

**Schwerpunkt:
MESSTECHNIK**

+ Test: 18 IR-Thermometer

Elektor

www.elektor.de

3-GHz-Frequenzzähler

1 ppm genau mit Pegelmessung

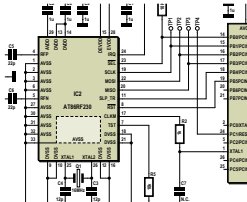
Pico-C-Meter

0,2 bis 2000 pF

+ Wireless OBD-2

+ GPIB/USB-Konverter

+ Höhenmesser mit Datenlogger



- ✓ Save power
- ✓ Shrink design
- ✓ Higher performance
- ✓ faster time-to-market
- ✓ Lower development costs



Cortex-M0 a simple choice

We're changing how engineers think about design, with Cortex-M0™ solutions that let you save power, reduce cost, shrink your design, and get to market fast.

- ▶ **Lowest active power** — as low as 130µA/MHz
- ▶ **Superior Code Density** — 50% less code for most tasks
- ▶ **Higher performance** — LPC1100 runs at over 45 DMIPS
- ▶ **Smallest size** — the LPC1102 has a footprint of 5 mm²
- ▶ **Low-cost toolchain** — LPCXpresso for less than USD 30



Show us how you switched from your old 8-/16-bit habit to the new 32-bit NXP Cortex-M0 solution and we'll send you a **FREE LPCXpresso development board**.

www.nxp.com/cortex-m0



PIC32 compilers

mikroC mikroBasic mikroPascal



ab \$199



ab \$149



ab \$149

```
bit  
GLCD_D7_Direction at  
TRISD15_bit;  
sbit GLCD_D6_Direction at TRISD14_bit;  
Glcd_Write_Text(someText,  
delay2s());
```

PIC32 FÜR ALLE

MikroElektronika ist der erste Compiler-Hersteller, der die PIC32-Welt gleichzeitig für Einsteiger und Profis zugänglich macht. Wählen Sie zwischen den Programmiersprachen **C**, **Basic** und **Pascal**. Von einem PIC oder dsPIC können Sie nun einfach zu einem PIC32 wechseln, zum Beispiel, wenn Sie mehr Rechenleistung benötigen. Wir haben genau auf eine Kompatibilität bei **über 500 Bibliotheksfunktionen** geachtet, so dass Sie den Code buchstäblich mit Copy & Paste übernehmen können. Ein paar kleine Anpassungen noch – und das Programm läuft!



DEVELOPMENT TOOLS | COMPILERS | BOOKS

...making it simple



Unsere Community-Website bietet Ihnen die Möglichkeit, an Diskussionen teilzunehmen und die Entwicklung der zukünftigen Compilergeneration mitzuverfolgen. Das Portal ist für PIC32-Freaks wie uns gemacht – eine Plattform, auf der man Projekte und Ideen austauschen und andere Leute um Rat fragen kann. Unsere Entwickler warten darauf, dass sie von Ihnen herausgefordert werden. Zusammen bauen wir noch bessere Compiler!

<http://www.pic32compilers.com>



Beim Kauf eines PIC32-Entwicklungsboards: **\$100.00** Preisnachlass auf einen Compiler!

GET IT NOW
www.mikroe.com

Messen ist Wissen

Oder auch nicht. Wenn man nicht weiß, was man misst, gilt immer noch die alte Elektronikerweisheit:

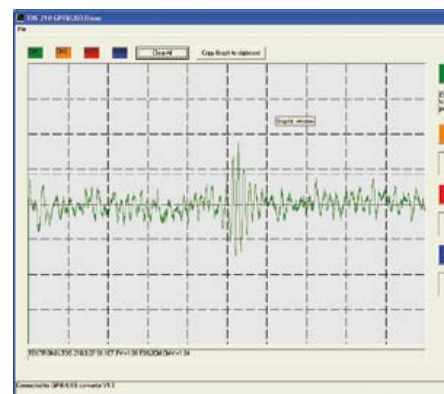
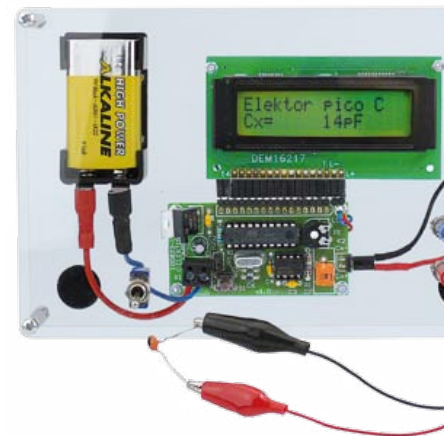
Wer misst, misst Mist!

Ein schönes Beispiel dafür liefert unser (Test-)Bericht über Infrarot-Thermometer. Diese für den Elektronikeralltag noch relativ neuen Messgeräte sind zweifellos handlich, praktisch und inzwischen auch bezahlbar – aber sie haben auch ihre Tücken, die man kennen sollte. Letztlich kommt es immer darauf an, dass man der Anzeige auf dem Display nicht blind vertraut, sondern sich auch überlegt, wie dieses Ergebnis zustande kommt und welche Faktoren und Prozesse daran beteiligt sind. Bei einem Multimeter mit Drehspulinstrument war das sicher noch einfacher als bei einem modernen Digitalspeicheroszilloskop, wie unser Bericht über die "Fünf Gebote" bei der Auswahl eines solchen modernen Messgeräts auf Seite 54 zeigt. Traditionell ist das Thema "Messtechnik" bei allen Elektor-Leserumfragen immer an erster Stelle und damit das größte gemeinsame Interesse aller Elektor-Leser. Jedenfalls, was den Inhalt unserer Zeitschrift betrifft. ;-)

Die Erklärung ist einfach: Egal, ob eine Schaltung digital, analog oder hochfrequent ist: Messen muss man immer. Das Angebot an guten und preiswerten Messgeräten relativiert natürlich das Interesse am Selbstbau, den wir nur in Ausnahmefällen als Selbstzweck akzeptieren. Bei einem IR-Thermometer der unteren Preisklasse wäre er nur noch unter dem edukativen Aspekt als sinnvoll zu bezeichnen, bei einer Wärmebildkamera könnte das aber durchaus anders sein. Das gilt auch für die Messgeräte-Projekte in dieser Ausgabe, deren Wert sowohl unter einem technischen (zum Beispiel beim 3-GHz-Frequenz- und Pegelmesser) als auch unter einem praktischen Aspekt (etwa beim OBD-Interface) zu sehen ist. Im Idealfall natürlich unter beiden, wie zum Beispiel beim Pico-C-Messer auf Seite 22. Die IR-Thermometer sind auch ein gutes Beispiel dafür, wie Elektor das Thema Messtechnik weiter entwickelt hat: Nur Elektor testet regelmäßig sorgfältig ausgewählte Mess- und Laborgeräte – damit Sie von dem großen Angebot optimal profitieren und die richtige Wahl treffen können.

Ernst Krempelsauer

- 6 Impressum**
Who is who bei Elektor
- 8 Mailbox**
Briefe, E-Mails und Ideen
- 10 News**
Neuheiten, Nachrichten und Termine
- 14 3-GHz-Frequenz- und Pegelmesser**
Mit CPLD und dsPIC, Breitband-Vorverstärker, PLL als Vorteiler und hochgenauem Quarzoszillator. Die Frequenzmessung dient gleichzeitig auch zur Korrektur der Pegelmessung.
- 22 Pico C**
ATtiny-Mikrocontroller als Kapazitätsmesser
- 28 Temperaturen berührungslos messen**
Infrarot-Thermometer: Handlich, praktisch, bezahlbar – und mit Tücken, die man kennen sollte.
- 36 OBD-2-Wireless Diagnose-Interface**
Preiswert und praktisch: Kabelloses OBD-2-Interface – wahlweise mit Bluetooth oder ZigBee.
- 43 Labcenter**
Hier kommt der Bus (4)
Mal eben Temperatur messen...
- 48 GPIB/USB-Konverter**
USB-Interface
für den universellen Messbus.
- 54 Die fünf Gebote...**
bei der Auswahl eines DSOs.
Auswahlkriterien wie Bandbreite und Abtastrate sind allgemein bekannt. Es gibt aber eine Reihe weiterer Faktoren wie zum Beispiel die Speichertiefe, die bei der Beurteilung von Oszilloskopen eine entscheidende Rolle spielen. Auf diese fünf Gebote sollten sie achten.



INHALT

42. Jahrgang
April 2011
Nr. 484

14 3-GHz-Frequenz- und Pegelmesser Mit CPLD und dsPIC

Das gab es noch nie in Elektor: Einen Frequenzmesser für den Bereich bis 3 GHz. Das handliche Messgerät bestimmt Frequenzen zwischen 50 MHz und 3 GHz auf bis zu 1 ppm genau und zeigt auf einem LCD auch noch den Signalpegel im Bereich von +10 dBm bis -40 dBm an. Der Frequenzmesser verfügt über einen 50-Ω-HF-Eingang mit einer SMA-Buchse, an die sowohl ein Kabel als auch eine Antenne angeschlossen werden können. Zur Stromversorgung reichen drei handelsübliche Mignon-Zellen aus.

22 Pico C ATtiny & kleine Kapazitäten

HF-Entwickler müssen häufig parasitäre Kapazitäten im Picofarad-Bereich aufspüren. Leider werden auch bessere Digitalmultimeter ziemlich unpräzise, wenn es um das Messen solch kleiner Kapazitäten geht. Gewöhnlich liegt der kleinste Messbereich bei 2.000 pF! Mit unserem „Pico C“ klappt das Messen besser, er zeigt die Picofarads sogar mit Nachkommastelle an!

36 OBD-2-Wireless Diagnose-Interface mit Bluetooth oder ZigBee

Die preiswerteste Lösung für die Autodiagnose ist ein OBD-2-Interface zum Anschluss an einen (Notebook-)PC mit Diagnosesoftware. Allerdings ist eine solche Kabellösung nicht wirklich praktisch. Ein autonomer OBD-Tester ist hingegen wesentlich teurer und nicht so vielseitig wie eine PC-gestützte Diagnose. Eine interessante Alternative ist ein kabelloses OBD-Interface mit Funkverbindung zum PC. Mit den hier vorgestellten Selbstbau-Lösungen haben Sie auch noch die Wahl zwischen Bluetooth und ZigBee!

48 GPIB/USB-Konverter USB-Interface für den universellen Messbus

Der „General Purpose Instrumentation Bus“ (auch als IEEE-488 und IEC-625 bekannt) ist ein Urgestein unter den Bussystemen – und mit über 5000 verschiedenen und verfügbaren GPIB-Geräten nach wie vor die Grundlage der professionellen (Mess-)Gerätesteuerung. Da PCs standardmäßig keine GPIB-Schnittstelle haben, braucht man eine Einsteckkarte oder einen teuren externen USB/GPIB-Konverter. Unsere Selbstbaulösung mit einem USB-bestückten R8C13-Board zeigt, dass es auch ganz einfach und preiswert geht!

58 Gitarre für Multi-Effektgerät Vorverstärker nach Ibanez TS9

Der hier beschriebene einfache und effiziente Vorverstärker passt Gitarrensignale an die Eingänge des Multi-Effektgeräts aus Elektor 9/2010 an und sorgt gleichzeitig für zusätzliche Effekte.

62 RS485-Kommunikation mit ATM18

Damit lassen sich nicht nur Relais über größere Entfernungen steuern, sondern auch mehrere ATM18-Platinen miteinander vernetzen. Neben einer RS485-Adapterplatine wird auch ein sehr interessantes LCD-Modul mit eingebauter RS485-Schnittstelle vorgestellt.

68 Asteroids & E-Blocks dsPIC – Mikrocontroller ausgereizt

Die 16-bit-Mikrocontroller der dsPIC-Familie von Microchip bieten eine hohe Performance, die für die Ansteuerung eines Farb-Grafikdisplays genutzt werden kann. Als Anwendungsbeispiel dient das klassische Spiel „Asteroids“!

72 Höhenmesser für Modellraketen

Dieser recht genaue elektronische Höhenmesser mit integriertem Datenlogger wurde für die Flugbahnanalyse von Modellraketen entwickelt. Er wiegt nur 16 g, startet die Aufzeichnung bei Erreichen eines voreingestellten Höhenwerts automatisch und kann bis zu 16384 Luftdruckwerte speichern.

77 Hexadoku

Sudoku für Elektroniker

78 Retronik

137 Jahre Halbleitertechnik

80 Elektor-Shop

Bücher, CDs, DVDs, Bausätze & Module

84 Vorschau

Nächsten Monat in Elektor

Eine multimediale und interaktive Plattform für jeden Elektroniker - das bietet Elektor International Media. Ob Anfänger oder Fortgeschrittener, ob Student oder Professor, ob engagierter Profi oder leidenschaftlicher Hobbyist: Hier finden Sie wertvolle Informationen, Inspiration für die eigenen Entwicklungen, Unterstützung bei der Ausbildung und nicht zuletzt eine gute Portion Unterhaltung. Gedruckt und im Web. Analog und digital. In Theorie und Praxis.



**ANALOG • DIGITAL
EMBEDDED • MIKROCONTROLLER
AUDIO • MESSTECHNIK**

IMPRESSUM

42. Jahrgang, Nr. 484 April 2010
Erscheinungsweise: 11 x jährlich (inkl. Doppelheft Juli/August)

Elektor möchte Menschen anregen, sich die Elektronik zu Eigen zu machen – durch die Präsentation von Projekten und das Aufzeigen von Entwicklungen in der Elektronik und technischen Informatik.

Elektor erscheint auch in Englisch, Französisch, Niederländisch, Spanisch und weiteren Sprachen. ELEKTOR ist in über 50 Ländern erhältlich.

Verlag
Elektor-Verlag GmbH - Süsterfeldstraße 25, 52072 Aachen
Tel. 02 41/88 909-0 - Fax 02 41/88 909-77

Technische Fragen bitten wir per E-Mail an redaktion@elektor.de zu richten.

Internationale Chefredaktion **Wisse Hettinga**

Redaktion Elektor Deutschland
Ernst Krempelsauer (Chefredakteur, v.i.S.d.P.)
Jens Nickel
(E-Mail: redaktion@elektor.de)

Internationale Redaktion
Harry Baggen, Thijs Beckers, Jan Buiting, Eduardo Corral, Clemens Valens

Redaktionssekretariat **Hedwig Hennekens**

Labor/Technische Redaktion
Christian Vossen (Ltg.), Thijs Beckers, Ton Giesberts, Luc Lemmens, Jan Visser

Grafische Gestaltung und Layout
Giel Dols, Mart Schroyen

3-tägiges Fachseminar C-Programmierung für Mikrocontroller



Von den Autoren/Entwicklern des Elektor- μ C-Fernlehrgangs

NEU!

Die Beschäftigung mit Mikrocontrollern ist sehr reizvoll und vielseitig, teilt sie sich doch in zwei große Gebiete der Elektrotechnik auf: zum einen ist da die Hardware-Seite, die sich mit der Konzeption und der Entwicklung kompletter Systeme auseinandersetzt. Auf der anderen Seite ist die Hardware aber nicht funktionsfähig ohne die zugehörige Betriebssoftware für den Controller. Beide Entwicklungsgebiete sind also aufs Engste und unzertrennbar miteinander verzahnt.

In diesem 3-tägigen Seminar lernen Sie nun verschiedene Facetten der Softwareerstellung für Mikrocontroller kennen.

Wir stützen uns dabei auf ein modernes Mikrocontroller-System mit dem leistungsfähigen AT89C51CC03 (8051er-Familie) der Firma Atmel ab und erläutern Schritt für Schritt, von Anfang an, die Softwareentwicklung in der international gebräuchlichen Programmiersprache C. Eine einfach zu handhabende integrierte Entwicklungsumgebung (IDE) zur Erstellung und zum Austesten von C-Programmen bildet die Software-Basis des Seminars.

Praxisgerechte Beispiele, die von den Teilnehmern während des Seminars programmiert und ausgetestet werden, vertiefen sofort das Erlernete und bieten vielfältige Möglichkeiten für eigene Weiterentwicklungen. Da C weitgehend genormt ist, lässt sich ein Transfer unserer Ergebnisse auch sehr einfach auf andere Mikrocontroller-Familien und andere C-Entwicklungsumgebungen durchführen.

Die Referenten:

Prof. Dr.-Ing. Bernd vom Berg und Dipl.-Ing. Peter Groppe von der Technischen Fachhochschule (TFH) Georg Agricola zu Bochum sind seit mehr als 15 Jahren auf dem Gebiet der „Mikrocontroller-Technik für Lehre und Ausbildung“ tätig. In mehr als 10 praxisnahen Lehr-, Lern- und Arbeitsbüchern und zahlreichen Applikationsveröffentlichungen haben sie den „Anfängern“ die Grundlagen und Anwendungen der Mikrocontroller-Technik näher gebracht. Sie sind ebenfalls die Autoren des sehr erfolgreichen Elektor-Mikrocontroller-Fernlehrgangs.

Veranstaltungsort/-termin:

Hanau 13.09. bis 15.09.2011

Teilnehmergebühr (zzgl. MwSt.):

1240,00 Euro

**Elektor-Abonnenten
erhalten 5% Rabatt!**



Im Preis sind sämtliche Dokumentation (Handouts/Seminarunterlagen), Aushändigung des Teilnahmezertifikats, Imbiss mit Getränken und Mittagessen inbegriffen.

Weitere Infos & Anmeldung unter

www.elektor.de/c-prog

Geschäftsführer/Herausgeber: Paul Snackers

Marketing/Vertrieb (Leitung): Carlo van Nistelrooy

Anzeigen (verantwortlich): Irmgard Ditzgens
ID Medienservice

Tel. 05 11/61 65 95-0 - Fax 05 11/61 65 95-55

E-Mail: service@id-medianservice.de

Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 40 ab 01.01.2010

Vertriebsgesellschaft: IPS Pressevertrieb GmbH
Postfach 12 11, 53334 Meckenheim

Tel. 0 22 25/88 01-0 - Fax 0 22 25/88 01-199

E-Mail: elektor@ips-pressevertrieb.de
Internet: www.ips-pressevertrieb.de

Vertrieb Österreich
Pressegroßvertrieb Salzburg/Anif - Niederalm 300
Tel. +43/62 46/37 21-0

Der Herausgeber ist nicht verpflichtet, unverlangt eingesandte Manuskripte oder Geräte zurückzusenden. Auch wird für diese Gegenstände keine Haftung übernommen. Nimmt der Herausgeber einen Beitrag zur Veröffentlichung an, so erwirbt er gleichzeitig das Nachdruckrecht für alle ausländischen Ausgaben inklusive Lizenzen. Die in dieser Zeitschrift veröffentlichten Beiträge, insbesondere alle Aufsätze und Artikel sowie alle Entwürfe, Pläne, Zeichnungen einschließlich Platinen sind urheberrechtlich geschützt. Ihre auch teilweise Vervielfältigung und Verbreitung ist grundsätzlich nur mit vorheriger schriftlicher Zustimmung des Herausgebers gestattet. Die veröffentlichten Schaltungen können unter Patent-

oder Gebrauchsmusterschutz stehen. Herstellen, Feilhalten, Inverkehrbringen und gewerblicher Gebrauch der Beiträge sind nur mit Zustimmung des Verlages und ggf. des Schutzrechtsinhabers zulässig. Nur der private Gebrauch ist frei. Bei den benutzten Warenbezeichnungen kann es sich um geschützte Warenzeichen handeln, die nur mit Zustimmung ihrer Inhaber warenzeichengemäß benutzt werden dürfen. Die geltenden gesetzlichen Bestimmungen hinsichtlich Bau, Erwerb und Betrieb von Sende- und Empfangseinrichtungen und der elektrischen Sicherheit sind unbedingt zu beachten. Eine Haftung des Herausgebers für die Richtigkeit und Brauchbarkeit der veröffentlichten Schaltungen und sonstigen Anordnungen sowie für die Richtigkeit des technischen Inhalts der veröffentlichten Aufsätze und sonstigen Beiträge ist ausgeschlossen.

© 2011 elektor international media b.v.

