schnittstelle des MSC1210 steuert einen RS485-Treiber. Damit lassen sich Netzwerke von 32...256 Knoten aufbauen (abhängig von IC3), die sich über mehrere Kilometer erstrecken können! Daher sind die beiden RS485-Signalleitungen auch gegen

leichte Überspannungen (wie sie auf nicht allzu langen Kabeln im Gebäudeinneren auftreten können) geschützt. Eine praktische Anwendung der RS485 folgt in einem späteren Artikel.

Last but not least verfügt das Elektor-Meter über einen I²C-Bus, der allerdings nur im Master-Modus verwendet werden kann, da der MSC1210 hierzu einen Software-Treiber benutzt. Sämtliche analogen Sig-

nale sind am Analog-Bus K4 verfügbar. Auf der Platine ist noch genug Platz für eigene kleine Schaltungserweiterungen. Der komplette Prozessorbus liegt am Verbinder K5 an. Hier können beispielsweise zusätzliche RAMs oder ein Ethernet-Treiber angeschlossen werden. Damit kann das Messgerät E-Mails verschicken oder die Werte zum Abruf per Internet-Browser bereitstellen.

Bitte Vorsicht bei den Signalen VIN_D1 und VIN_D2 an K4 und K5. Dies ist die Versorgungsspannung des Elektor-Meters. Der Controller darf keinesfalls mit Spannungen unter 0 V oder über 5 V angesteuert werden!

Ein Blick in die Software

Falls Sie bereits einen Blick in das Datenblatt des MSC1210 riskiert haben, könnte Ihnen vielleicht die

Lust für eigene Versuche vergangen sein: Da die CPU so unglaublich viel bietet, ist das Datenblatt eher ein Datenbuch und auch recht schwere Kost. Wir stellen Ihnen daher Software-Treiber für die wichtigsten Funktionen des MSC1210 komplett im Quelltext zur Verfügung.

Interessant und dennoch leicht verständlich geschrieben ist das 360 Seiten starke (natürlich englischsprachige) User's Manual von Craig Steiner, der vielen 8051-Anwendern von seiner Seite www.8052.com her bekannt sein dürfte.

Alle notwendigen Treiber, Downloader, Compiler können Sie von der Seite www.wickenhaeuser.com downloaden. Der uC/51-Compiler ist von TI als offizielles 3.Party-Produkt gelistet. Sie müssen dazu einfach den uC/51-Compiler in seiner Demo-

Version installieren. Da der uC/51 über einen außerordentlich leistungsfähigen Optimierer verfügt, reicht der maximal 8 kB lange Programmcode selbst für größere Projekte mit Fließkomma-Arithmetik. Alternativ lassen sich die MSCs beispielsweise auch in BASIC programmieren. Einen Link auf die Adaption des bekannten AH52-BASIC von Robin Kucera finden Sie beim MSC-News-Group-Download. Vom gleichen Autor gibt es einen kostenlosen Downloader, der eine gute Alternative zum originalen TI-Downloader darstellt, da er noch einen HEX-Editor enthält. Für den uC/51-Compiler sind momentan noch einige interessante Zusatz-Tools in der Entwicklung, zum Beispiel ein Flash-Debugger, der das Debuggen von C-Programmen auf Quelltext-Ebene in EPROM/Flash-Speichern erlaubt und gleichzeitig als Downloader arbeitet. Schauen Sie mal auf der Homepage des Autors vorbei, vielleicht ist dieser Downloader bereits verfügbar, wenn Sie dieses Heft in Händen halten!

Die Quellcodes zum Elektor-Meter finden Sie im Verzeichnis **SRC\MSC1210\ELMET** der uC/51-Installation. Für eigene Projekte benötigen Sie nur zwei Funktionen:

init_msc1210():

Initialisiert alles, was wichtig ist: die serielle RS232-Schnittstelle mit 9600 Baud, Watchdog und die Peripherie.

adval_dif(uchar mux, uchar kali):

Damit können Sie auf den A/D-Wandler zugreifen. Die Variable mux enthält die beiden Eingangskanäle, jeweils auf 4 Bit kodiert. Werte von 0...7 entsprechen den Eingängen AD0...AD7, der Wert 8 AGND, der Wert 15 dem internen Temperatursensor. Der Rest ist nicht belegt. Der Wert 0x34 würde also die Differenz zwischen den Eingängen AD3 und AD4 liefern.