Druck: Senefelder Misset, Doetinchem (NL)



ISSN 0932-5468

USB-ID von TI

Die eigene USB-ID? Elektor 02/2011, S. 36 (100718)
 Vielen Dank für den interessanten Artikel zu den USB-IDs. Die Nutzung von VID und zugewiesener PID eines Halbleiterherstellers für kleinere Serien ist eine einfache und kostengünstige Alternative zum Bezug der eigenen VID. Hinzufügen möchte ich nur noch die Möglichkeit von Texas Instruments, ebenfalls kostenlos die Vendor-ID mit zu nutzen und eine eigene PID zu bekommen. Möglich ist das für die 16-bit-Mikrocontroller-Serie MSP430 mit USB. Die Controller mit USB gehören zur 5xx- und 6xx-Familie, wie zum Beispiel der MSP430F529. Die Mitbenutzung der TI-VID und die Zuweisung einer PID kann mit folgendem Formular beantragt werden: http://focus.ti.com/en/download/mcu/application_for_sublicense.pdf

Gerald Gradl



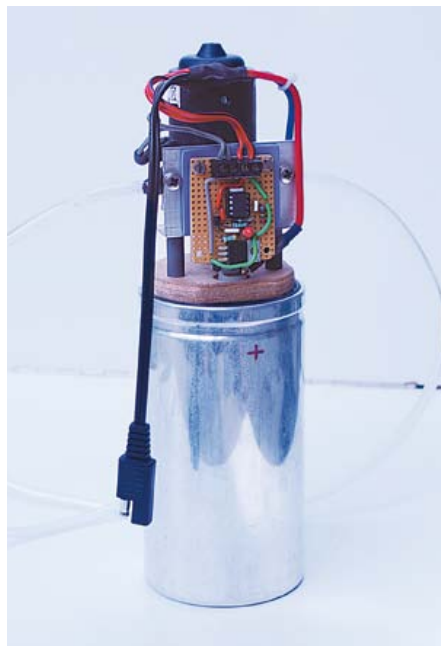
Vielen Dank für diesen Hinweis. Das Angebot von TI kannten wir noch nicht, sonst hätten wir es natürlich im Artikel erwähnt. In diesem Zusammenhang können wir ebenfalls noch etwas hinzufügen:

Es gibt auch eine USB-ID von Elektor. Für den im Heft Januar 2002 veröffentlichten „USB-UART“ hat das Elektor-Labor seinerzeit bei der USB-Organisation eine eigene Vendor-ID erworben. Damit hatten Elektor-Leser schon damals die Möglichkeit, eigene USB-Geräte zu entwickeln, ohne selbst über eine Vendor-ID zu verfügen und ohne sich allzu tief in die Materie einarbeiten zu müssen. Diese Elektor-USB-ID ist immer noch gültig: VID = 0C7D, PID = 0001 (für den USB-UART).

Energy Harvesting

Auch wenig summiert sich, Elektor 01/2011, S. 16 (100533)

In dem Artikel über „Energy Harvesting zum Niedrigpreis“ konnte ich keine Hinweise oder Links zum IC-Hersteller LT (Linear Technology) finden. Dieser Hersteller bietet laut Angaben im Internet spezielle ICs für das Energy Harvesting an. Für den Betrieb mit einem TEG (Thermoelektrischer Generator) gibt es zum Beispiel das IC LTC3108 (ab 20 mV Eingangsspannung) oder den LTC3109 für ±30 mV Eingangsspannung.



Für den Betrieb mit einer Solarzelle, etwa als Akkulader, ist der LTC3105 vorgesehen. Als Supercapacitor-Lader wird der LTC3225 angegeben, und für das „Piezoelectric Energy Harvesting“ gibt es den LTC3588. Näheres bei www.linear.com unter „Power Management/Energie Harvesting“ oder „Power Management/Supercapacitor Chargers“. In Ihrem Artikel wurde auch erwähnt, dass ein AMV mit Germanium-Transistoren mit etwa 0,2 V funktioniert. Es gibt auch Sperrwandler für so niedrige Betriebsspan-

nungen und anderes aus der Germanium-Zeit. Ich gehe aber davon aus, dass daran niemand Interesse hat.

D. Placht

Vielen Dank für Ihr Feedback. Das Thema „Energy Harvesting“ wird in den letzten Jahren von vielen Halbleiterherstellern verfolgt, nicht nur von LT. Auf den News-Seiten in Elektor und auf www.elektor.de haben wir schon einige ICs und Starter-Kits aus diesem Bereich vorgestellt. Die von Ihnen genannten ICs sind durchaus nicht uninteressant. Das Problem bei diesen kleinen Spannungswandlern ist aber oft, dass sie auf Grund der Gehäusebauformen nur fürs Reflow-Löten geeignet sind. Mal eben ausprobieren geht also nicht – im Gegensatz zu den im Artikel vorgestellten Schaltungen. Die Intention des Autors war es gerade, einfache Lösungen mit Standard-Bauteilen vorzustellen.

Windows-7-Treiber für USB-Flashboard

8051 goes USB, Elektor 11/2007, S. 24 (070125)

Ich habe vor ein paar Jahren das USB-Flashboard von Elektor gebaut und jetzt festgestellt, dass ich es mit meinem Windows-7-Notebook nicht mehr verwenden kann. Mit Windows XP gab und gibt es hingegen keine Probleme. Nach einigem Suchen im Internet wurde



ich bei AVR-Freaks.net fündig: www.avrfreaks.net/index.php?module=Freaks%20Files&func=viewFile&id=3842&showinfo=1
 Nach Download im bisherigen Ordner speichern, Board anschließen und Treiberinformation im Gerätemanager anpassen.

R. Bakker

MailBox

In dieser Rubrik veröffentlichen wir Kritik, Meinungen, Anregungen, Wünsche oder Fragen unserer Leser. Die Redaktion trifft die Auswahl und behält sich Kürzungen vor. Bitte geben Sie immer an, auf welchen Artikel und welche Ausgabe (Monat/Jahr) sich Ihr Schreiben oder Ihre Mail bezieht.

Sie erreichen uns per E-Mail redaktion@elektor.de, per Fax (02 41/88 909-77) oder unter der Anschrift: Redaktion Elektor Süsterfeldstr. 25 – 52072 Aachen

Updates und Ergänzungen

Hexadoku Digest - Sudoku für Elektroniker

Elektor 03/2011, S. 76 (080805)

Mit gleich zwei Problemen in der Aufgabenstellung haben wir es unseren Rätselfreunden besonders schwer gemacht – was nicht beabsichtigt war. Wir bitten um Entschuldigung und danken allen Lesern, die uns darauf aufmerksam gemacht haben.

Problem Nummer 1:

In der Aufgabenstellung stand, man müsse „die Lösungen von 16 Hexadokus eintragen, die in Elektor von Januar 2009 bis Juni 2010 veröffentlicht wurden (ohne Sommer-Doppelheft 2009)“. Gemeint waren tatsächlich die Hexadokus, die in diesen Monaten veröffentlicht wurden. Die Lösungen zu den Hexadokus wurden (und werden) immer erst später veröffentlicht. Um alle Unklarheiten zu beseitigen, hier eine Übersicht über die für das Hexadoku-Digest verwendeten Hexadokus und deren Lösungen:

Hexadoku in Heft	Lösung in Heft
1/09	3/09
2/09	4/09
3/09	5/09
4/09	6/09
5/09	7-8/09
6/09	9/09
9/09	11/09
10/09	12/09
11/09	1/10
12/09	2/10
1/10	3/10
2/10	4/10
3/10	5/10
4/10	6/10
5/10	7-8/10
6/10	9/10

Problem Nr. 2:

Bei der in Elektor 12/2009 auf Seite 78 angegebenen Lösung für das Hexadoku aus Heft 10/2009 stimmt die im Text angegebene Lösung (DA2BE) nicht mit dem ebenfalls dort abgebildeten Lösungs-Hexadoku überein, in dem die markierte Lösung mit DA2BF angegeben ist. Richtig ist **DA2BF**.

Somit sind alle Probleme gelöst, und Sie haben jetzt noch bis zum 31. März Zeit, um Ihre Lösung für das „Hexadoku Digest“ einzusenden...



Wo gibt es den Job,
der zu mir passt?

Finden Sie's heraus: Bewerben Sie sich jetzt.

Siemens ist ein weltweit führendes Unternehmen im Bereich der Elektronik und Elektrotechnik. In über 190 Ländern vertreten, bieten wir ein breites Spektrum an innovativen Produkten: für Energieeffizienz, industrielle Produktivität, bessere Patientenversorgung sowie intelligente Infrastrukturlösungen mit starkem Fokus auf Nachhaltigkeit. Um Antworten auf die drängenden Fragen unserer Zeit zu finden, brauchen wir neugierige und aufgeschlossene Menschen, die den Mut haben, Fragen zu stellen. Wie über 405.000 Siemens Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Vielleicht auch wie Sie?

Für unseren **Healthcare Sector in Erlangen** suchen wir zum nächstmöglichen Zeitpunkt einen

Elektronikentwickler (m/w)

Medical Electronics & Imaging Solutions

Jobnummer: 18511

Was sind meine Aufgaben?

- Durchführung von komplexen Entwicklungsaufgaben im Hard- und Softwarebereich
- Betreuung des Fachthemas „Wireless Control für Healthcare-Anwendungen“
- Eigenverantwortliche Ausarbeitung, Betreuung und Durchführung von Voruntersuchungen u.a. im Bereich Wireless, funktionale Sicherheit, Sensorik und Motion Control für Healthcare-Anwendungen
- Beratung der Business Units als CAN- und CANopen-Experte/-in
- Leitung von Projekten für Hardware- und Software-Entwicklung
- Lösungsorientierte Beratung von Kunden zum Thema funktionale Sicherheit
- Betreuung von Praktikanten

Was bringe ich mit?

- Abgeschlossenes Studium der Elektro- oder Nachrichtentechnik
- Mindestens 4-jährige Berufserfahrung in der Elektronik-Entwicklung
- Beherrschung der modernen Projektmanagement-Methoden
- Erfahrung in der Leitung von mittleren bis großen Entwicklungsprojekten
- Fundierte Fachkenntnisse in der funktionalen Sicherheit und im Bereich CAN/CANopen
- Sehr gute Kenntnisse in Wireless-Technologien sowie der Antriebs- und Steuerungstechnik
- Know-how auf dem Gebiet Normen der Medizintechnik
- Verhandlungssicheres Deutsch und fließendes Englisch in Wort und Schrift
- Idealerweise durch Auslandsaufenthalt in den USA und/oder Asien erworbene interkulturelle Kompetenzen
- Kreativität, Analysefähigkeit und Flexibilität
- Kundenorientierung und Kommunikationsstärke
- Networking-Skills und Eigeninitiative
- Bereitschaft zu gelegentlichen Dienstreisen sowie Besitz eines Führerscheins der Kl. B

Was muss ich noch wissen?

Bei gleicher Qualifikation werden schwerbehinderte Bewerberinnen und Bewerber und diesen gleichgestellte Menschen bevorzugt berücksichtigt.

Wie bewerbe ich mich?

Wir freuen uns auf Ihre Online-Bewerbung unter der Jobnummer 18511 auf unserer Karriereseite siemens.com/careers. Bitte beachten Sie dabei, dass nur vollständige Bewerbungsunterlagen inkl. Zeugnisse berücksichtigt werden können.

Falls Sie Fragen zu diesem Stellenangebot haben, wenden Sie sich bitte an:
Recruiting-Team, Telefon: + 49 (0) 9131-848448

Finden Sie heraus, wie Sie bei Siemens
Karriere machen können.

siemens.com/careers

SIEMENS

Nachrichten aus Forschung und Technik, interessante Produkt-Neuheiten und vieles mehr findet man aktuell unter www.elektor.de!

Kostenloser Schaltungssimulator

Analog Devices und National Instruments haben bei einer neuen Version des Schaltungssimulators NI Multisim Component Evaluator zusammengearbeitet. Das kostenlose Tool wartet nun mit zusätzlichen Leistungsmerkmalen und noch mehr Funktionen auf. Entwickler profitieren von einer einfach bedienbaren Umgebung zur Simulation linearer Schaltkreise mit Bauteilen von Analog Devices.

Zwei verbesserte Leistungsmerkmale der neuen Tool-Version erlauben die Realisierung größerer und komplexerer Schaltungen sowie den einfachen Import eigener Modelle in das Softwarewerkzeug. Insgesamt stehen über 1.000 OpAmps, Schalter und Spannungsreferenzen von Analog Devices und 550 Simulationsmodelle von NI zur Verfügung.

Die Simulationssoftware kann von der Website von Analog Devices heruntergeladen werden.

www.analog.com/multisim

Fingerprint-Zugangssystem

Der Fingerabdruck eines Menschen ist so gut wie einmalig auf der Welt, daher liegt es nahe, diesen auch zur Identifizierung zu benutzen. Das bei Conrad Electronic erhältliche Fingerprint Sicherheits-Zugangssystem FP500 kann bis zu 100 Benutzer verwalten, die einzigartigen Fingerabdruck-Muster werden vom Zugangssystem verschlüsselt und in einer separaten Auswerteeinheit gespeichert.

Eine LED-Beleuchtung der Leseeinheit erleichtert die Orientierung im Dunkeln und den Einlernvorgang mit verschiedenen



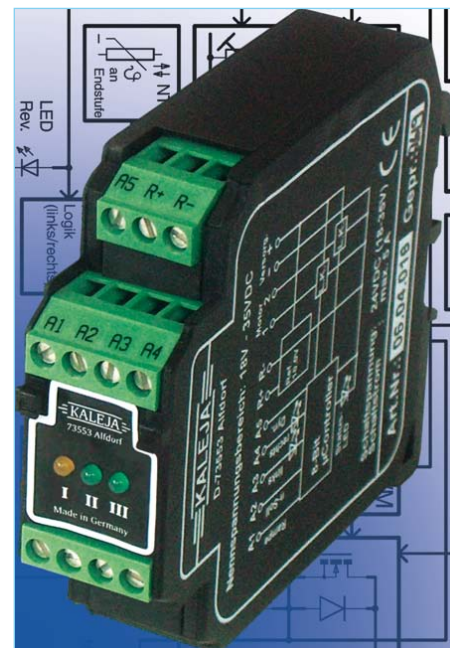
LED-Blinksignalen. Die im Lieferumfang enthaltene Software bietet grafische Unterstützung beim Anlernen der Fingerabdrücke, stellt Funktionen zur Verwaltung der Benutzer zur Verfügung und ermöglicht den Betrieb als computergestütztes Zugangssystem. Als Schnittstelle zum Computer steht ein USB-Anschluss zur Verfügung. Die PC-Software ist für Windows XP, Windows Vista und Windows 7 ausgelegt.

Der Einbau der Leseeinheit kann in jede vorhandene 55-mm-Schalterdose mit 41 mm Tiefe erfolgen. Die Auswerteeinheit benötigt eine 55-mm-Abzweigschalterdose mit einer Tiefe von 61 mm. Die Einheiten können auch auf Putz montiert werden, ein entsprechender Montage-Adapterring für die Leseeinheit liegt bei. Als Versorgung reicht ein handelsüblicher bereits vorhandener Klingeltrafo. Am Ausgang des Gerätes befindet sich ein potentialfreies Relais (Schließer, max. 35 V/3 A). Das System (Best.-Nr. 752211-7F) ist auch für Gartentore, Alarmanlagen, Rolll- und Lichtsteuerungen und mehr geeignet und kostet 129 Euro (inklusive Mehrwertsteuer).

www.conrad.de

Multifunktions-Steuerung für DC-Motoren

Von Kaleja Elektronik kommt eine sehr kompakte Motorsteuerung namens Maxi-MR-5-30 (Art.Nr. 06.04.016), die für 24-V-DC-Motoren bis 120 W geeignet ist. Dank moderner MOSFET-Technologie wird ein Wirkungsgrad von bis zu 95 % erreicht. Die Steuerung ist für den Reversierbetrieb ausgelegt, der jeweilige Betriebszustand wird durch LEDs angezeigt. Über einen Analogeingang 0..10 VDC kann die Motordrehzahl von 0 bis zur maximalen Drehzahl geregelt werden (eine Referenzspannung von 10 VDC wird von der Steuerung bereitgestellt). An einem zweiten Analogeingang 0..10 VDC lässt sich die Startrampe (Soft-Start) von 50 ms bis 4000 ms einstellen. Im Aus-Zustand wird der Motor kurzgeschlossen, dadurch ergibt sich eine dynamische Bremsung und der Motor kommt sehr schnell zum Stillstand. An einem Digitaleingang der Steuerung kann die dynami-



sche Bremsung abgeschaltet werden. Ein Kurzschluss- und Überlastschutz wird durch intelligente Ausgangstreiber sichergestellt.

www.kaleja.com

Preiswertes JTAG-Interface für ARM

Wer Software für ARM-Controller entwickelt, kommt an einem JTAG-Interface zum Debuggen nicht vorbei. Das bekannte „J-Link“-Interface von Segger ist nun auch in einer preiswerten EDU-Version bei AK Modul-Bus erhältlich (rund 50 Euro). Es unterstützt alle ARM7/9/11-, Cortex-A5/A8-, Cortex-M0/M1/M3/M4- und Cortex-R4-Controller. J-Link EDU wird nur an Hobbyisten, Schulen, Universitäten (Ausbildungszwecke) und NPOs (Non Profit Organizations) verkauft, nicht jedoch an Firmen. Die Stärke des Geräts liegt insbesondere in der Intelligenz des Interfaces. Diese ermöglicht eine sehr robuste Kommunikation mit der Zielhardware und eine hohe Kommunikationsgeschwindigkeit. Ein weiterer Pluspunkt sind die sogenannten Flash Breakpoints, die es erlauben, über die Hardware-Breakpoints hinaus weitere Breakpoints im Flash-Speicher zu setzen. Zum Teil werden diese auch simuliert, so dass die Ausführungsgeschwindigkeit wesentlich näher an der Release-Version der Firmware ist.

www.segger.com/cms/jlink.html

www.ak-modul-bus.de/stat/segger_j_link_edu.htm

„Kalte Fusion“ – ein weiteres Mal

Das kommt uns bekannt vor: Schon in den 1990er Jahren hatten zwei Amerikaner nach eigenen Angaben einen Weg gefunden, eine Kernfusion ohne extreme Temperaturen des Plasmas (viele Millionen Grad) zu ermöglichen. Denn für die Heizung benötigt man Hochleistungsanlagen wie zum Beispiel den im Bau befindlichen ITER in Cadarache oder die „Z-Machine“ am Sandia National Laboratory in Albuquerque. Aber „Kalte Fusion“? Jetzt gibt es neue Nachrichten zum Thema, und zwar von der ältesten Universität Europas in Bologna. Dort hat es eine Video-Pressekonferenz (Bild: Journal of Nuclear Physics) gegeben, die nur ausgesuchten



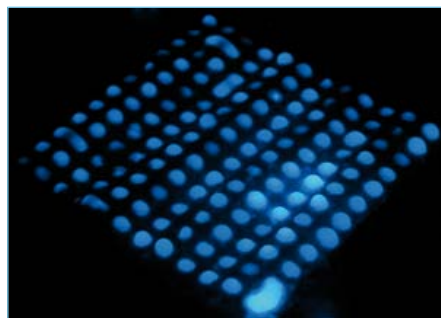
Journalisten zugänglich war. Die Teilnehmer ließen sich von den beiden Wissenschaftlern Sergio Focardi und Andrea Rossi einen „Energy Catalysator“ im Video vorführen, der angeblich schon seit zwei Jahren läuft und serienreif ist. Ende 2011 sollen erste Einheiten an Kunden ausgeliefert werden. Wo dieser Reaktor steht, war nicht in Erfahrung zu bringen. Nach Aussagen der Forscher lässt sich in diesem Nickel-Wasserstoff-Fusionsreaktor mit nur 400 W eingesetzter Wärmeleistung eine Ausgangsleistung von 12,4 kW erzeugen. Kerne von Nickelatomen sollen im Reaktor mit Wasserstoffkernen verschmelzen, dabei würde Kupfer entstehen und eine größere Menge freier Energie. Eine leistungsfähigere Anlage mit etwa 1 MW sei in Planung. Was genau diese „Kalte Fusion“ auslöst, wurde nicht deutlich. Das ist auch der Grund, warum Fachzeitschriften einen

einschlägigen Beitrag der beiden Forscher nicht drucken wollten – und man stattdessen diese Pressekonferenz einberufen hatte. So bleiben starke Zweifel an dem beschriebenen Reaktor, da dieser den Gesetzen der Physik zu widersprechen scheint.

www.journal-of-nuclear-physics.com/?p=360

Lab-on-Chip-Technik nutzt Papier

Ein Durchbruch für preiswerte biologisch-medizinische Untersuchungen kommt von der Purdue Universität. Statt spezieller Kanalstrukturen zur Analyse von chemischen Substanzen verwenden Forscher um Professor Babak Ziaie wasserabweisendes Papier, das man in jedem Supermarkt kaufen kann. Daraus werden Streifen geschnitten, in die ein Laser dann durchlässige Punktarrays brennt. Auf diese nun porösen Strukturen wurde Luminol aufgebracht, mit dem Hämoglobin in den punktförmigen Arrays nachgewiesen werden kann: Die Chemikalie fluoresziert blau, wenn man sie Blut aussetzt (Photo: Birck Nanotechnology



Center, Purdue University). Bringt man an bestimmten Stellen Silica-Mikropartikel ein, dann lässt sich damit der Fluss der zu untersuchenden Flüssigkeit auf dem Streifen gezielt steuern. Die Forscher legen Wert auf die Feststellung, dass es sich hier um einen Demonstrator eines neuen kostengünstigen Fertigungsprinzips handelt, nicht aber um

ein schon serienreifes Produkt.

www.purdue.edu/newsroom/research/2011/110125ZiaiePaper.html

Russen investieren in Kunststoffelektronik

Wirklich verwundern kann das nicht mehr:



2007 wurde in Moskau die Russian Corporation of Nanotechnologies (RUSNANO) gegründet, die sich nun mit einer Summe von 700 Mio. US-\$ an der kalifornischen Plastic Logic beteiligt. Ziel ist der Aufbau einer neuen Fertigung im russischen Zeleznograd, etwa 40 km nordwestlich von Moskau. Die Fertigung soll zur größten Produktionsstätte weltweit für Kunststoffdisplays der nächsten Generation ausgebaut werden. Die Kunststoffelektronik hat das Potential, einfache elektronische Massengüter zu extrem günstigen Preisen herzustellen. Ein praktischer Vorteil ist, dass Produkte dabei nicht an einen bestimmten Formfaktor gebunden sind. Rusnano will ab 2013/2014 einige Hunderttausend Stück eines biegsamen Active-Matrix-Displays von Plastic Logic produzieren (Bild: Plastic Logic), und zwar pro Monat. Die Fertigung soll in Zeleznograd stattfinden, das als eine Art russisches „Silicon Valley“ gilt.

www.plasticlogic.com/news/pr_rusnano_jan182011.php

Anzeige



PCBs
Muuuuch Cheaper...

No-frills policy

16,94 EURO*

5 pcs, 100 mm x 100 mm
*per piece, incl. VAT (21%)
+ shipping costs e. g. Germany 10,71 EURO

www.jackaltac.com



Auf dem Weg zum „Jumbo-Wafer“



Die langfristige Roadmap der Halbleiterindustrie hatte das Jahr 2012 im Auge, als man erstmals die großen 450-mm-Siliziumwafer ins Visier nahm. Das wären jetzt noch ein bis zwei Jahre, bis eine erste Prototypfertigung aufgebaut sein sollte. Das Projekt ist viel schwieriger als der seinerzeitige Übergang von 200-mm-Wafern auf 300-mm-Scheiben: Es betrifft alle Teilgebiete der Fertigung, von der Herstellung der riesigen Wafer über das Handling in der Produktion

bis hin zur Lithografie und zum Testen. In Austin arbeiten bei der International Sema-tech viele große Chiphersteller und Zulieferer an gemeinsamen Projekten für die 450-mm-Scheiben. So konnte die Sema-tech bereits Waferhandler für die Handhabung der Scheiben zeigen (Bild: Sema-tech). Parallel zu der Scheibenvergrößerung laufen jedoch die ständigen Strukturverkleinerungen auf den Wafern selbst. Derzeit ist man bei Strukturen zwischen 45 nm und 32 nm angekommen, nach der Halbleiter-Roadmap wird es mit 22 nm und vielleicht noch 16 nm weitergehen. So stehen die wenigen Waferhersteller auf der Welt vor gleich zwei Problemen: Die größeren Scheiben und die feineren Strukturabmessungen der Chips. Das bedeutet: Man braucht extrem planare Siliziumscheiben. Bei der Wacker Siltronic in Burghausen am Inn wurde von den Wissenschaftlern Dr. Georg Pietsch und Michael Kerstan ein neuartiges Schleifverfahren entwickelt, mit dem sich ultra ebene Siliziumwafer herstellen lassen. Das „Planetary Pad Grinding“ (PPG) vereint zwei bisher unver-



einbare Verfahren, nämlich das Läppen und das Schleifen (Bild: Wacker). Nachdem der patentgeschützte Prozess in Tests hohe Ausbeuten und wettbewerbsfähige Kosten nachweisen konnte, wurden die beiden Erfinder 2010 mit dem „Alexander Wacker Innovationspreis“ ausgezeichnet.

www.wacker.com

Anzeige

Beta

LAYOUT

ALLES EASY

REFLOW-KIT
Löttechnik, Werkzeuge und Hilfsmittel für SMD- und THT-Bestückung
€129,00

jetzt mit Bestückung!

gut bestückt! Schon ab einem Bauteil

cool! ALU-Kern Leiterplatten

dichter! 5mil track / 5mil drill

knackiger! Ritztechnik

kostenlos! Free Stencil

LASER-STENCIL
1 Schablone im Pool
• ab fertigen Produktionsfilmen
• max. Größe 210 x 210 mm
• max. 1000 Öffnungen
• inkl. gravierte Passermarken
• inkl. Beschriftungen
• inkl. Endbehandlung
€57,45

I ♥ Stencil!

Pimp my electronic device!

PANEL-POOL
FRONTPANEL
NEXT GENERATION
Grünes
DIGITALDRUCK-TECHNIK
• abriebfest
• UV-beständig
• Lösungsmittelbeständig

Alle eingetragenen Warennamen sind eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Hersteller.

www.reflow-kit.com

www.beta-layout.com

www.schablone.com

www.panel-pool.com

www.beta-layout.com

www.beta-layout.com

MÄRZ

29. Hamburg
Elektor-Seminar
 „Eagle PCB und Design“
 Vom Schaltungsdesign bis zur
 Platinenfertigung reicht die The-
 menpalette. Dazu gibt's Tipps
 zum Umgang mit dem bekannten
 Elektronik-CAD-Programm.
www.elektor.de/eagle-seminar

APRIL

4. - 8. Hannover
Hannover Messe
 Die Robotik und die Nanotechno-
 logie sind nur zwei der attraktiven
 Themenfelder. Topthema in die-
 sem Jahr ist die Energieeffizienz.
www.hannovermesse.de

5. - 6. Düsseldorf
Printed Electronics Europe
 Konferenz und Ausstellung zum
 Thema „Gedruckte Elektronik“.
 Parallel findet die „Photovoltaics
 Europe 2011“ statt.
www.idtechex.com/
printed-electronics-europe-11

6. - 9. Frankfurt am Main
Prolight and Sound
 Fachmesse mit den Themen-
 schwerpunkten Licht- und
 Bühnentechnik, Beschallung,
 Veranstaltungstechnik und
 Kommunikation.
www.prolight-sound.com

9. Dortmund
Elektor-Workshop
 „AVR-Mikrocontroller“
 Der AVR-Experte Andreas Riede-
 nauer wendet sich mit diesem
 Praxisseminar vor allem an Einstei-
 ger. Genutzt werden die beliebten
 Mikrocontroller von Atmel.
www.elektor.de/avr-workshop

12. München
LabVIEW Hands-On
 Kostenloses Praxisseminar, in dem
 man erste Schritte mit der grafi-
 schen Entwicklungsumgebung
 LabVIEW unternehmen kann.
 Plus weitere Termine, siehe Website!
www.ni.com/seminars/europe.htm

13. - 14. Bad Nauheim
**Bauelemente der
 Leistungselektronik**
 Alle 4 bis 5 Jahre gibt diese Fach-



Zum sechsten Mal Produkt des Jahres*

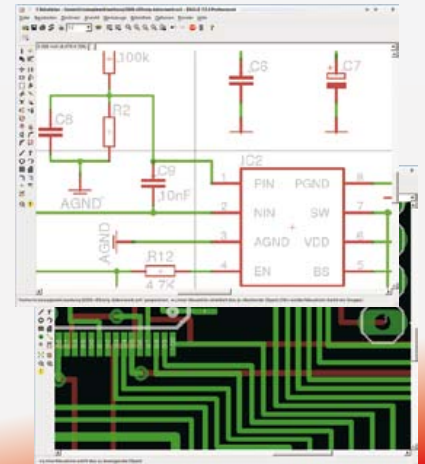
Das bestätigt uns:
**EAGLE bietet mehr als
 nur ein tolles
 Programm.**



EAGLE

Version 5

Schaltplan - Layout - Autorouter
 für Windows® Linux® Mac®



- ▶ Zum Beispiel vernünftige Preise ohne versteckte Kosten.
- ▶ Eine faire Update-Politik, ohne Wartungsverträge und ähnliche Knebelpraktiken.
- ▶ Eine kompetente Hotline, die jedem Kunden kostenlos zur Verfügung steht.
- ▶ Eine offene Diskussion mit den Anwendern als wesentliche Grundlage der Programm-Weiterentwicklung.
- ▶ Innovative Funktionen: Zum Beispiel der neue Follow-me-Router, der beim Manuellen Routen viel Zeit spart.

Anders ausgedrückt: EAGLE ist deshalb Deutschlands beliebteste Schaltplan- und Layout-Software, weil wir unsere Kunden seit über zwanzig Jahren so behandeln, wie wir selbst gerne behandelt werden möchten.

Preise	Light	Standard	Professional
Layout oder Schaltplan		249,90	499,80
Layout+ Schaltplan		499,80	999,60
Layout+ Autorouter		499,80	999,60
Layout+ Schaltplan+ Autorouter	49,00	749,70	1499,40

Alle Preise in € inkl. 19% MwSt.
 Upgrades zum Differenzpreis

EAGLE Light ist Freeware!

Zum Testen und für nicht-kommerzielle Anwendungen dürfen Sie EAGLE Light kostenlos verwenden. Diese Version ist auf Platinen im halben Europaformat mit maximal zwei Signallayern und ein Schaltplanblatt beschränkt. Alle anderen Features entsprechen denen der Professional-Version. Sie steht zum Download im Internet bereit.

Unsere Standard-Version eignet sich für Platinen im Europaformat mit bis zu sechs Signallayern bzw. für Schaltpläne mit max. 99 Seiten. In der Professional-Version entfallen diese Einschränkungen.

Neu! EAGLE Freemium

Testen Sie die zeitlich begrenzte Version für 60 Tage. Details finden Sie auf:
www.element-14.com/eagle-freemium

www.cadsoft.de

08635 6989-10

CadSoft Computer GmbH, Pleidolfweg 15, 84568 Pleiskirchen
 Tel. 08635 6989-10, Fax -40 E-Mail: info@cadsoft.de



element14

Windows / Linux / Mac sind eingetragene Warenzeichen von Microsoft Corporation / Linus Torvalds / Apple Computer, Inc.
 * Dieser Preis der Zeitschrift Elektronik wird in elf Kategorien an die Produkte vergeben, die die meisten Leserstimmen erhalten

tagung einen Überblick über die erreichten Fortschritte auf dem Gebiet der Leistungselektronik, zum Beispiel bei Dioden, MOSFETs und IGBTs.
www.vde.com/bauelemente2011

14. Frankfurt am Main
**Sichere Produkte –
 Anforderungen aus
 rechtlicher Sicht**
 Themen: Anforderungen des Ge-
 setzgebers an die Konstruktion
 und Entwicklung von Produkten,
 Konsequenzen mangelnder Si-
 cherheit, Rückrufaktionen.
www.vde.com/seminare

27. - 29. Wien
European Wireless 2011
 Die Wireless Community trifft
 sich dieses Jahr in Wien. Einer der
 Schwerpunkte wird das Thema
 „4G“ sein.
www.ew2011.org

MAI

3. - 5. Nürnberg
SMT/Hybrid/Packaging
 Bekannte Fachmesse (mit Kon-
 gress) zum Thema Systemintegra-
 tion in der Mikroelektronik.
www.mesago.de/de/SMT/main.htm

3. - 5. Köln
Anga Cable
 Messe rund ums Kabelnetz und
 den Satellitenempfang. Leitthe-
 men diesmal: Breitband, HDTV,
 IPTV und mehr.
www.angacable.com

11. - 12. München
Elektor-Seminar
 „PIC-Mikrocontroller-
 Programmierung in C“
 In diesem 2-tägigen Kurs lernt
 man die Programmierung von PIC-
 Controllern in der Programmier-
 sprache C kennen.
www.elektor.de/pic-prog

3-GHz- Frequenz- und Pegelmesser



Mit CPLD und dsPIC

Dieses handliche Messgerät bestimmt Frequenzen zwischen 50 MHz und 3 GHz auf 10 ppm genau und gibt auch noch eine Indikation für den Signalpegel im Bereich von +10 dBm bis -40 dBm. Die Anzeige erfolgt auf einem dreizeiligen LCD. Zur Stromversorgung reichen dabei drei handelsübliche Mignon-Zellen aus.

Von Martin Bachmann und Daniel Schär (CH)

Für eine schnelle Messung von Frequenz und Pegel eines HF-Signals ist ein handliches und batteriebetriebenes Gerät sehr praktisch. Die hier vorgestellte Entwicklung zeichnet sich außerdem durch eine sehr präzise Frequenzmessung aus. Das Gerät verfügt über einen 50- Ω -HF-Eingang mit einer SMA-Buchse, an den sowohl ein Kabel als auch eine Antenne angeschlossen werden können. Beim Anschluss einer Antenne ist

natürlich darauf zu achten, dass das Signal mit der zu messenden Frequenz einen ausreichend hohen Pegel gegenüber anderen, ebenfalls empfangenen Signalen aufweist.

Funktionsweise

Einen Überblick gibt das Blockschaltbild (**Bild 1**), in dem sich HF-Teil und Digitalteil durch die Farbgebung unterscheiden. Das Eingangssignal wird über einen passiven (Widerstands-)

Splitter auf die beiden HF-Schaltungsteile für die Pegelmessung und die Frequenzmessung verzweigt. Die Pegelmessung besteht im Wesentlichen aus einem logarithmischen Detektor-IC von Linear Technology. Die Frequenzmessung erfordert mehr Bauteile. Grundsätzlich bestimmt der aus einem CPLD von Altera bestehende Frequenzzähler mit Hilfe eines Teilers und eines Referenzoszillators die Frequenz des Signals.

Eigenschaften

- Frequenzmessbereich 10 MHz bis 3 GHz
- Frequenzmessfehler kleiner 10 ppm (0,001 %)
- Pegelmessbereich -40 dBm bis +10 dBm (0,1 μ W bis 10 mW an 50 Ω) im Bereich von 300 MHz bis 2,8 GHz
- 146 Messungen pro Minute
- Stromversorgung mit drei 1,5-V-Mignonzellen (AA) oder 5-V-Steckernetzteil (min. 180 mA)
- Stromaufnahme max. 170 mA am 5-V-Eingang
- 18 h Dauerbetrieb mit 3 NiMH-Zellen/2000 mAh (ohne LCD-Beleuchtung, 11 h mit Beleuchtung)

Die Auswertung, Steuerung und Anzeige erfolgt durch einen dsPIC-Mikrocontroller von Microchip.

Pegelmessung

Die Pegelmessung erfolgt mit Hilfe des logarithmischen Pegeldetektors LT5538 [1] von Linear Technologies. Auswahlkriterien waren neben dem Frequenzbereich (50 MHz bis 3 GHz) ein Dynamikbereich von mindestens 50 dB, eine Eingangsempfindlichkeit von -46 dBm, ein industrieller Temperaturbereich (-40 bis +85 °C), 3,3-V-Betrieb und ein möglichst niedriger Preis. Die Dynamikanforderung erfüllen nur drei ICs: ADL5513, LT5534 und LT5538. Die Wahl fiel auf den LT5538, der mit 75 dB den größten Dynamikbereich aufweist.

Das IC misst die Leistung des HF-Signals und gibt eine zur Leistung proportionale Spannung aus. Diese Spannung wird vom A/D-Wandler des Mikrocontrollers eingelesen und weiterverarbeitet.

Leider weist die Pegelmessung mit dem LT5538 eine starke Frequenzabhängigkeit auf. Aus diesem Grund wurde eine digitale Korrektur mit Hilfe von Polynomapproximationen implementiert. Die Pegelmessung kann durch einen Menüpunkt in der Mikrocontroller-Firmware kalibriert werden.

Frequenzmessung

Die eigentliche Frequenzmessung basiert auf einem Zählverfahren, welches im Max2-CPLD [2] von Altera implementiert ist. Während der Messung zählt ein erster Zähler die Nulldurchgänge des Messsignals. Ein zweiter Zähler zählt die Nulldurchgänge des Referenzsignals, das der Referenzoszillator liefert. Aus diesen beiden Zählerständen lässt sich die Frequenz berechnen:

$$\text{Frequenz} = \text{Referenzfrequenz} \cdot \frac{\text{Signalzählerstand}}{\text{Referenzzählerstand}}$$

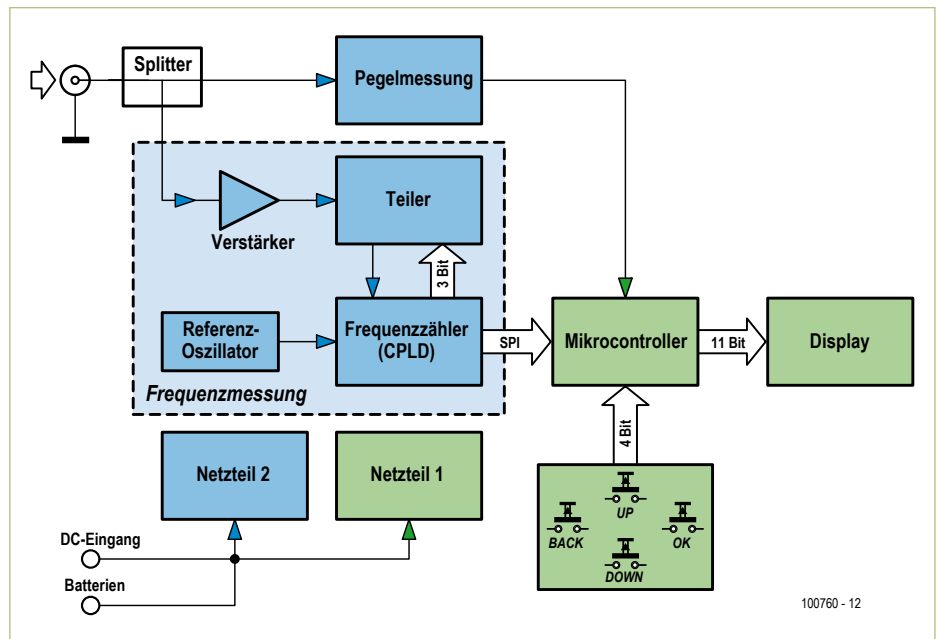


Bild 1. HF-Teil (blau) und Digitalteil (grün) des Frequenz- und Pegelmessers im Blockschaltbild.

Um die Präzision der Frequenzmessung zu erhöhen, wurde eine Synchronisationslogik im CPLD programmiert. Diese stellt sicher, dass die Frequenzmessung (beide Zähler) erst dann gestartet und gestoppt wird, wenn das

Referenz- und das Eingangssignal gleichzeitig eine steigende Flanke aufweist (siehe Bild 2). Die beiden Zählerstände werden über eine SPI-Schnittstelle an den Mikrocontroller gesendet.

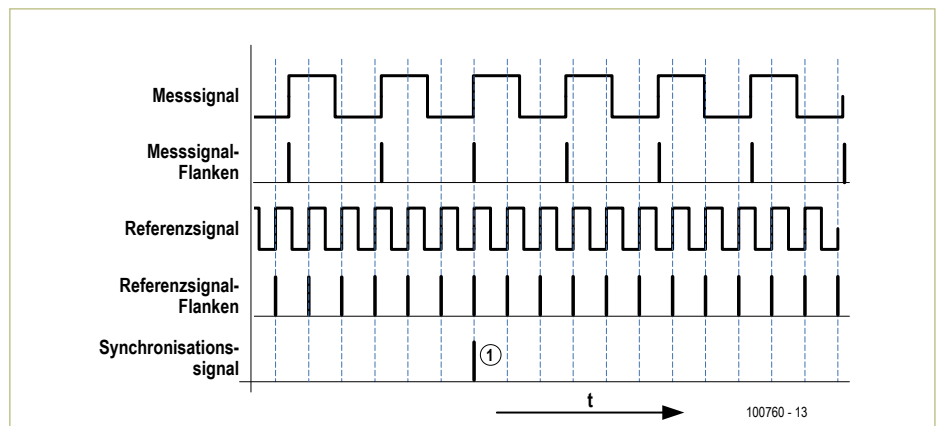


Bild 2. Impulsdiagramm der Synchronisationslogik im CPLD. Die Frequenzmessung mit zwei Zählern wird gestartet und beendet, wenn das Referenz- und das Eingangssignal gleichzeitig eine steigende Flanke aufweisen.