Wenn kali ungleich Null ist, führt der MSC1210 eine Selbstkalibrierung durch. Das dauert dann ein klein wenig länger, wird aber nach Reset und bei Änderung der Betriebsparameter (Temperatur, Vorverstärker, ...) empfohlen. Eine Besonderheit ist der oben erwähnte interne Temperatursensor. Zur Ermittlung der Temperatur wird eine Formel aus dem User's Manual (auch in einer der Demos) herangezogen.

Zuletzt wird lediglich noch das ADCON0-Register des MSC1210 verwendet. Hier kann die Höhe der Referenz-Spannung (1,250 V oder 2,500 V) eingestellt und der Puffer des A/D-Wandlers aktiviert werden. Dies ist in jedem Fall empfehlenswert! Außerdem kann mit den untersten drei Bits das Spannungsfenster des Wandlers eingestellt werden (von

Links:

www.ti.com/msc

Texas Instruments MSC Homepage mit allgemeinen Infos zu den MSCs und aktuellen Datenblättern

www.wickenhaeuser.com

uC/51 ANSI-C Compiler

<http://groups.yahoo.com/group/TI-MSC>

MSC-News-Group mit vielen Dateien zum Download

www.lightplanet.com/TI-MSC

MSC-News-Group-Download mit beispielsweise aktuellen CD-Distributionen der Entwicklungskits, Datenblättern, AH52-BASIC...

www.8052.com

Craig Steiners 8052-Forum (Autor des MSC-User-Manuals)

www.sys.cz/msc1210

Robin Kuceras MSC-Seite mit MSC-Downloader

Hard- und Software

Dieses und die folgenden MSC1210-Projekte kommen fast ohne (eigene) Lötarbeiten aus. Ähnlich wie seinerzeit beim GBDSO ist nämlich Handlöten bei einem Baustein wie dem MSC1210 wegen der Pinabstände von 0,5 mm nahezu unmöglich. Aus diesem Grund wird das Elektor-Meter nur als Fertigplatine erhältlich sein. Zur Zeit (des Redaktionsschlusses) sind die Bestellmodalitäten noch nicht in allen Details bekannt. Bitte informieren Sie sich auf der Elektor-Homepage www.elektor.de nach dem neusten Stand der Dinge!

Wer es gar nicht abwarten mag, kann die vollständige Software (Entwicklungsumgebung, aber auch Layout-Gerber/CAM-Dateien der doppelseitigen und durchkontaktierten Platine) herunterladen. Updates und aktuelle Änderungen werden dann stets auf der Site des Autors zu finden sein.

Referenz-Spannung/1 bis Referenz-Spannung/128). Entsprechende Konstanten befinden sich im Header-File **ELMET.H**. Mit der Initialisierung

```
ADCON0 =
EVREF | EBUF | VREFH | GAIN_1;
```

wird die Referenz auf 2,500 V gesetzt, der Puffer aktiviert und das Fenster auf 2,500 V gesetzt.

Danach muss kurz gewartet werden (etwas mehr als 100 ms) und schon kann mit dem Messen begonnen werden. **adval_dif()** liefert einen Rohwert zwischen 0xFF800000 und 0x007FFFFFFF, was genau dem Fenster des A/D-Wandlers entspricht (als 32-bit Integer). Da die Referenz vom „idealen“ Wert maximal 0,2 % abweicht, wird mit folgender Skalierung die exakte Spannung am Eingang ermittelt (bei einem Fenster von 2,500 V entspricht 1 Digit des Rohwertes 298,023 nV:

$$\text{Spannung} = \text{Rohwert} * (298.023e-9 * U_REF / 2.500)$$

(mit $U_REF = 2,500 \text{ V} \pm 0,2 \%$)

In der mitgelieferten Demo **ELMET.C** wird genau dies für zwei Eingänge plus Chip-Temperatur berechnet. Auch wenn Sie nicht über das im Titelbild abgebildete I²C-LCD verfügen, können Sie die Werte per Terminalprogramm erhalten. Setzen Sie die beiden Jumper J1 und J2 ein, versorgen Sie das Elektor-Meter mit Spannung (etwa 7,5...15 V) und verbinden Sie die RS232-Schnittstelle mit COM1 ihres PCs. Sie benötigen dazu ein so genanntes Null-Modem-Kabel mit Buchsen auf beiden Seiten.