Elektor-Produkte & Service

- Platine Best.-Nr. 100760-1 (nur Online-Bestellung via www.elektor.de/100760)
- Platinenlayouts (kostenloser PDF-Download)
- Software für CPLD und dsPIC-Firmware (inklusive Sourcecode):
Gratis-Download 100760-11.zip
- Ausführliche Projektdokumentation und Kurzfassung in Deutsch:
Gratis-Download 100760-12.zip
- Infoseite mit allen kostenlosen Downloads:
www.elektor.de/100760

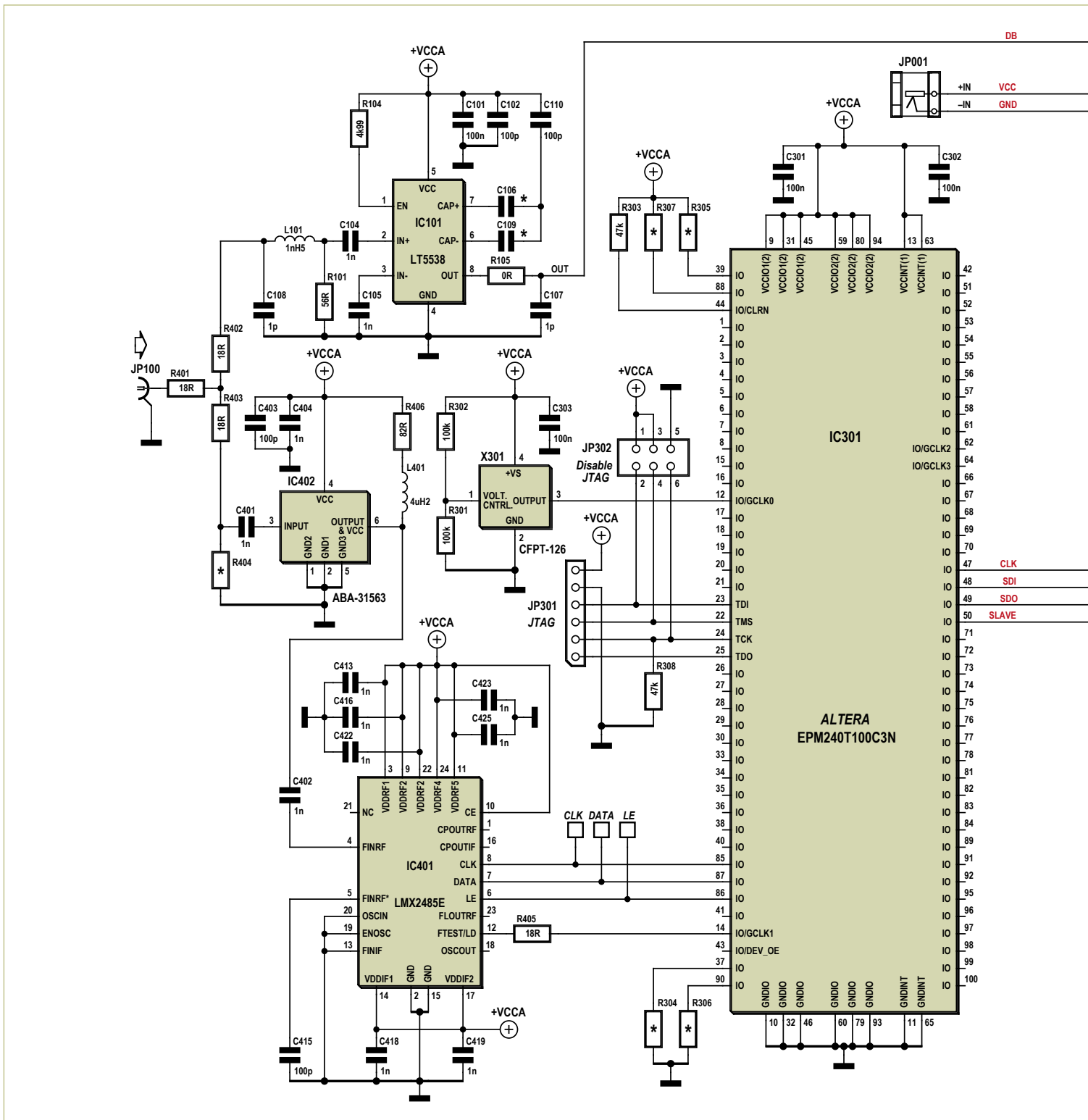


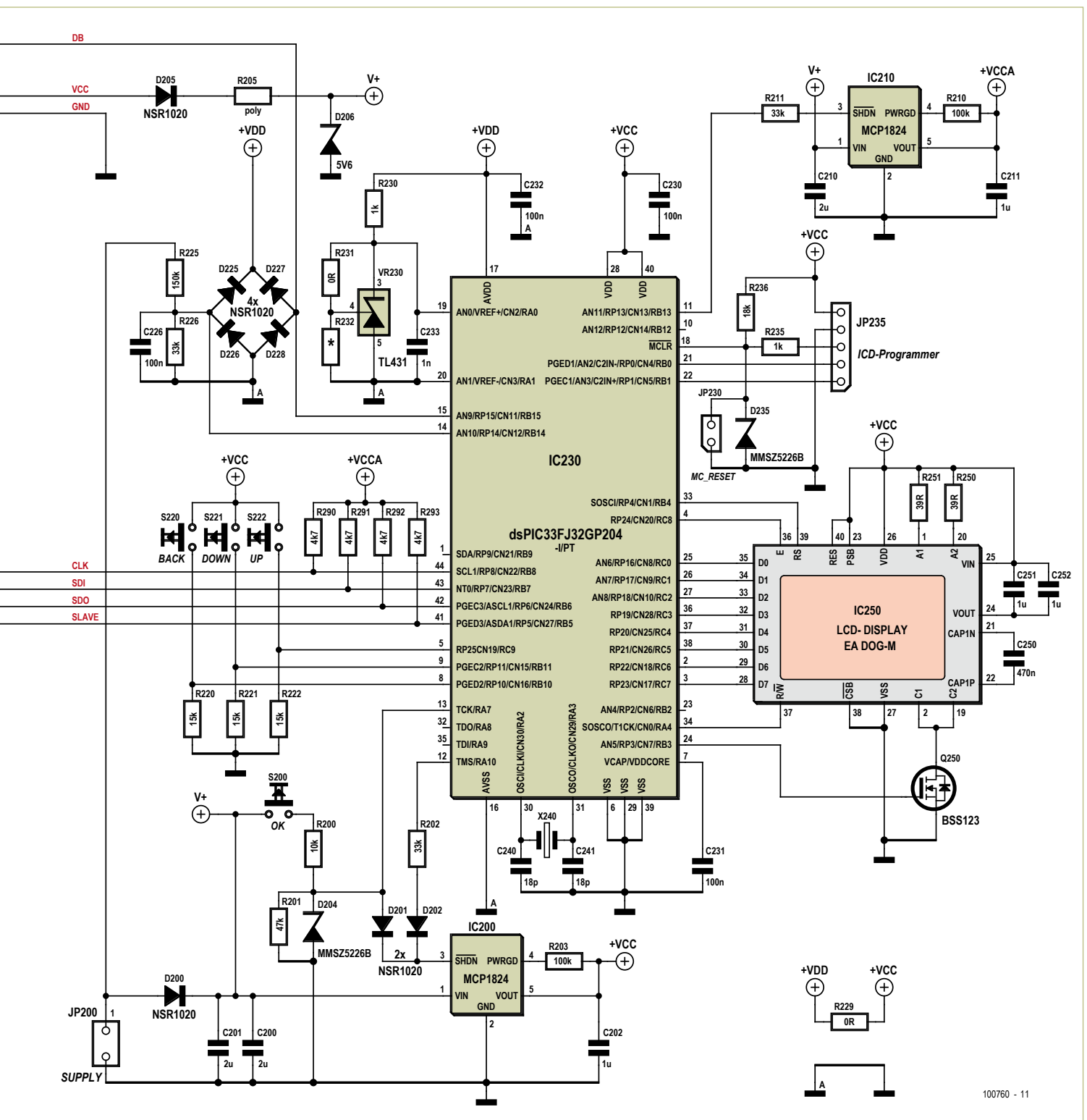
Bild 3. Auch in der Schaltung sind HF-Teil (links) und Digitalteil (rechts)

Das CPLD kann Eingangsfrequenzen bis etwa 200 MHz verarbeiten. Um auch höhere Frequenzen messen zu können, wird ein Frequenzteiler benötigt. Natürlich wird der Teilerfaktor (in dieser Anwendung: Faktor 32) in die Berechnung der Frequenz mit

einbezogen. Als Teiler dient der PLL-Baustein LMX2485E [3] von Linear Technologies. Verwendet wird dabei nur der eingebaute Frequenzteiler, die eigentliche PLL-Funktion bleibt ungenutzt. Der Vorteil dieser „Verschwendung“ liegt im Preis: PLL-Bausteine

werden in Massen hergestellt und sind deshalb günstiger als reine HF-Teilerbausteine.

Der PLL-Baustein muss bei jedem Starten des Gerätes programmiert werden (zum Beispiel für das Teilverhältnis). Dies



separate Einheiten mit getrennter Betriebsspannung.

konnte direkt in das CPLD implementiert werden, so dass der Mikrocontroller dafür nicht gebraucht wird. Dadurch kann die Frequenzmessung als eigenständiges, autonomes Modul arbeiten, welches nur eine Datenausgabe über die SPI-Schnittstelle

besitzt und auch einfach für andere Anwendungen einsetzbar ist. Um die Eingangsempfindlichkeit des Messgeräts zu verbessern und die Dämpfung des passiven Splitters (-6 dB/Pfad) am Eingang auszugleichen, wird ein breitbandiger HF-

Verstärker vorgeschaltet. Der ABA-31563 [4] von Avago hat 50-Ω-Ein- und Ausgänge, eine Bandbreite von DC bis 3,5 GHz und verstärkt das Signal um ca. 20 dB. Bei starken Eingangssignalen arbeitet der HF-Verstärker im Sättigungsbereich.

Stückliste

Widerstände:

(SMD0603)
 R101 = 56 Ω
 R104 = 4k99
 R105,R229,R231 = 0 Ω
 R200 = 10 k
 R201,R303,R308 = 47 k
 R202,R211,R226 = 33k
 R203,R210,R301,R302 = 100 k
 R220,R221,R222 = 15 k
 R225 = 150 k
 R230,R235 = 1 K
 R232,R293 = nicht bestückt
 R236 = 18 k
 R250,R25 = 39 Ω
 R290,R291,R292 = 4k7
 R304,R305,R306,R307,R404 = nicht bestückt
 R401,R402,R403,R405 = 18 Ω
 R406 = 82 Ω

Kondensatoren:

(SMD0603)
 C101,C226,C230,C231,C232,C301,C302
 ,C303 = 100 n
 C102,C110,C403,C415 = 100 p
 C104,C105,C233,C401,C402,C404,C413,C41
 6,C418,C419,C422,C423,C425 = 1 n
 C106,C109 = nicht bestückt
 C107,C108 = 1 p

C200,C201,C210 = 2 μ
 C202,C211,C251,C252 = 1 μ
 C240,C241 = 18 p
 C250 = 470 n

Induktivitäten:

(SMD0603)
 L101 = 1,5 nH
 L401 = 4,2 μH

Halbleiter:

D200,D201,D202,D205,D225,D226,D227
 ,D228 = NSR1020 (SOD323-W)
 D204,D235 = Z-Diode 3,3 V (SOD123)
 D206 = Z-Diode 5V6 (SOD123)
 IC101 = LT5538
 IC200,IC210 = MCP1824 (SOT23-5L)
 IC230 = DSPIC33FJ32GP204-I/PT (TQFP44)
 IC301 = EPM240T100C3N (TQFP100), CPLD
 (Altera)
 IC401 = LMX2485E (LLP24), PLL (National
 Semiconductor)
 IC402 = ABA-31563 (SOT363),
 Breitbandverstärker (Avago)
 Q250 = BSS123 oder SN7002W (SOT23)
 VR230 = TL431 (SOT23-5), Spannungsreferenz
 (TI)
Außerdem:
 IC250 = EA DOGM163W-A, 3,3-V-LC-Display,

3x16 Zeichen (Electronic Assembly)
 JP001 = Steckernetzteil-Buchse für
 Platinenmontage
 JP100 = SMA-Buchse 142-0711-881 (Emerson/
 Johnson)
 JP200 = eventuell 2-polige Stiftleiste
 (Batterieanschluss)
 JP230 = 2-polige Stiftleiste mit Jumper (bei
 Bedarf)
 JP235 = 5-polige Stiftleiste, gewinkelt
 JP301 = 6-polige Stiftleiste, gewinkelt
 JP302 = 6-polige Stiftleiste, 2-reihig (bei
 Bedarf)
 R205 = Selbstheilende Sicherung 30 V/0,2 A
 (SMD1210), Littlefuse 1210L020WR (z.B.
 Farnell 1596997)
 S200,S220,S221,S222 = 1-poliger Taster,
 Schließer, für Platinenmontage
 X240 = 18-MHz-Quarz (HC49/SMD)
 X301 = CFPT-126 (LF TVX0009920) von IQD,
 temperaturkompensierter 40-MHz-SMD-
 Quarzoszillator (Farnell Best.Nr.: 1100757)
 Gehäuse Bopla Typ BS404 F-7035
 Platine 100760-1 (siehe www.elektor.
 de/100760)

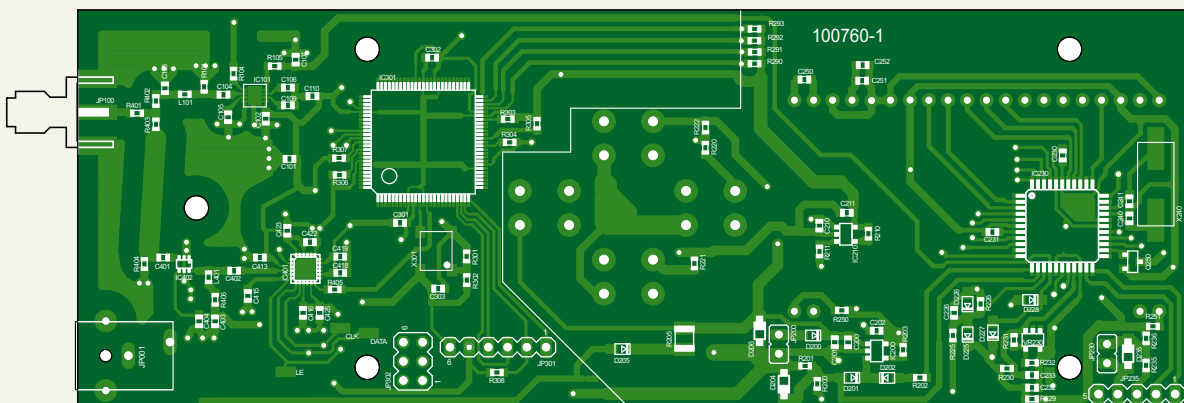
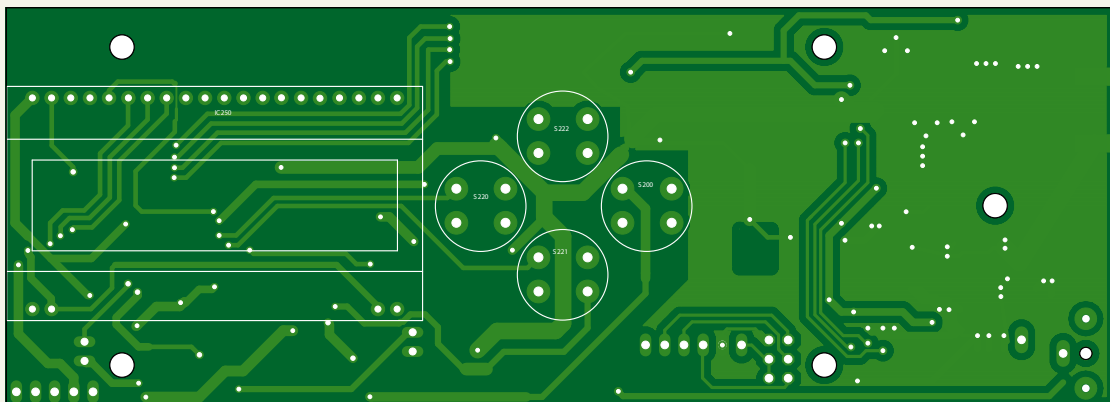


Bild 4. Die auf der Unterseite komplett SMD-bestückte Platine. Auf der Oberseite befinden sich nur die Taster und das Display.

Genauigkeit

Das Referenzsignal des Oszillators bestimmt im Wesentlichen die Genauigkeit der Frequenzmessung. Die Messung kann nicht genauer als der Oszillator sein.

Des Weiteren ist die Genauigkeit der Frequenzmessung vom Pegel des Signals sowie von der Frequenz selbst abhängig. Grundsätzlich ist die Genauigkeit höher, wenn ein höherer Pegel anliegt.

Die Pegelmessung kann trotz Kalibrierung nicht mit der Genauigkeit der Frequenzmessung mithalten (siehe „Kalibrierung der Pegelmessung“).

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die erzielbaren Ergebnisse. Am Musteraufbau konnte bei Raumtemperatur eine Genauigkeit der Frequenzmessung von 1 ppm nachgewiesen werden.

Schaltung

Die im Blockschaltbild unterschiedlich gefärbten Schaltungsteile (HF-Teil und Digitalteil) wurden ursprünglich auch auf separaten Platinen aufgebaut und getestet. Im Zuge der Geräteentwicklung erfolgte dann eine Zusammenfassung zu einer Platine. Die damit korrespondierende Gesamtschaltung ist in **Bild 3** zu sehen.

HF-Teil (links) und Digitalteil (rechts) sind auch hier separate Einheiten, die unabhängig voneinander verwendet werden könnten. Auch die Stromversorgung erfolgt zur besseren Entkopplung der beiden Schaltungsteile getrennt – mit dem Spannungsregler IC200 für den Digitalteil und mit IC210 für den HF-Teil. Beide Spannungsregler liefern die gleiche Spannung von 3,3 V. Die beiden Spannungsregler erhalten ihre Eingangsspannung wahlweise von einem an JP200 angeschlossenen Batterie- oder Akkupack mit drei AA-Zellen (3,6...4,8 V) oder von einem an JP001 angeschlossenen 5-V-Steckernetzteil. Die Umschaltung erfolgt automatisch: Wenn die Spannung vom Steckernetzteil höher ist als die Batteriespannung an JP200, sperrt die Diode D200, die gleichzeitig auch bei einer Verpolung der Batteriespannung schützt. Ebenso findet man hinter der Steckernetzteilbuchse eine Diode als Verpolungs- und Rückstromschutz. Dieser Diode ist noch eine Polyfuse (selbstheilende thermische Sicherung) nebst Z-Diode nachgeschaltet. Diese Kom-

Tabelle 1. Messgenauigkeit		
Messung	Genauigkeit	Bereich
Frequenz	< 10 ppm (< 0,01 %)	50 MHz...3 GHz -20 dBm...0 dBm
	< 10 ppm (< 0,01 %)	700 MHz...2700 MHz -35 dBm...+10 dBm
	< 1000 ppm (< 1 %)	300 MHz...2700 MHz -40 dBm...+10 dBm
Pegel (mit Kalibrierung)	4,3 dB	50 MHz...3 GHz -40 dBm...+10 dBm

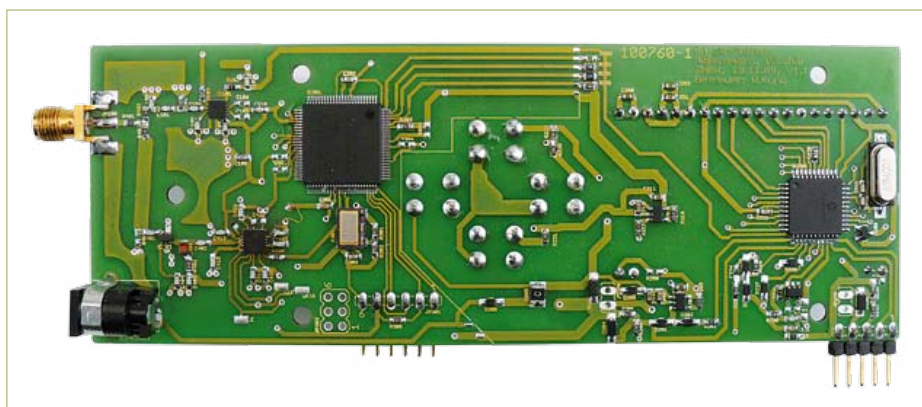


Bild 5. Die von Hand bestückte SMD-Seite der Elektor-Musterplatine.

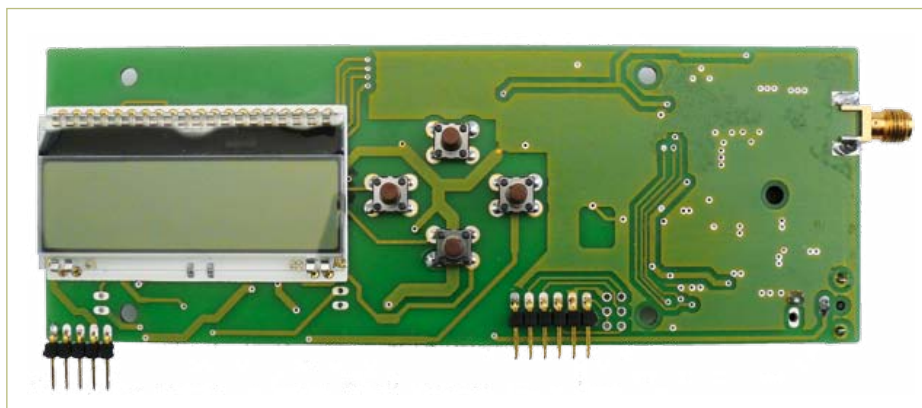


Bild 6. Die Oberseite des Elektor-Prototyps.

bination schützt die Schaltung vor zu hohen Spannungen und begrenzt den Strom im Fehlerfall.

HF-Teil und Digitalteil sind nur durch die vier SPI-Bus-Leitungen und die Pegel-Messleitung miteinander verbunden – und natürlich durch einen gemeinsamen Massepunkt. Über den SPI-Bus sendet das CPLD die Zählerstände der Frequenzmessung an den dsPIC, der sie für die Frequenzanzeige durch das LC-Display und die Frequenzkompensa-

tion der Pegelmessung auswertet. Die Ausgangsspannung des Pegeldetektors IC101 im HF-Teil gelangt über die DB-Leitung auf den Eingang des A/D-Wandlers des dsPICs, der sie mit 12 bit Auflösung digitalisiert und die Werte dann mit der beschriebenen frequenzabhängigen Korrektur zur Anzeige auf dem LC-Display aufbereitet. Mit den Dioden D225 bis D228 erfolgt eine Begrenzung der Spannung am ADC-Eingang (Pin 15) des dsPICs, um Übersteuerung zu vermeiden.



Bild 7. Blick in das Mustergerät der Autoren.

Über den Spannungsteiler R225/R226 und einen zweiten Analogeingang (Pin 14) überwacht der dsPIC die Batteriespannung. Die Spannungsreferenz (VR230) mit dem TL431 liefert die 2,5-V-Referenzspannung für den A/D-Wandler des dsPICs.

Das Benutzerinterface besteht aus vier Tastern (S200, S220..222) und dem 3-zeiligen LC-Display mit der über Q250 geschalteten Beleuchtung. Das LCD zeichnet sich durch 3,3-V-Betrieb, hohen Kontrast mit automatischer Anpassung und eine sehr geringe Stromaufnahme von nur 250 µA (ohne Hintergrundbeleuchtung) aus.

Im HF-Teil erkennt man die beim Blockschaltbild beschriebenen Komponenten leicht wieder. Der auf die 50-Ω-SMA-Buchse folgende Signalsplitter besteht nur aus den drei Widerständen R401...R403. Diese passive Aufteilung des Eingangssignals auf den Pegel- und Frequenzmesszweig ist mit einem Verlust von -6 dB/Pfad verbunden, daher auch der Verstärker (IC402) vor dem Eingang der PLL (IC401), die wie erwähnt lediglich als Vorteiler dient. Da dieser Vorteiler vom CPLD aus bei jedem Systemstart programmiert werden muss, ist die PLL über ihr Microwire-Interface (SPI-kompatibel) mit dem CPLD (IC301) verbunden.

Die Referenzfrequenz für die Frequenzmessung erhält das CPLD vom Referenzoszillator X301, der die Genauigkeit maßgeblich bestimmt. Der in der Stückliste angegebene LF TVXO009920 aus der CFPT-126-Reihe von IQD Frequency Products ist ein temperaturkompensierter 40-MHz-SMD-Quarzoszillator mit einem Arbeitsbereich von -40 °C bis 85 °C, der mit 3-V-Logik kompatibel ist und eine Frequenzstabilität von ±0,5 ppm aufweist. Bei 40 MHz sind das nur 20 Hz! Da diese Genauigkeit ihren Preis hat, kann

man bei geringeren Genauigkeitsanforderungen an den Zähler auch einen preiswerteren Oszillator einsetzen. Andererseits lässt sich die Genauigkeit beim LF TVXO009920 mit den Widerständen R301 und R302 noch weiter verbessern, wenn man über einen hochgenauen Frequenzzähler für diesen Abgleich verfügt. Beim zweiten von den Autoren gebauten

Prototyp wurde mit den Standard-Widerstandswerten (100 k für R301 und R302) eine Abweichung von -15 Hz bei 40 MHz (= -0,38 ppm) gemessen. Mit einem kleineren Wert für R302 ließ sich die Abweichung bis auf +5 Hz = +0,125 ppm verringern (mit R301 = 94,68 k und R302 = 100 k).

Das CPLD wird über die JTAG-Schnittstelle JP301 programmiert. Bei der mit „JTAG Disable“ bezeichnete Stiftleiste JP302 werden Jumper verwendet, um das CPLD zwischen dem Programmiermodus und dem Betriebsmodus umzuschalten. Man kann nach dem Programmieren des CPLDs natürlich anstelle von Stiftleisten und Jumpers auch Lötbrücken verwenden.

Im Digitalteil ist mit JP235 eine ICD-Programmier- und Debug-Schnittstelle für den dsPIC vorhanden. Mit dem Jumper JP230 lässt sich der Mikrocontroller bei Bedarf zurücksetzen.

Platine

Alle SMD-Bauteile wurden auf der Unterseite der doppelseitigen und durchkontaktierten Platine (Bild 4) platziert. Auf der oberen Platinenseite befinden sich nur die vier Taster und das Display. In Bild 5 und Bild 6 ist die bestückte Musterplatine des Elektor-Labors zu sehen, während Bild 7 einen Blick in das Mustergerät der Autoren gewährt.

In beiden Fällen erfolgte die SMD-Bestückung von Hand, was besonders beim PLL-Baustein nicht einfach ist. Beim SMD-Oszillator hat man dadurch aber gegenüber einer

Reflow-Bestückung den Vorteil einer höheren Frequenzstabilität. Allerdings ist dieses anspruchsvolle Projekt nur wirklich (SMD-) erfahrenen Elektronikern zu empfehlen. Nach erfolgreicher Bestückung benötigt man zur Programmierung des CPLDs ein Byteblaster- oder USB-Blaster-Programmierschnittstelle und als Software die Quartus-Programmierungsumgebung. Für den dsPIC braucht man MPLAB von Microchip und einen ICD-Programmer. Alles andere (VHDL-Code, Source-Code, Hex-Code und Programmierhinweise) findet man im Software-Download, der auf der Elektor-Webseite zu diesem Projekt zur Verfügung steht [5].

Das Menü

Die Anzeige der Messwerte auf dem LC-Display ist sehr übersichtlich: Die erste Zeile zeigt „Frequency/Level“, die zweite Zeile die Frequenz in MHz und die dritte Zeile den Pegel in dBm. Darüber hinaus dient das Display auch dazu, das Messgerät zu kalibrieren und Statusangaben wie zum Beispiel die Batteriespannung anzuzeigen.

Die Einstellungen im Menü erfolgen durch die vier Taster der Schaltung, deren Funktionen in Tabelle 2 beschrieben sind.

Das Menü ist so aufgebaut, dass jeweils in der obersten Zeile des Displays der aktuelle Menüpunkt dargestellt wird. Bild 8 zeigt zur Verdeutlichung den Menübaum der Software. Hierzu ist anzumerken, dass unter „Measuring/Advanced“ zwischen „Frequency/Level“, „Min/Max Frequen.“ und „Min/Max Level“ mit den Tasten T3 und T4 umgeschaltet werden kann. Im Menü „Status“ kann das Service-Menü aufgerufen werden. Dazu sind die Taster T3 und T4 gleichzeitig zu drücken. Im Service-Menü können

Tabelle 2. Funktionen der Taster für die Menüeinstellung

S200	OK (Bestätigen) und Gerät einschalten
S220	Zurück (vorheriger Menüpunkt)
S222	Größer bzw. im Menü aufwärts
S221	Kleiner bzw. im Menü abwärts

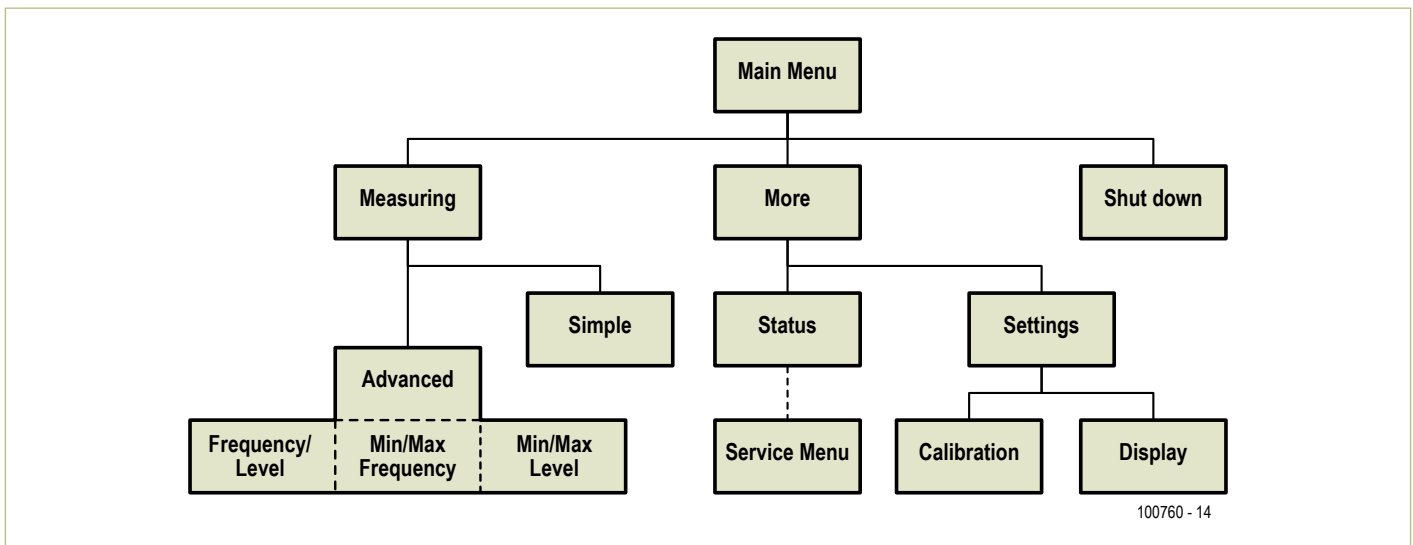


Bild 8. Die Menüstruktur der Mikrocontroller-Software.

die Rohdaten der Pegelmessung (A/D-Wert) angezeigt sowie die Stromversorgung des HF-Teils über IC210 (und somit die Pegel- und Frequenzmessung) ein- und ausgeschaltet werden.

Kalibrierung der Pegelmessung

Wie bereits beschrieben, weist der als Pegeldetektor verwendete LT5538 einen sehr großen Dynamikbereich auf, der allerdings mit dem Nachteil einer unerwünscht großen Frequenzabhängigkeit der Pegelmessung verbunden ist. Die Pegelmessung lässt sich zwar für einen kleinen Frequenzbereich sehr genau justieren, ist aber über den gewünschten großen Frequenzbereich ziemlich ungenau. Die Frequenzabhängigkeit der Pegelmessung lässt sich aber (zumindest teilweise) kompensieren, da bei der Messung die Frequenz bekannt ist. Der Mikrocontroller kann den Pegelwert an Hand des Frequenzwerts auf den richtigen Wert umrechnen. Dafür ist in der Firmware der Menüpunkt „Calibration“ für eine Kalibrierung vorgesehen. Für diese Kalibrierung, welche auf der „Least Square“ Methode basiert, wird ein Frequenzgenerator mit einer zwischen 100 MHz und 3 GHz einstellbaren Frequenz und einem zwischen -40 dBm und +10 dBm einstellbaren Pegel benötigt.

Die Kalibrierung erfolgt nach folgendem Muster:

1. Menüpunkt Calibration aufrufen
2. Angezeigte Frequenz und angezeigten Pegel einstellen
3. Bestätigen

4. Nächste angezeigte Frequenz und nächsten Pegel einstellen

5. Fortsetzen für alle angezeigten Werte

6. Nach einer kurzen Rechenzeit ist die Kalibrierung abgeschlossen und die Daten werden im Flashspeicher des Mikrocontrollers dauerhaft abgelegt.

Im Gegensatz zu der Frequenzmessung bleibt die Pegelmessung auch mit dieser Kalibrierung relativ ungenau. Als größte Abweichung wurden 4,3 dB gemessen.

Möglichkeiten

Dieses Projekt bietet nicht nur viele Anregungen für eigene Entwicklungen im Bereich wirklich hoher Frequenzen (auch was das Platinenlayout betrifft), sondern auch für die Verwendung von CPLDs. Dank der offengelegten Software (VHDL-Code und dsPIC-Quellcode in C) hat man alle Möglichkeiten, die Programmierung zu ändern oder für eigene Anwendungen zu nutzen. Für die Entwicklung der Controllerfirmware wurde die MPLAB IDE v8.30 und als C-Compiler MPLAB C30 verwendet. Das Erstellen und Downloaden der CPLD-Logik erfolgte mit Quartus II 7.0.

Für eine Erweiterung der Funktionalität wäre ein CPLD mit mehr Makrozellen erforderlich. Auf der Platine sind bereits zusätzliche Anschlüsse für ein CPLD mit mehr Speicher vorhanden. In diesem Fall müssten R304, R305, R306 und R307 mit 0-Ω-Widerständen bestückt werden. Auch die Pegelmessung bietet noch Gelegenheit für eine Weiterentwicklung – gute

Messgeräteausstattung im Labor vorausgesetzt. Auf der Hardwareseite könnte man versuchen, Reflexionen am Verstärkereingang durch ein Anpassnetzwerk zu minimieren. In der Software hätte man zum Beispiel die Möglichkeit, andere und mehr Kalibrierungspunkte (Frequenzen) zu wählen und eine Approximation mit Polynomen höherer Ordnung zu versuchen...

(100760)

Weblinks

- [1] <http://cds.linear.com/docs/Datasheet/5538f.pdf> (Datenblatt LT5538)
- [2] www.altera.com/literature/hb/max2/max2_mii5v1_01.pdf (Datenblatt MAX II CPLD)
- [3] www.national.com/ds/LM/LMX2485.pdf (Datenblatt LMX2485)
- [4] www.avagotech.com/docs/AV02-1782EN (Datenblatt ABA-31563)
- [5] www.elektor.de/10076

Die Autoren

Martin Bachmann und Daniel Schär studierten an der Schweizerischen Fachhochschule ZHAW in Winterthur Elektrotechnik. Das beschriebene Messgerät entstand während des Studiums im Rahmen einer Projektarbeit.

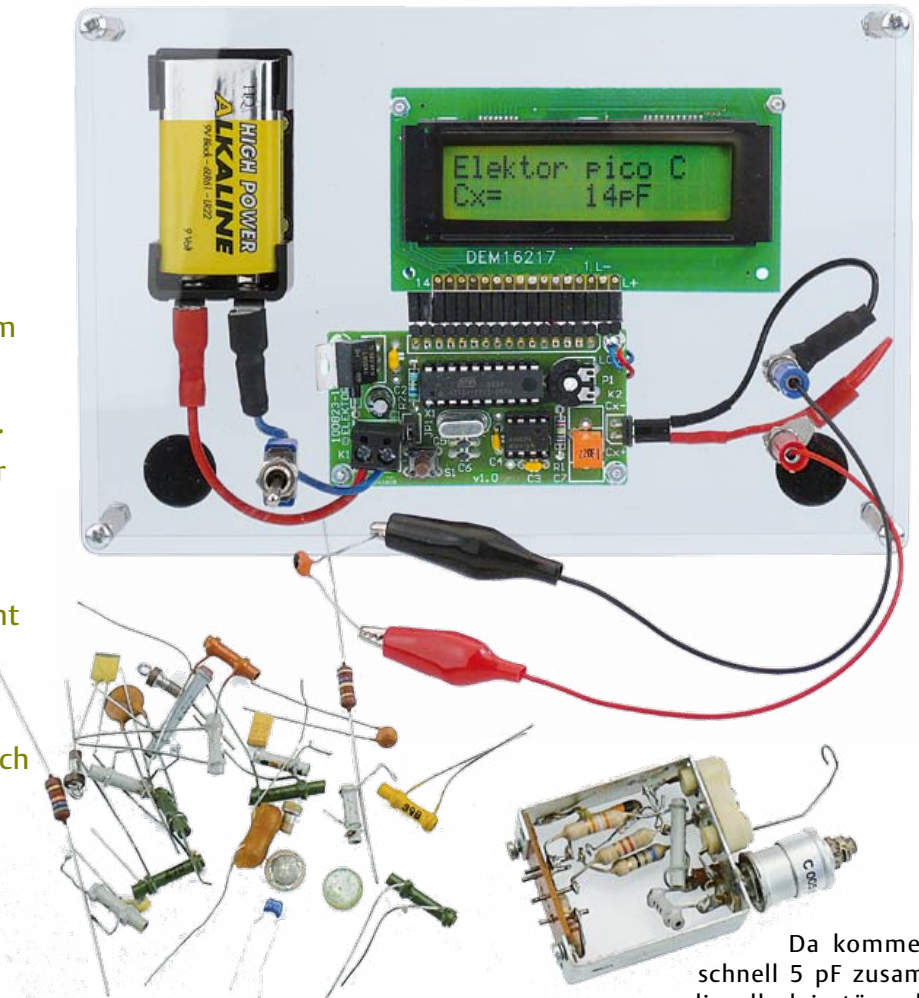
Pico C

ATtiny & kleine Kapazitäten

Von Vladimir Mitrovic (Kroatien)

Auch bessere Digitalmultimeter werden ziemlich unpräzise, wenn es um das Messen kleiner Kapazitäten wie 2,7 pF oder 5,6 pF geht. Gewöhnlich liegt der kleinste Messbereich bei 2.000 pF, was einem HF-Entwickler oder Funkamateurliebling höchstens ein Schmunzeln entlockt. Formal ergibt sich bei 3,5 Stellen der Anzeige eine Auflösung von 1 pF, doch bei Messungen unterhalb von 200 pF wird es ungenau oder schlicht falsch. Mit Pico C klappt das Messen besser. Besser selbst als bei guten Multimetern, denn es gibt bei pF auch noch eine Nachkommastelle.

Kleine Kapazitäten unterhalb von 10 pF zeigen sich oft versteckt, sind aber dennoch nicht immer irrelevant. Der erfahrene HF-Entwickler weiß zwar, wo er suchen muss, doch auch wenn man sich mit niedrigen Frequenzen beschäftigt, dürfte klar sein, dass parasitäre Kapazitäten darüber entscheiden können, ob eine Schaltung stabil ist oder wild oszilliert. Gelegentlich zeichnen solche Phänomene für Funktionsunterschiede eines Prototypen und der Serienproduktion in China verantwortlich: Schon ein kleiner



Tropfen Lötzinn mit Flussmittel drum herum kann es leicht auf eine Kapazität von 1,5 pF bringen. So belastet kann beispielsweise ein 2-GHz-CPU-Oszillator streiken – Sie können gerne die Reaktanz ausrechnen – denn die Last ist ziemlich heftig. Oder aber eine 10 cm lange Leiterbahn führt Impulse im ns-Bereich über eine mehrlagige Platine:

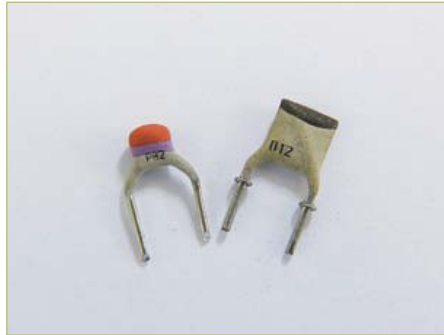
Da kommen schnell 5 pF zusammen, die allerlei störende Effekte bis hin zu ungewollten Resonanzen verursachen können. Auch Digitalelektronik ist bei hohen Frequenzen durchaus stöempfindlich. Kleine Kondensatoren erfreuen das Auge von Funkamateuren und Radio- & Fernseh-technikern. Von daher konnte ich nicht widerstehen, Ihnen eine Auswahl aus meiner Schublade mit alten Bauteilen zu zei-

Eigenschaften

- Messbereich: <1 pF bis mindestens 2.000 pF; typisch bis 2.500 pF
- Auflösung: 0,1 pF
- Anzeige: 2-zeiliges LCD
- Einfach, preiswert, keine SMDs
- Mit ATtiny2313 im DIP20-Gehäuse
- Freier Source -und Hex-Code
- Einfache Kalibrierung mit
- 1-nF/-1%-Referenzkondensator
- Mikrocontroller, Platine und Bausatz im Elektor-Shop erhältlich



(a) „Bienenkorb“-Trimmer von Philips. Geringe Verluste. Geniale Konstruktion ermöglicht hohe Linearität über den gesamten Bereich. Einstellbar im Bereich von **5...30 pF**.



(b) Keramik-Kondensatoren im Rastermaß 5 mm. Hier zeigen sich die fotografischen Grenzen des Elektor-Labors. Dem Aufdruck kann man die Werte **0,82 pF** und **120 pF** entnehmen.



(c) Keramische Röhren-Kondensatoren. Hohe Betriebsspannung von typisch 250 V. Hier mit Werten von **12 pF**, **39 pF** und **320 pF**.



(d) Durchführungskondensatoren mit sehr geringer Streuinduktivität. Ideal für die HF-Entkopplung. Werte von **200 pF**, **470 pF** und **1 nF**.



(e) Trapez- und Scheibenkondensatoren. Geringer Verlustfaktor und keine Streuinduktivität. Sehr zerbrechlich! Werte von **27 pF** und **820 pF**.



(f) Keramischer Trimmkondensator. Einstellbar von **3,5 pF** bis **10 pF**.