Starten Sie als erstes das Programm UmShell des uC/51-Compilers, öffnen Sie dann die Datei **ELM_VOLT.MAK** und drücken Sie die Taste F9 (**Bild 3**). Daraufhin baut Ihnen der Compiler das Programm für den MSC „a la carte“ zusammen (Datei **ELM_VOLT.HEX**). Als nächstes müssen Sie in der Combo-Box das Target **run** einstellen (**Bild 4**).

Wenn Sie nun wieder die Taste F9 drücken, wird die Datei **ELM_VOLT.HEX** auf das Elektor-Meter übertragen und ein Terminal-Fenster geöffnet, in dem Sie die Spannungen an den analogen Eingängen AD0 und AD1 gegen AGND ablesen können (**Bild 5**). Wenn Sie nun die Jumper entfernen, führt Ihr Elektor-Meter nach jedem Reset genau dieses Programm aus.

Bei Bedarf können Sie den Quelltext **ELM_VOLT.C** auch editieren. Sie müssen lediglich in der UmShell zwischen den Targets hin- und herwechseln und danach die Taste F9 zur Ausführung drücken.

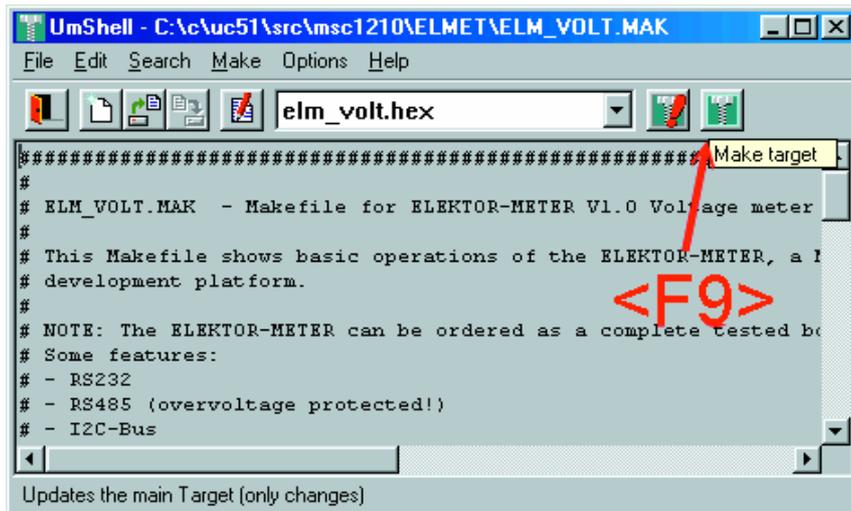


Bild 3. UmShell mit ELM_VOLT.HEX.

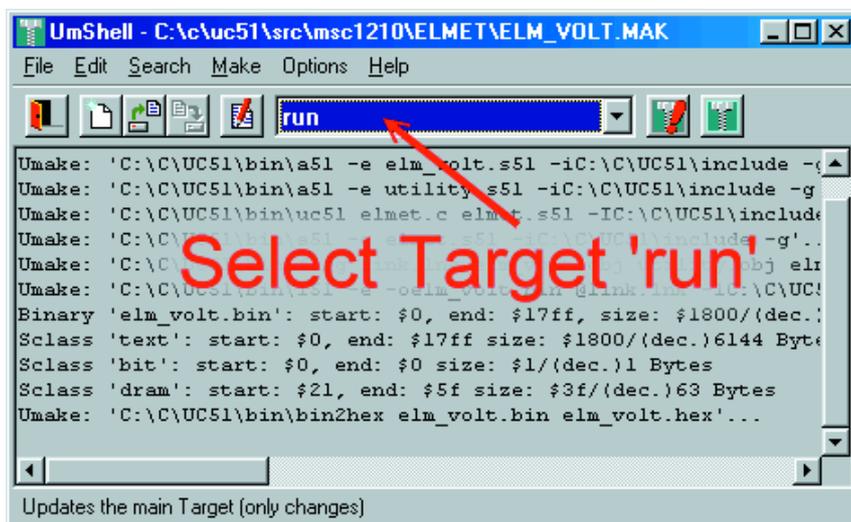


Bild 4. UmShell mit Target RUN.