(g) Röhren-Trimmkondensatoren. Wenn sie nicht in Serie geschaltet sind, sollte der Rotor mit Masse verbunden sein. Hier mit **0,3...3 pF** und **1...6,5 pF**.



(h) Glimmer-Kondensator. Arbeitsspannung 500 V (1966 NOS). Mit **470 pF**.



(i) Das ist der preiswerteste Kondensator – und im Eigenbau herzustellen: Einfach zwei Drähte verdrehen, um ihre Kapazität zu erhöhen. Gut für Gleichspannungen bis 200 V. Einstellbar von **0,2 pF** bis **1,5 pF**.

Bild 1. Kleine Kapazitäten sind nicht notwendigerweise physikalisch klein oder unwichtig. Hier eine Ausstellung seltener, alter und selbstgemachter Kondensatoren im Bereich von 0,2...500 pF.

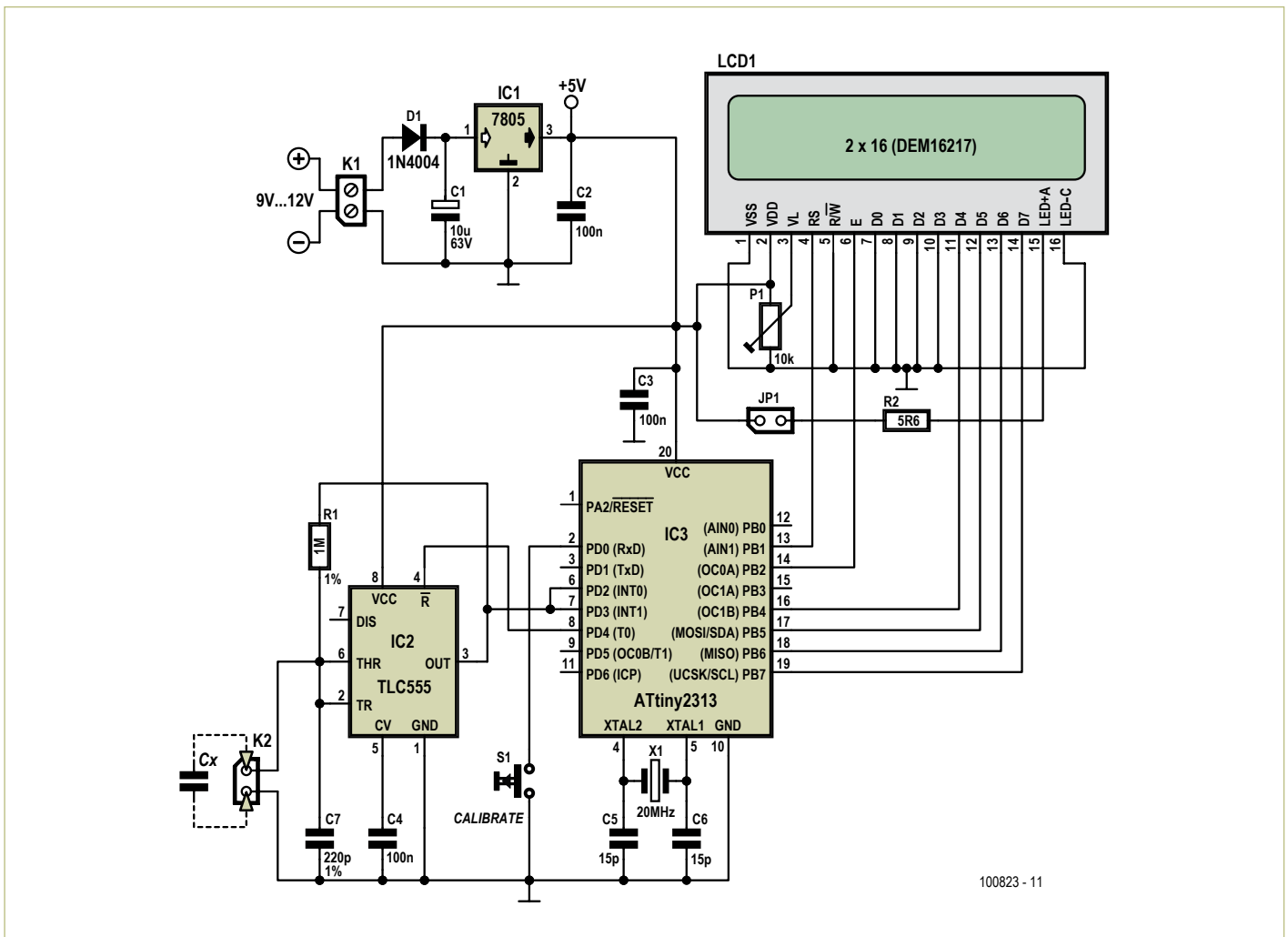


Bild 2. Die Schaltung des pF-Messgeräts ist einfach und effizient. Die wichtigsten Dinge passieren innerhalb des Mikrocontrollers.

gen (siehe Bild 1). Man sieht relativ kleine Polystyrol-Kondensatoren im Bereich um 500 pF, die auch bei High-End-Audio-Elektronik eingesetzt werden. In so einem Fall ist die tatsächliche Kapazität interessant, da es durch Alterung zu Drift kommen kann. Speziell in aktiven Filtern mit Opamps sind genaue Kapazitäten von Belang und enge Toleranzen von 1 % durchaus berechtigt. Zur Messung ist ein DMM dann zu ungenau. Hier braucht es schon ein Pico C.

Der Teufel im Detail

Das Messverfahren von Pico C ist nicht neu und wird vielfach auch in anderen Messgeräten genutzt: Die zu messende Kapazität bestimmt die Frequenz eines Oszillators. Ein Mikrocontroller misst diese Frequenz und errechnet so den Wert von C_x . Klingt einfach, doch bei sehr kleinen Kapazitäten hat man es mit parasitären Kapazitäten und elektronischen Störungen zu tun, die die Messungen beeinträchtigen. Mit ein Grund

übrigens, warum Multimeter trotz einer Auflösung von 1 pF oft kläglich versagen. Pico C löst diese Probleme mit einfacher, aber gut überlegter Hardware und cleverer Software.

So funktioniert Pico C

Die Schaltung in Bild 2 zeigt alte Bekannte: TLC555, ATtiny, 7805 und ein LCD. Die Kombination aus R1, C7 und der CMOS-Version des Timers 555 (IC2) erzeugt ein Recht-

Elektor Produkte & Services

- Platine (Bestellnummer 100823-1)
- Programmierter Controller ATtiny2313-20PU (Bestellnummer 100823-41)
- Firmware und Source-Code (kostenloser Download 100823-11.zip)
- Platinen-Layout (kostenloser Download 100823-1.pdf)

- Webseite zum Projekt mit allen Downloads, Links und Bestellmöglichkeiten unter www.elektor.de/100823
- Bausatz, inklusive Projekt-Gehäuse, programmierter Controller, LCD und Platine (Bestellnummer 100823-71*)

* Den ersten 100 Bausätzen wird kostenlos ein Polypropylen-Kondensator mit 1 nF/1 % beigelegt.

Stückliste

Widerstände:

R1 = 1 M/1 %
R2 = 5Ω6
P1 = 10-k-Trimpoti, liegend

Kondensatoren:

C1 = 10 μ/63 V, axial, RM 2,5 mm
C2, C3, C4 = 100 n/50 V, keramisch, RM 5,08 mm
C5, C6 = 15 p/100 V, keramisch, RM 5,08 mm
C7 = 220 p/63 V/1 %, Polystyrol, RM 7,12 mm, z.B. LCR EXFS/HR 220PF ±1 %
Optional: 1.000 p/1 %-Referenzkondensator, Polystyrol oder Polypropylen

Halbleiter:

D1 = 1N4004
IC1 = 7805
IC2 = TLC555, DIP-8,
z.B. Texas Instruments TLC555CP
IC3 = ATtiny2313-20PU, programmiert,
Bestellnummer 100823-41, siehe [1]

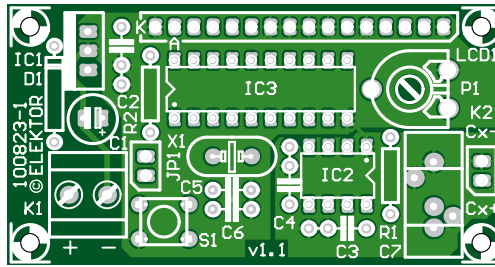


Bild 3. Alle Bauteile bis auf das LCD passen auf diese einseitige Platine. Das LCD-Modul kann rechtwinklig oder parallel zur Platine mit Hilfe eines 16-poligen Steckverbinders befestigt werden. Im Bild wird die horizontale Montage gezeigt, die zum Projekt-Gehäuse von Elektor passt.

Außerdem:

K1 = 2-pol. Schraubklemme für Platinenmontage, RM 5 mm
K2 = 2-pol. Pinheader und Buchse, RM 2,54 mm
JP1 = Jumper, RM 2,54 mm
S1 = Taster, Schließer, 6 mm
X1 = 20 MHz-Quarz, $C_L=18$ pF, 50 ppm, bedrahtet
LCD = DEM16217, 2x16 Zeichen mit Backlight, z.B. Bestellnummer 030451-72 (Elektor-Shop)
LCD-Stecker= 16-pol. (14+2) einreihige Stiftleiste und Buchsenleiste für LCD, abgewinkelt, RM 2,54 mm
20-pol. IC-Fassung für IC3
8-pol. IC-Fassung für IC2
Platine, Bestellnummer 100823-1 (Elektor-Shop)
Bausatz, inklusive Projekt-Gehäuse, Platine, LCD und programmiertem Mikrocontroller; Bestellnummer 100823-71 (Elektor-Shop)

ecksignal mit 3,2 kHz und symmetrischem Tastverhältnis. Mit dem gewöhnlichen bipolaren 555 wird das übrigens nicht funktionieren! Wenn man nun den unbekanntenen Kondensator C_x an K2 legt, ist er parallel zu C7 geschaltet, wodurch die Frequenz des Oszillators absinkt. Damit der Beitrag von C_x auch bei wenigen pF gut messbar bleibt, sollte die Kapazität von C7 eigentlich nicht allzu groß ausfallen. Aus folgenden Gründen wurde für C7 mit 220 pF (1 %) trotzdem ein relativ großer Wert gewählt, weil die Beziehung zwischen Kapazität und Tastverhältnis des Oszillators bei Werten unter 100 pF nicht linear ist.

hohe Auflösung ermöglicht.

Der Rest der Schaltung ist konventionell. Der 20-MHz-Takt des ATtiny2313 stammt vom Quarz X1, der mit den Kondensatoren C5 und C6 beschaltet ist (siehe **Kasten**). Der ATtiny2313 steuert direkt ein LCD mit zwei Zeilen zu je 16 Zeichen und LED-Hintergrundbeleuchtung, welche durch Ziehen von Jumper JP1 deaktiviert werden kann. R2 bestimmt den LED-Strom und so die Helligkeit. Sein Wert muss den Anforderungen des verwendeten LCD-Typs entsprechen. Das im Elektor-Shop erhältliche LCD-Modul DEM16217 hat schon einen

Beleuchtung also nur kurz aktiviert werden. Ohne Beleuchtung benötigt die Schaltung nur etwa 20 mA. Die Diode D1 schützt vor einer verpolten Versorgungsspannung. Wenn D1 überbrückt und für C1 eine Low-Drop-Ausführung eingesetzt wird, kann man die Schaltung auch mit vier AA-Batterien in Reihe (6 V) betreiben.

Aufbau

Das Elektor-Labor hat eine kleine Platine für das Messgerät entworfen. **Bild 3** zeigt den Bestückungsplan sowie die Leitungsführung. Das Layout kann wie immer kostenlos von der Webseite zu diesem Artikel her-

Kostenloser Referenzkondensator mit 1.000 pF/1 % für die ersten 100 Pico-C-Bausätze

Um die Nachteile der größeren Kapazität von C7 zu kompensieren, führt der Mikrocontroller mehrere Messungen durch:

- Es wird nicht nur die Dauer einer Periode gemessen, sondern die von 24 Perioden ausgewertet.
- Dank der hohen Taktfrequenz von 20 MHz bleiben dem ATtiny 680 Takte für eine Auflösung von 1 pF, was eine gute Genauigkeit selbst für ein ΔC von 0,1 pF ist.
- Timer0 und Timer1 sind so gekoppelt, dass sie dank des gemeinsamen Pins PD5 (Timer0 OCOB out; Timer1 in) einen einzigen 25-bit-Binärzähler bilden, was eine sehr

internen Vorwiderstand, sodass die Stromaufnahme der Beleuchtung bei 5 V etwa 33 mA beträgt. Der Kontrast wird mit Hilfe von P1 eingestellt.

Ein Druck auf Taster S1 legt die Leitung PD0 auf „Low“, wodurch der Start des Kalibrierungs-Modus getriggert wird – hierzu später mehr.

Die Stromversorgung mit IC1 ist absolut gewöhnlich. Das Messgerät kann so von jeder Gleichspannung im Bereich 9...12 V versorgt werden. Bei beleuchtetem Display muss je nach Display mit einer Stromaufnahme von bis zu 0,2 A gerechnet werden. Bei Batterieversorgung sollte die Display-

unter geladen werden [1]. An dieser Stelle findet sich auch der Link zu Source- und Hex-Code der Firmware. Wer keinen Controller programmieren will oder kann, der hat die Möglichkeit, einen fertig programmierten Controller via Elektor-Service [1] zu beziehen. Dort ist auch eine Bestellmöglichkeit für einen kompletten Bausatz inklusive Gehäuse, Platine, Display und programmiertem Controller verlinkt.

Das Bestücken der Platine ist keine Kunst, da es sich ausschließlich um bedrahtete Bauteile handelt. Für IC3 empfiehlt sich ein 20-poliger IC-Sockel guter Qualität (gedrehte Kontakte). Bei sauberer Arbeit

Wenn Null \neq 0

C5 und C6 sind kleine Kondensatoren mit nur 15 pF! So klein sie sind: wenn sie nicht stimmen, wird die ganze Schaltung nicht funktionieren. Diese Kondensatoren ergeben die benötigte Last für den Quarz, damit der mit ATtiny aufgebaute Pierce-Oszillator schwingt. Ein falscher Wert und man verliert unnötig viel Zeit mit der Fehlersuche, wenn die Schaltung so ganz und gar nicht das tut, was sie soll – nur weil der Taktgenerator keine Takte produziert und der Mikrocontroller daher nicht arbeitet.

Da hilft auch kein „Auf dem Kondensator der Firma XYZ ist aber klar und deutlich ‚151‘ zu lesen!“ Denn diese drei Ziffern bedeuten weder

15 pF noch 151 pF, sondern stehen für 15 mit 1 Null dahinter, also für 150 pF. Auch der Aufdruck „n15“ ist nicht der Richtige, denn er steht für 0,15 nF = 150 pF. Nichts davon eignet sich für C5 und C6. Auch „150“ ist falsch, denn das steht eben nicht für 15 mit 0 Nullen dahinter, sondern ebenfalls für 150 pF. Der gesuchte Wert 15 pF wird üblicherweise mit „15p“ angegeben. Das zu wissen hilft...

Eine Herausforderung für die Youtube-Generation und eine Kleinigkeit für den erfahrenen Elektroniker: Man dekodiere einmal „p82“ und „n12“ (siehe Bild 1b) und wenn das klappt, klappt es auch mit dem Aufbau von Pico C!

wird das Ergebnis so aussehen wie der Prototyp und mit hoher Wahrscheinlichkeit auf Anhieb funktionieren.

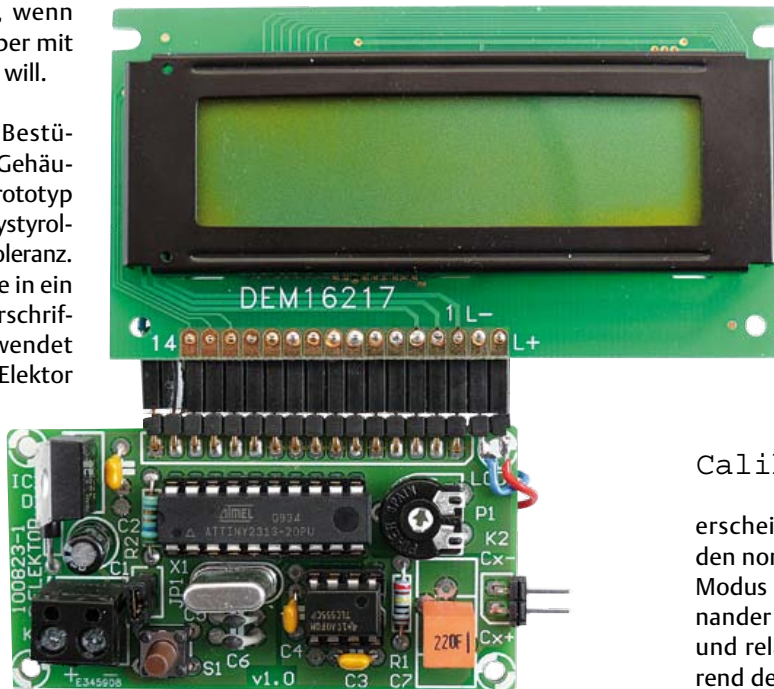
Das Metallgehäuse des Quarzes darf auf keinen Fall mit den darunterliegenden Lötinseln in Berührung kommen. Man lötet den Quarz daher so ein, dass zwischen Gehäuserand und Platine mindestens 1 mm Abstand bleiben, wenn man nicht sicherheitshalber mit etwas Kunststoff isolieren will.

Die Platine erlaubt die Bestückung unterschiedlicher Gehäusebauformen für C7. Im Prototyp steckt ein hell-oranger Polystyrol-Typ von Siemens mit 1 % Toleranz. Für den Einbau der Platine in ein Gehäuse gibt es keine Vorschriften. Unser Prototyp verwendet das Projekt-Gehäuse von Elektor (100500-71), das im Bausatz bereits enthalten ist. Es dürfte klar sein, dass die Streukapazitäten am Messeingang möglichst gering ausfallen sollten. Von daher empfiehlt sich ein Einbau, der die Verbindung von C_x mit K2 möglichst kurz ausfallen lässt. Auch solche Drähte tragen schließlich zu den parasitären Kapazitäten bei.

Verglichen mit anderen 2x16-Zeichen-LCDs befinden sich die Anschlüsse L+ und L- beim DEM16217-LCD-Modul am falschen Ende des 14-poligen Steckverbinders. Dies wird mit Hilfe zweier weiterer Pins und Drahtverbindungen gelöst (siehe Bild 4). Im Zweifel ist ein Blick ins Handbuch des LCDs hilfreich.

Praxis und Kalibrierung

Man verbinde C_x möglichst **direkt** mit K2. Wenn dies nicht möglich ist, dann sollten die Anschlussdrähte **so kurz wie möglich** sein. Es geht hier schließlich um winzige Kapazitäten. Zwei Messleitungen von etwa 30 cm Länge kommen schon leicht auf



Kapazitäten von 50 pF – zumal wenn sie verwickelt oder verdrillt sind.

Pico C erfordert für korrekte Messungen natürlich eine entsprechende Kalibrierung. Ein Präzisionskondensator aus Polystyrol, Polypropylen, Glimmer oder sonstigem Material mit einem Wert von 1.000 pF (1 nF) bei maximal 1 % Toleranz reicht aus. Die Software für die Kalibrierung ist in der Firmware des Controllers implementiert, sie wird beim erstmaligen Einschalten automatisch aufgerufen. Mit S1 kann man die

Kalibrierung jederzeit wiederholen. Man betätigt hierzu den Taster so lange, bis die Meldung „Cal:“ auf dem Display erscheint (dauert 2...3 s). Anschließend wird man schrittweise durch den Kalibrationsprozess geführt. Zuerst wird man aufgefordert, einen eventuell angeschlossenen C_x von K2 zu entfernen und dann kurz S1 zu betätigen:

Cal : C=0pF (S1)

Im zweiten Schritt soll man den Referenzkondensator mit 1 nF/1 % anschließen und kurz auf S1 drücken:

Cal : C=1nF (S1)

Damit ist die Kalibrierung auch schon abgeschlossen und die Meldung:

Calibrated

erscheint kurz. Dann schaltet Pico C in den normalen Messbetrieb um. In diesem Modus misst der Mikrocontroller 24 aufeinander folgende Perioden des Oszillators und relativiert das Ergebnis an den während der Kalibrierung gespeicherten Werten. Dann wird die gemessene Kapazität errechnet. Wenn der Referenzkondensator noch angeschlossen ist, sollte die Anzeige exakt so aussehen:

Cx= 1000.0pF

Ohne ein C_x an den Klemmen sollte diese Anzeige zu lesen sein:

Cx= 0.0pF

Der Messbereich geht bis 2.000 pF und sogar noch etwas höher. Die tat-

sächliche Messgrenze liegt im Bereich 2.400...3.000 pF und hängt von der Exemplarstreuung des Oszillators um IC2 ab. Interne Hardware- und Software-Instanzen entdecken Überläufe von Zählern und Variablen. Überläufe könnten nämlich die Messergebnisse verfälschen oder gar die Software abstürzen lassen. Bei einem zu großen C_x wird an einigen Punkten der Berechnung ein Überlauf detektiert und folgende Meldung ausgegeben:

```
Error: C>>
```

Wenn dies während einer Messung passiert, wird die normale Messung automatisch wieder aufgenommen, sobald der zu große Kondensator entfernt wird. Bei einem ungeeigneten Referenzkondensator kann so ein Überlauf allerdings auch schon während der Kalibrierung vorkommen, wodurch diese so lange unterbrochen wird, bis man ein geeignetes Exemplar anschließt.

Genauigkeit und Stabilität

Die Genauigkeit des pF-Messgeräts hängt hauptsächlich vom Referenzkondensator ab. Direkt nach der Kalibrierung sollte man daher mit einer Genauigkeit von $1\% \pm 1$ Digit

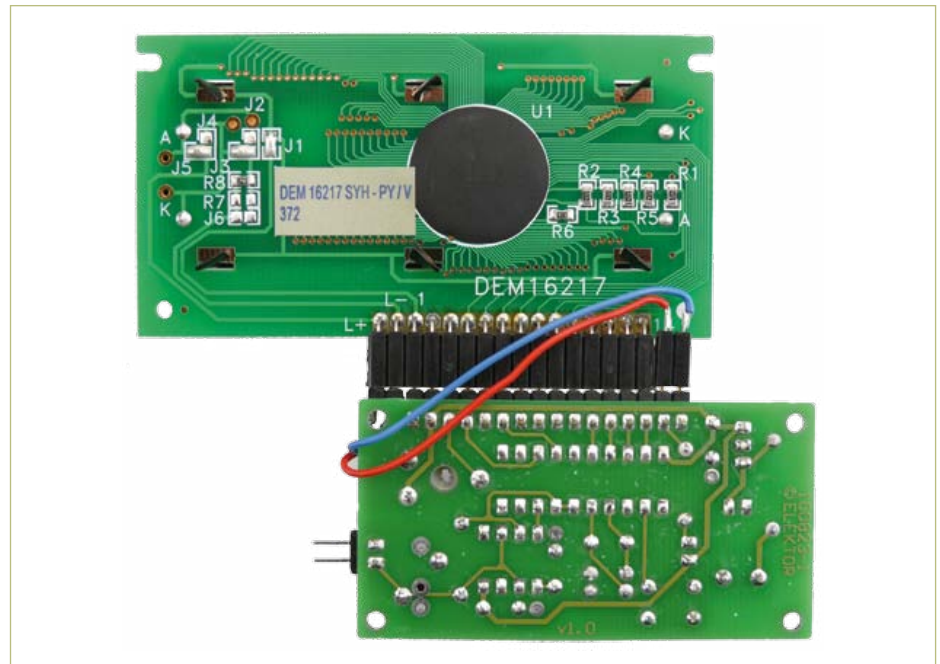


Bild 4. Leider sind die Anschlüsse für die LEDs der Hintergrundbeleuchtung beim LCD-Typ DEM16217 auf der Seite von Pin 1 des Steckverbinders. Daher muss die Verbindung mit der Pico-C-Platine über zwei Drähte erfolgen.

angeschlossenen Kondensator schwankt die Anzeige dann zwischen $-0,1$ pF und $0,1$ pF.

Wenn dauerhafte Ungenauigkeiten wie eine deutliche Abweichung von $0,0$ pF ohne C_x zu verzeichnen sind oder die Abweichungen mehr als $0,1\%$ beim Referenzkondensator betragen, sollte die Kalibrierung wiederholt

geschrieben. Vor allem die Interrupt- und Mess-Routinen sind aus Timing-Gründen in Assembler gehalten. BascomAVR ist nämlich ziemlich verschwenderisch, wenn es um Arithmetik mit größeren Variablen geht. Es war daher eine größere Herausforderung, den Code passend für den nur 2 KB fassenden Programmspeicher eines ATtiny2313

Bei Kapazitäten < 1.000 pF kann man Digitalmultimeter vergessen – Pico C kann das besser!

oder besser rechnen können, wenn man einen sehr guten Referenzkondensator verwendet. Die vom TLC555 generierte Frequenz wird nur wenig von der Temperatur oder der Versorgungsspannung beeinflusst. Doch selbst kleine Schwankungen können sichtbar werden, wenn man so wie hier mit einer Auflösung von immerhin 4,5 Stellen arbeitet. Im Elektor-Labor wurde mit einem hochpräzisen 1-nF-Polypropylen-Kondensator kalibriert. Hier wurde festgestellt, dass die Messungen in den ersten beiden Minuten nach Kalibrierung lediglich um wenige Zehntel pF driften. Nach einigen Stunden liegt die Anzeige bei 1 nF im Bereich 999...1.001 pF. Dies mag auf den ersten Blick nicht exakt aussehen, doch liegt die Genauigkeit immerhin bei $0,1\%$. Ohne

werden. Die bei der Kalibrierung ermittelten Korrekturwerte werden im EEPROM des Mikrocontrollers abgelegt und stehen daher nach jedem Einschalten zur Verfügung. Bei Zimmertemperatur (ohne große Temperaturdifferenzen zur Kalibrierung) braucht man Pico C normalerweise nicht jedes Mal zu kalibrieren, wenn man damit messen will. Auf jeden Fall sind laut Datenblatt gut 100.000 Schreibzyklen des EEPROMs möglich, und von daher kann man problemlos so viele Kalibrierungen durchführen, wie mal will.

Software-Entwicklung

Das Programm in der Datei „EE_pico_C.bas“ wurde mit BascomAVR [2] in Kombination mit ein paar Assembler-Routinen

zu optimieren. Das ist der zweite Grund, warum einige Berechnungen und bedingte Verzweigungen in Assembler geschrieben sind. Ein Blick in den Source-Code zeigt, an welchen Stellen genau auf Assembler gesetzt wurde.

(100823)

Weblinks

[1] www.elektor.de/100823

[2] Bascom-AVR-Kurs, Teile 1–6, Elektor September 2008 bis Februar 2009, www.elektor.de/080330



Temperaturen berührungslos messen

Wie heiß wird der Kühlkörper in der Endstufe, ist er ausreichend dimensioniert? Mit einem Infrarot-Thermometer lässt sich schnell und berührungslos eine Antwort finden. Die Preisskala beginnt bei gut 20 €, nach oben ist die Grenze offen. Welche Unterschiede gibt es, worauf ist beim Kauf zu achten und wie werden diese Messgeräte gehandhabt? Wir haben 18 Geräte der Preisklasse bis 200 € erprobt.

Von Harry Baggen (Redaktion NL)

Infrarot-Thermometer sind praxisfreundliche Messgeräte, die Auskunft über die Temperaturen fast beliebiger Objekte geben. Schon die preiswerten Modelle können Temperaturen im dreistelligen Bereich messen, die Genauigkeiten genügen den Anforderungen in der Praxis. Da die Preise generell stark gesunken sind, werden Infrarot-Thermometer häufig erworben, ohne die Eigenschaften einzelner Modelle und ihre Handhabung gegeneinander abzuwägen. Nicht selten gilt ähnlich wie bei Geräten der Unterhaltungselektronik die Devise: Drücke die Taster und Hebel, mal sehen, was geschieht! Die Betriebsanleitung wird erst zu Rat gezogen, wenn die erwartete Reaktion ausbleibt, oder spätestens, wenn nichts mehr geht. Glücklicherweise neigt der erfahrene und praxisorientierte Elektroniker seltener zu solchen archaischen Vorgehensweisen. Meistens ist er bestrebt, die Grundlagen und Rahmenbedingungen der Messgeräte und Messverfahren zu kennen.

Infrarot-Thermometer können ihre Funktion als nützliche und handliche Helfer nur dann erfüllen, wenn sie sach- und fachgerecht genutzt werden. Möchten Sie die Temperaturen unterschiedlich beschaffener Objekte mit durchschnittlicher Genauigkeit messen? Oder soll das Gerät Temperaturen mit höchster Präzision anzeigen, auch wenn die Distanz zum Objekt einen Meter beträgt? Oft stellt nur eine bestimmte Modellklasse für diesen oder jenen Einsatzzweck eine optimale Lösung dar.

Nach einem kurzen Exkurs in die Wärmelehre der Physik werden wir zeigen, wo wichtige Unterschiede liegen und was vor dem Kauf zu beachten ist.

Strahlungswärme

Oberhalb des absoluten Nullpunkts ist allen Gegenständen zu eigen, dass sie Energie in Form infraroter Strahlung abgeben. Hohe Temperaturen sind gleichbedeutend mit hohen Bewegungsaktivitäten der Moleküle, die abgestrahlte Wärmeenergie ist größer als bei niedrigen Temperaturen. Die Wellenlänge der abgegebenen Infrarot-Strahlung liegt ungefähr im Bereich 0,5...100 µm, abhängig von der Temperatur nimmt sie niedrige oder hohe Werte an. Das Dia-

gramm in **Bild 1** zeigt die Spektren eines so genannten „Schwarzen Körpers“ (*black body*) bei unterschiedlichen Temperaturen. Aus dem Diagramm folgt, dass ein Infrarot-Thermometer empfindlich für ein breites Infrarot-Spektrum sein muss, um einen weiten Temperaturbereich abzudecken.

Ein idealer „Schwarzer Körper“ gibt die aufgenommene Wärmeenergie vollständig an seine Umgebung zurück. Bei anderen Gegenständen oder Objekten haben neben der Eigentemperatur auch die Materialeigenschaften und die Beschaffenheit der Oberflächen maßgeblichen Einfluss. Der Faktor, der diese Eigenschaften zusammenfasst, heißt „Emissionsgrad“ oder „Emissionskoeffizient“. Für die Genauigkeit der Messungen mit Infrarot-Thermometern hat dieser Faktor eine wichtige Bedeutung. Weitere Informationen zum Thema „Emissionsgrad“ sind im Textkasten zusammengefasst.

Geräteeigenschaften

Welche Kriterien sind zu beachten, wenn ein Infrarot-Thermometer auf der Liste der Neuanschaffungen steht? Natürlich ist der Preis eine nicht zu vernachlässigende Größe, doch er allein ist nicht ausschlaggebend. Hochpräzise, kalibrierte Geräte sind für den Einsatz im professionellen Umfeld gedacht, während für Anwendungen im häuslichen Bereich meistens die kostengünstigen Produkte ausreichen. Der Preis hängt hauptsächlich vom Temperaturbereich ab, den das Gerät misst, sowie vom Winkel, in dem das Gerät das Messobjekt erfasst. Weite Temperaturbereiche stellen höhere Anforderungen an den Infrarot-Sensor als Temperaturbereiche mit engeren Grenzen. Die maximal messbare Temperatur vieler kostengünstiger Modelle liegt bei 200...300 °C. Geräte, die Temperaturen bis 500 °C oder sogar 1000 °C messen, sind ebenfalls erschwinglich, nach unseren Marktrecherchen gibt es sie ab etwa 100 €. Ein Kostenverursacher ist das im Gerät befindliche optische System, das den Messwinkel bestimmt. Geräte mit kleinen Messwinkeln sind in der Regel deutlich teurer als Modelle mit weiten Messwinkeln. Bei Messungen an Komponenten der Elektronik sind kleine Messwinkel mehr als hilfreich, sie vereinfachen die Handhabung und sorgen für



Infrarot-Thermometer: Handlich, praktisch, bezahlbar

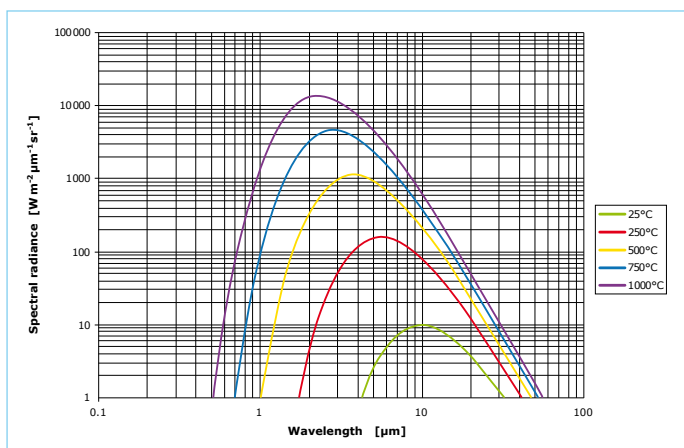


Bild 1. Spektren der Infrarot-Strahlung eines „Schwarzen Körpers“, abhängig von der Temperatur (Quelle: Scitec Instruments).

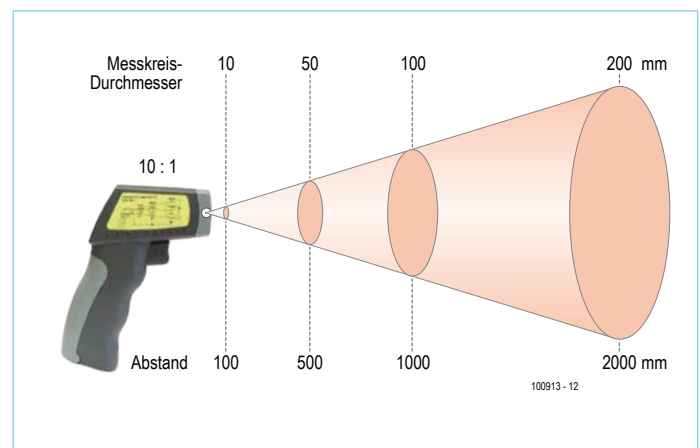


Bild 2. Bei Infrarot-Thermometern wird der Messwinkel als Verhältnis des Messgerät-Abstands zum Durchmesser des Messfelds angegeben.

hohe Genauigkeit. Messwinkel werden als Verhältniszahlen (*ratio*) wie beispielsweise „1:10“ angegeben. Dieser recht gebräuchliche Wert bedeutet, dass der Messfeld-Durchmesser ein Zehntel des Messabstands beträgt (**Bild 2**). Beim Abstand 10 cm hat das Messfeld den Durchmesser 1 cm, der Durchmesser wächst auf 10 cm an, wenn der Abstand auf 1 m vergrößert wird. Die falsche Einschätzung des Messfelds gilt als die häufigste Fehlerquelle beim Messen mit Infrarot-Thermometern. Korrekte Messergebnisse sind nur zu erwarten, wenn das Messfeld kleiner als die zugewandte Fläche des zu messenden Objekts ist (**Bild 3**). Hinzu kommt, dass die gemessene Energie in der Regel nur zu etwa 90 % auf die Messfeld-Fläche entfällt (Herstellerangaben). Aus den genannten Gründen muss der Abstand zwischen Messgerät und Messobjekt möglichst kurz sein. Als Faustregel gilt, dass hohe Genauigkeiten nur erreichbar sind,

wenn die gemessene Objektfläche mindestens das Zweifache der Messfeld-Fläche beträgt.

Die gemessene Temperatur hängt ferner von den Material- und Oberflächen-Eigenschaften des Messobjekts ab. Die Reflexion der Wärmestrahlung wird durch den schon erwähnten Emissionsgrad angegeben, er ist bei preiswerten Geräten häufig auf den Faktor 0,95 eingestellt und nicht veränderbar. Für gängige Materialien wie Beton, Keramik, Stein, Gummi, viele Kunststoffe, Wasser und die Haut des Menschen stellt dieser Wert eine gute Näherung dar. Dagegen weisen Metalle in aller Regel deutlich niedrigere Emissionsgrade auf, insbesondere wenn die Oberflächen reflektierend oder spiegelnd sind. Werden mit solchen Geräten metallische Objekte gemessen, können gravierende Messfehler (50 % und mehr) auftreten. Solange das Infrarot-Thermometer keine Möglichkeit zum

Die folgenden Hersteller oder Importeure haben uns unterstützt, indem sie Produkte aus ihren Programmen zur Verfügung stellten:

Amprobe (www.amprobe.eu)

BASETech: Conrad (www.conrad.de)

BK Precision (www.bkprecision.com)

Black & Decker (www.blackanddecker.com)

ELV (www.elv.de)

Extech (www.extech.com)

Fluke (www.fluke.com)

HT Italia (www.htitalia.it)

Optris GmbH (www.optris.com)

Peaktech (www.peaktech.de)

Reichelt Elektronik (www.reichelt.de)

Testo (www.testo.com)

Uni-Trend (www.uni-trend.com)

Velleman (www.velleman.eu)

Voltcraft: Conrad (www.conrad.de)

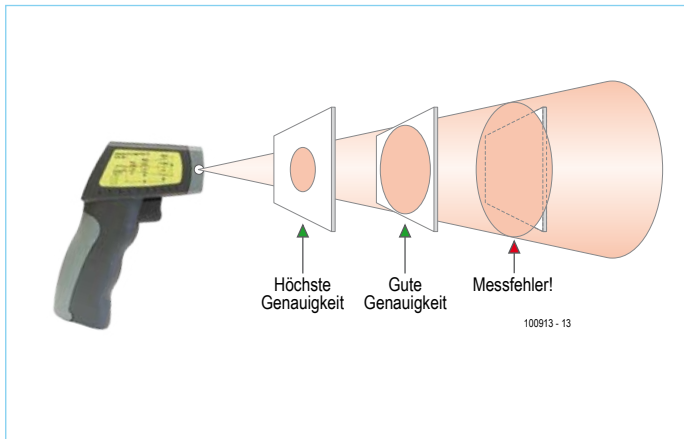


Bild 3. Der Abstand muss stets so kurz sein, dass das Messfeld des Geräts kleiner als die zu messende Objektfläche ist.



Bild 4. Das Infrarot-Thermometer 572 von Fluke, Messwinkel 60:1, dient als Referenz für die Testkandidaten.

Einstellen des Emissionsgrads bietet, haben zum Beispiel Messungen an blanken Kühlkörpern wenig Aussagekraft.

Für unseren Praxistest haben wir eine Seite eines schwarz eloxierten Kühlkörpers blank geschliffen und nach dem Aufheizen die Temperaturen an beiden Seiten gemessen. Auf der schwarzen Seite betrug der Messwert 65 °C, auf der blanken Seite zeigte das Gerät unter gleichen Messbedingungen den Wert 40 °C an! Einen korrekten Messwert erhielten wir für die blanke Seite erst, nachdem wir den Emissionsgrad am Gerät auf 0,15 eingestellt hatten.

Höhere Genauigkeit

Materialien mit unbekanntem Emissionsgrad (oder ungleich 0,95) können mit höheren Genauigkeiten gemessen werden, wenn ein kleiner „Trick“ angewendet wird. Hier sind drei Varianten zur Auswahl:

- Kleben Sie auf die Messobjekt-Fläche dünnes, mattschwarzes Klebeband. Damit liegt der Emissionsgrad ungefähr bei 0,95. Natürlich ist diese Methode nur praktikabel, solange das Klebeband die Temperatur verträgt. Einige Hersteller von Infrarot-Thermometern bieten geeignetes Klebeband als Zubehör an.
- Lackieren Sie die Messobjekt-Fläche mattschwarz. Schwarzer Heizkörper-Lack ist bis etwa 80 °C beständig. Für höhere Tem-

peraturen bis 600 °C hält der Fachhandel spezielle, hitzebeständige Lacke bereit.

- Bringen Sie am Messobjekt eine Bohrung an. Der Durchmesser muss größer als der Durchmesser des Messfelds sein, und die Tiefe muss mindestens das Fünffache des Durchmessers betragen. Messen Sie die Temperatur in der Bohrung. Auf diese Weise erhalten Materialien mit Emissionsgraden über 0,5 fast die Eigenschaften eines idealen „Schwarzen Körpers“. Leider ist diese Methode destruktiv und materialzerstörend!

Wenn der Emissionsgrad am Messgerät eingestellt werden kann, bleibt noch die Frage offen, welcher Wert für welches Material einzustellen ist. Die Betriebsanleitung enthält fast immer eine Tabelle, in der die Emissionsgrade gängiger Materialien verzeichnet sind. Die Werte einiger in der Elektronik gebräuchlicher Materialien sind auch in der Tabelle am Artikelende angegeben. Alle Tabellenwerte sind als Richtwerte zu betrachten, sie können natürlich nicht exakt sein. Der einzige Weg, den exakten Emissionsgrad eines Materials zu bestimmen, ist das gleichzeitige Messen mit einem präzisen Kontakt-Temperatursensor. Die damit gemessene Temperatur wird mit der Temperatur verglichen, die das Infrarot-Thermometer anzeigt. Der Emissionsgrad muss am Gerät so eingestellt werden, dass beide Werte übereinstimmen.



Bild 5. Zur Messfeldabgrenzung sind in den Geräten ein, zwei oder sogar drei Laser eingebaut.



Von preiswert bis bezahlbar

Wir haben eine Auswahl kostengünstiger Infrarot-Thermometer im Elektor-Labor erprobt. Die obere Preisgrenze haben wir auf 200 € festgelegt, das teuerste Gerät kostet rund 175 €, während das günstigste Gerät mit 23 € als ausgesprochen preiswert gelten kann. Bei der Auswahl fiel uns auf, dass bei den Infrarot-Thermometern die Typenvielfalt überraschend groß ist.