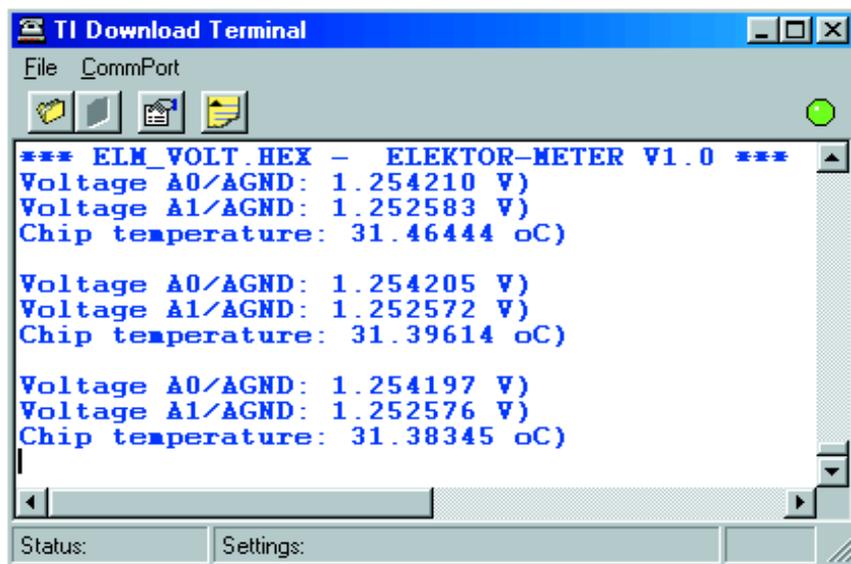


Bild 5. Ausgabe der Messwerte in der ELM_VOLT-Demo.

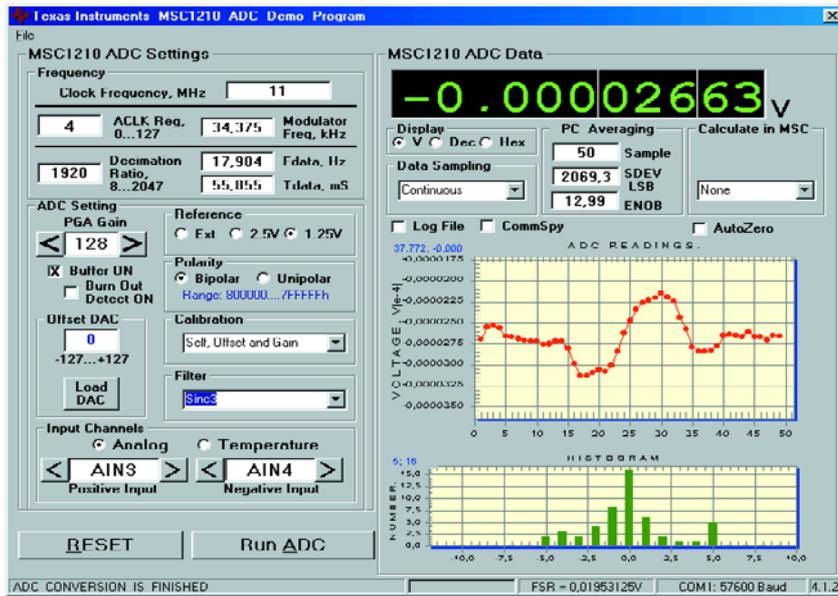


Bild 6. ADC-Demo für den MSC1210 von Texas Instruments.

Zum Schluss noch zu der netten Demo 'MSC 1210 ADC-Demo', die von den Newsgroup-Seiten bei TI heruntergeladen werden kann. Sie ermöglicht nahezu alle Einstellungen des A/D-Wandlers (Bild 6). Der Download des Programms erfolgt automatisch, wenn die MSC 1210 ADC-Demo gestartet wird. Bitte beachten Sie, dass für das Elektor-Meter der Puffer aktiviert werden sollte.

Übrigens: Der Quellcode für die in der Vorschau angekündigte hochauflösende Waage ist bereits beim uC/51-Compiler zu finden.

(030060)rg

In Folgeartikeln werden wir zusätzliche Projekte rund um das MSC1210-Board beschreiben, etwa besagte Waage mit Dehnungsmessstreifen, ein sehr flexibles LC-Display für den I2C-Bus oder eine Langstrecken-Datenübertragung über die RS485-Schnittstelle.