Da die meisten Modelle in ihrem Erscheinungsbild, ihren Funktionen und ihrer Bedienung weitgehend übereinstimmen, werden sie hier nicht einzeln beschrieben. Die wichtigsten Eigenschaften sind in **Tabelle 1** zusammengefasst, dort können die Daten schnell miteinander verglichen werden. Messgeräte-Hersteller Fluke hat uns als Referenz ein Infrarot-Thermometer 572 aus seinem Programm überlassen, das rund 700 € (plus Mehrwertsteuer) kostet. Der Messwinkel dieses Spitzenmodells beträgt 60:1 (**Bild 4**). Ferner hatten wir eine Gegenüberstellung der getesteten Infrarot-Thermometer mit einer Wärmebildkamera geplant, doch leider waren die Arbeiten vor Redaktionsschluss noch nicht abgeschlossen.

Unterschiedliches

Wie schon erwähnt, unterscheiden sich die Geräte hauptsächlich in ihren Messbereichen, den Messwinkeln und den Einstellmöglichkeiten. Für die meisten Zwecke im durchschnittlichen Elektronik-Labor sowie im häuslichen Bereich dürfte es genügen, wenn die obere Grenze bei einigen hundert °C liegt. Diese Bedingung erfüllen alle getesteten Geräte. Starke Unterschiede gibt es jedoch bei den Messwinkeln. Der Messwinkel der preiswertesten Modelle beträgt 1:1, so dass selektives Messen aus der Entfernung kaum möglich ist. Nicht unerschwinglich teuer sind Infrarot-Thermometer mit Messwinkeln von 1:8 oder 1:10, mit ihnen lässt sich schon etwas mehr anfangen. Das Messen von Komponenten, die auf Platinen montiert oder in einem Gehäuse eingebaut sind, ist sinnvoll nur mit Messwinkeln von 20:1 oder höher möglich.

Einen entscheidenden Vorteil haben Modelle, bei denen der Emissionsgrad einstellbar ist. Insbesondere metallische Objekte mit blanken Oberflächen weichen erheblich vom Standard-Emissionsgrad 0,95 ab. Bei solchen Materialien muss der Emissionsgrad auf nied-

— Anzeige

→ **shop.embedded-projects.net**
HARDWARE FOR YOUR PROJECTS – ONLINESHOP

faire Preise
bekannte
Open-Source-
Projekte

IHR EINSTIEG IN DIE MIKROCONTROLLER-WELT!

AVR-Starterkit Komplettpaket:

- Anleitung unter Windows und Linux
- USB Programmieradapter
- Mikrocontroller Board
- 8 Bit Mikroprozessor
- Mit Beispiel-Programmen
- Netzteil
- Alle Quelltexte
- Open-Source

Best.-Nr.: 700098

Aktionspreis € 59,90*
inkl. 19 % MwSt.
zzgl. Versand

* Nur solange der Vorrat reicht!

Holzbachstraße 4, D-86152 Augsburg
Tel +49 (0) 821 279599-0
Fax +49 (0) 821 279599-20
shop@embedded-projects.net

embedded projects GmbH
HARDWARE FOR PROJECTS

TE

Telemeter Electronic

- HF- / Mikrowellentechnik
- Messen · Prüfen · EMV
- Heizen · Kühlen · Lüften
- Luftfahrtelektronik
- Stromversorgungen
- Antriebstechnik
- Logik-Bauelemente
- Kabel · Stecker · Gehäuse

Wir liefern Lösungen ...

www.telemeter.info

EMTRON
ONE STOP SHOPPING

75 - 600W

PFC Schaltnetzteile

- Schlanke Bauweise
- Wirkungsgrad bis 89%
- Surge: 300VAC/5s
- Remote ON/OFF
- Konstantstrombegrenzung
- 5 Jahre Herstellergarantie

Wählen Sie aus dem aktuell umfangreichsten Angebot zu Top-Konditionen und schnellstmöglicher Lieferung!

>> www.emtron.de >>

**www.
elektor.
de**



Bild 6. Einigen Geräten liegt ein Thermo-Kontaktsensor Typ K bei, so dass der Emissionsgrad des Messobjekts bestimmt werden kann.

rigere Werte eingestellt werden, anderenfalls sind die gemessenen Temperaturen mit hohen Toleranzen behaftet. Das Einstellen des Emissionsgrads ist leider nur bei den etwas teureren Modellen möglich.

Preiswert oder teuer, diese Begriffe sind natürlich relativ, eigentlich können alle Modelle unter 200 € als preiswert eingestuft werden. Professionelle Infrarot-Thermometer sind in diesem Preissegment nicht vertreten, sie kosten wesentlich mehr. Zwei Merkmale, die auf Professionalität hindeuten, sind eine protokollierte Kalibrierung und eine garantierte Langzeitgenauigkeit. Natürlich können die preisgünstigen Noname-Produkte mit solchen Attributen nicht aufwarten, doch das wird auch niemand erwarten.

Mit Ausnahme von zwei Modellen werfen alle getesteten Infrarot-Thermometer einen oder mehrere Leuchtpunkte auf das Messobjekt, meistens werden sie von einem Laser erzeugt (Bild 5). Nur das Modell von Black und Decker arbeitet mit einer LED-Lichtquelle, die temperaturabhängig ihre Farbe wechselt. Bei einigen Modellen markieren zwei Laserstrahlen die Größe des Messfelds, was der Gefahr von Fehlmessungen wirksam vorbeugt. Allerdings sind die Markierungen auf kurze Entfernungen ungenau, die Laserstrahlen kreuzen sich in 10...15 cm Entfernung. Die Ausstattung mit solchen Hilfen entbindet den Anwender natürlich nicht von seinen Sorgfaltspflichten. Zum Vergleich: Das professionelle Infrarot-Thermometer 572 von Fluke, das wir als Referenz verwendet haben, arbeitet mit drei Laserstrahlen. Die Laserstrahlen markieren sowohl das Zentrum als auch die Größe des Messfelds.

Besonders praktisch sind Modelle, die Temperaturen auch mit Kontakt-Thermosensoren des Typs K messen können. Hier sind Vergleiche der berührungslosen Infrarot-Messungen mit den Kontakt-

Messungen möglich, so dass der Emissionsgrad des gemessenen Materials bestimmt werden kann (siehe Bild 6). Ein Gerät, das die vorstehenden Eigenschaften mitbringt, ist das HT3301. Darüber hinaus kann dieses Gerät 20 Messwerte speichern.

Die meisten Geräte bieten zusätzliche Möglichkeiten, die über den Standard hinausgehen. Dazu zählen beispielsweise Speicher für den niedrigsten und höchsten gemessenen Temperaturwert sowie der Alarm bei Überschreiten eines einstellbaren Schwellenwerts. Aus der Tabelle ist ersichtlich, welche Geräte mit solchen Zusatzfunktionen ausgestattet sind.

Außenseiter

Einigen Modellen haben die Konstrukteure Eigenschaften mit auf den Weg gegeben, die aus dem üblichen Rahmen fallen. Das Modell 5090 von Peaktech hat äußerlich Ähnlichkeit mit einem Multimeter, es kann außer Temperaturen auch die Feuchte der Luft messen. Temperatur- und Luftfeuchte-Werte werden gleichzeitig auf einem großflächigen Display angezeigt. Der separate Feuchte-Sensor ist über ein Spiralkabel mit dem Gerät verbunden. Nach dem Einschalten ist das Gerät sofort und ständig messaktiv. Der Laser lässt sich bei diesem Gerät über einen eigenen Schalter steuern.

Das EX470 von Extech ist einem Multimeter nicht nur äußerlich ähnlich, hier sind ein Standard-Multimeter, ein Infrarot- und ein Typ-K-Thermometer miteinander kombiniert. Obwohl das Infrarot-Thermometer nur wenig Einstellmöglichkeiten bietet, kann das EX470 für solche Anwender eine interessante Lösung sein, die ein „Alles-in-einem“-Gerät bevorzugen. Das Multimeter beherrscht sogar True-RMS, ferner können Kapazitäten und Frequenzen gemessen werden. Wir haben ein Infrarot-Thermometer von Black und Decker in unsere Übersicht aufgenommen, das normalerweise zum Sortiment von Baumärkten gehört. Eigentlich ist dieses Gerät zum Aufspüren von Wärmelecks in Gebäuden vorgesehen, es können jedoch auch Temperaturen anderer Objekte gemessen werden. Die Messfeld-Größe steht zwar dem Messen kleiner Objekte entgegen, doch diese Einschränkung gilt auch für andere Modelle in unserer Übersicht. Eine Besonderheit des Geräts von Black und Decker liegt darin, dass sich eine Art Hysterese in drei Stufen einstellen lässt. Die Messfeld-Markierung ändert ihre Farbe, sobald die gemessene Temperatur außerhalb des eingestellten Temperaturfensters liegt. Wegen der LEDs anstelle von Lasern erfasst die Messfeld-Markierung einen Bereich, der etwas kleiner als das tatsächliche Messfeld ist. Bei großen Abständen zum Messobjekt sind die LED-Markierungen leider nur schwach sichtbar. Wenn das Gerät für den bestimmungsgemäßen Zweck eingesetzt wird, dürfte der LED-Farbwechsel recht hilfreich sein.

Bewährungsprobe

Wir haben mit unseren Probanden die Temperaturen unterschiedlicher Objekte gemessen, darunter waren natürlich auch Gehäuse und Kühlkörper in diversen Formen und Größen. Allen getesteten Geräten können wir eine unerwartet hohe Genauigkeit bescheinigen. Verglichen mit unserem Referenz-Gerät Fluke 572 lagen die Abweichungen nur bei wenigen Grad. Bei niedrigen Temperaturen fallen Abweichungen prozentual stärker ins Gewicht als bei hohen

Tabelle 1. Infrarot-Thermometer

						
Gerät (Typ-bezeichnung)	Amprobe IR608A	BASETech MINI 1	BK Precision 635	Black&Decker TLD100	ELV 8835	ELV VA 6520
Temp.-Bereich	-18...400 °C	-33...220 °C	-20...550 °C	-30...150 °C	-50...1050 °C	-50...500 °C
Messwinkel	8:1	1:1	10:1	6:1	30:1	8:1
Emissionsgrad	0,95 fest	0,95 fest	Einstellbar	0,95 fest	Einstellbar	0,95 fest
Laser	1	-	1	LED	1	1
Infrarot-Bereich	7...18 µm	-	6...14 µm	-	8...14 µm	8...14 µm
Reaktionszeit	0,5 s	1 s	1 s	-	1 s	0,5 s
Max/Min High/Low Alarm	-/-	-/-	X/X	-/-	X/X	X/-
Besonderheiten	-	-	-	-	Tasche, Temp.-Sensor Typ K, 20 Speicherplätze	Tasche
Preis	€ 94 *	€ 23	€ 157 *	€ 55	€ 100	€ 62

						
Gerät (Typ-bezeichnung)	Extech EX470	Fluke 62	HT3301	Optris MS LT	Peaktech 4975	Peaktech 5090
Temp.-Bereich	-50...270 °C	-30...500 °C	-50...1050 °C	-32...420 °C	-50...550 °C	-50...500 °C
Messwinkel	8:1	10:1	30:1	20:1	12:1	8:1
Emissionsgrad	0,95 fest	0,95 fest	Einstellbar	0,95 fest	Einstellbar	0,95 fest
Laser	1	1	1	1	2	1
Infrarot-Bereich	-	-	8...14 µm	8...14 µm	8...14 µm	6...14 µm
Reaktionszeit	-	0,5 s	1 s	0,3 s	0,15 s	0,4 s
Max/Min High/Low Alarm	-/-	X/-	X/X	X/-	X/X	X/-
Besonderheiten	Multimeter-Funktionen, Temp.-Sensor Typ K	-	Koffer, Temp.-Sensor Typ K, 20 Speicherplätze	-	Tasche	Tasche, integrierter Feuchtemesser
Preis	€ 145	€ 125	€ 148 *	€ 89	€ 63	€ 84

						
Gerät (Typ-bezeichnung)	Testo 830 T1	Uni-Trend UT 300B	Velleman DVM105	Velleman DVM8861	Votcraft IR260-8S	Votcraft IR800-20D
Temp.-Bereich	-30...400 °C	-18...380 °C	-33...220 °C	-50...550 °C	-30...260 °C	-50...800 °C
Messwinkel	10:1	10:1	1:1	12:1	8:1	20:1
Emissionsgrad	Einstellbar	0,95 fest	Einstellbar	Einstellbar	0,95 fest	Einstellbar
Laser	1	1	-	2	1	2
Infrarot-Bereich	-	-	5...14 µm	8...14 µm	-	8...14 µm
Reaktionszeit	0,5 s	0,5 s	1 s	0,15 s	-	0,15 s
Max/Min High/Low Alarm	-/X	X/-	X/-	X/X	X/-	X/X
Besonderheiten	-	-	Schutzbehälter	Tasche	-	Tasche
Preis	€ 121	€ 29	€ 40	€ 85	€ 30	€ 96

* Zu diesem Preis kommt die Mehrwertsteuer hinzu.



Temperaturen, bezogen auf Zimmertemperatur bedeutet ein Messfehler von 2 °C eine Abweichung von rund 10 %.

Die Messfelder und ihre Laser-Markierungen haben wir mit Hilfe einer elektrischen Kochplatte überprüft. Diese Methode mag auf den ersten Blick unprofessionell erscheinen, sie hat sich jedoch als recht effizient erwiesen. Bei einigen Geräten hatten wir den Eindruck, dass die Laser-Systeme (oder die Infrarot-Sensoren) nur mehr oder weniger grob ausgerichtet sind. Eine genaue Zentrierung ist insbesondere bei Geräten mit kleinen Messwinkeln wichtig. Mehrere Geräte nahmen es mit der mechanischen Stabilität des Lasers nicht so genau. Manchmal genügte ein leichter Schlag gegen das Gerät, um den Winkel der Laser-Markierung spontan um einige Grad zu verschieben. Spitzenreiter in diesem Sinn war der doppelte Laser des Modells Voltcraft IR800-20D. Die Größe der Messfeld-Markierung stimmte zwar gut mit dem tatsächlichen Messfeld überein, die markierte Fläche lag jedoch um etwa eine halbe Breite daneben. Die vom gleichen Hersteller stammenden doppelten Laser des Peaktech 4975 und des Velleman DVM8861 hatten dieses Problem nicht. Wir nehmen deshalb an, dass es sich bei unserem Voltcraft-Gerät um einen zufälligen Ausreißer handelt.

Beim Umgang mit den eingebauten Laser-Systemen dürfen Sorgfalt und Vorsicht keine Fremdworte sein. Auch die Objekte, die sich in der Nachbarschaft des Messfelds befinden, können von den Laserstrahlen getroffen werden. Der Laser unseres Referenz-Geräts Fluke 572 war perfekt eingestellt, was bei dem engen Messwinkel 50:1 natürlich besonders wichtig ist. Wir hatten nichts Anderes erwartet. Ein letzter Rat gilt dem Messen auf sehr kurze Entfernungen: Hier ist zu beachten, dass das markierte Messfeld und das tatsächliche Messfeld infolge der Parallaxe unter Umständen nicht deckungsgleich sind.

Wer die Wahl hat...

Infrarot-Thermometer sind praktisch und nützlich, wenn sie mit etwas Überlegung und Vorsicht gehandhabt werden. Die Genauig-

keit aller getesteten Modelle liegt in der Größenordnung von ±2 %, was verglichen mit anderen potentiellen Messfehlern vernachlässigbar sein dürfte. Zum Messen an miniaturisierten Komponenten in der Elektronik sind Geräte mit kleinen Messwinkeln (20:1 oder höher) und einstellbarem Emissionsgrad die erste Wahl. Die Modelle ELV 8835, HT3301 und Voltcraft IR800-20D erfüllen diese Voraussetzungen. Von ihnen abgesehen haben fast alle Anbieter mindestens ein geeignetes Gerät in ihrem Programm. Unsere Auswahl geschah mehr oder weniger willkürlich, sie ist nicht unbedingt repräsentativ. Sicher ist jedoch, dass ein für den genannten Zweck taugliches Gerät bereits ab etwa 100 € zu haben ist.

Wenn nur größere Komponenten wie beispielsweise Kühlkörper gemessen werden sollen, können auch Geräte mit Messwinkeln 8:1 oder 10:1 ihre Aufgabe voll erfüllen (Messfeld-Durchmesser 1 cm in 8 cm oder 10 cm Entfernung). Die Modelle mit dem fest eingestellten Emissionsgrad 0,95 liefern beim Messen in der Elektronik nur äußerst selten zuverlässige Ergebnisse.

Beim Vergleichen fiel uns auf, dass diverse Modelle von den gleichen fernöstlichen Herstellern stammen, unterschiedlich sind nur die äußere Gestaltung und der Handelsname. Diesen Trend hatten wir bereits bei den Multimetern beobachtet.

Angetan waren wir von den „Minimetern“ BASETech Mini 1 und Velleman DVM105. Diese netten, praktischen Helfer bieten sich an, wenn ständig etwas schnell gemessen werden muss. Optische Systeme sind hier zwar nicht vorhanden (Messwinkel 1:1 durch Blenden vor den Sensoren), doch beim Gerät von Velleman lässt sich immerhin der Emissionsgrad einstellen.

(100913)gd

Wir danken dem Messgeräte-Hersteller Fluke, der uns ein Infrarot-Thermometer 572 als Referenz für unsere Testgeräte überließ.

Emissionsgrad

Der Emissionsgrad oder Emissionskoeffizient gibt an, in welchem Maß die von einem Körper emittierte Wärmestrahlung durch seine Eigentemperatur bestimmt wird. Der Wert „1“ bedeutet, dass die Wärmestrahlung ausschließlich auf die Eigentemperatur zurückzuführen ist. Kleinere Werte sind ein Merkmal dafür, dass an der Wärmestrahlung andere Einflüsse wie Reflexion oder Transmission beteiligt sind. Bei Infrarot-Thermometern des unteren Preissegments ist der Emissionsgrad üblicherweise auf 0,95 unveränderlich festgelegt. Wenn der Emissionsgrad des Körpers (genauer: des Materials) von diesem Wert abweicht, können gravierende Messfehler auftreten.

Infrarot-Thermometer höherer Preisklassen sind in der Regel so konstruiert, dass sich der Emissionsgrad einstellen lässt. Die Tabelle gibt die Emissionsgrade einiger wichtiger Materialien an. Bei metallischen Körpern hängt der Emissionsgrad stark von der Bearbeitung und Struktur der Oberflächen ab. Emissionsgrad-Tabellen sind häufig in den Betriebsanleitungen der Infrarot-Thermometer enthalten. Leider stimmen die Angaben der Gerätehersteller hier nur selten überein. Es liegt nahe, dass die angegebenen Werte lediglich als Richtwerte zu betrachten sind. Nur durch vergleichende Messungen, durchgeführt mit Kontaktsensoren, lassen sich Emissionsgrade exakt bestimmen.

Metalle	Emissionsgrad	Nichtmetalle	Emissionsgrad
Aluminium, blank	0,02...0,4	Beton (roh)	0,93...0,96
Gold	0,02...0,37	Glas	0,76...0,94
Kupfer	0,02...0,74	Holz	0,8...0,95
Blei	0,06...0,63	Kohle	0,96
Messing	0,03...0,61	Haut des Menschen	0,98
Nickel	0,05...0,46	Papier	0,7...0,95
Stahl	0,07...0,85	Kunststoffe	0,8...0,95
Zinn	0,04...0,08	Gummi	0,86...0,94
Silber	0,01...0,07	Wasser	0,67...0,96
Zink	0,02...0,28	Sand	0,76...0,9

Volles Vertrauen in jede Anschaffung




VPO
Visual Persistence Oscilloscope

350/250/150 MHz Digital Speicheroszilloskop

mit 5 GSa/s Abtastrate und VPO-Technologie (Visual Persistence Oszilloscope) zeigt die GDS-3000-Serie Kurvenformen originalgetreu und fängt gleichzeitig weniger häufig auftretende Signale wie Glitches oder Runts ein, ohne einen Punkt der Kurvenform-Information zu verpassen.

GDS-3000-Serie

- 350-/250-/150-MHz-Bandbreite
- 5 GSa/s Real-Time-Abtastrate und 100 GSa/s Equivalent-Time-Abtastrate
- VPO-Technologie zur Anzeige von weniger häufig auftretenden Signalen
- Einzigartiges Split-Screen-Display mit unabhängiger Einstellung für jeden Eingangskanal
- Optionale Software für Leistungsmessung
- Optional Trigger- und Decoder-Software für serielle Bussysteme mit Unterstützung von I²C, SPI und UART

 Simply Reliable

www.gwinstek.com

GW INSTEK
GOOD WILL INSTRUMENT CO., LTD.

Wireless-Toolbox

 Alles Wissenswerte zum Thema Wireless auf DVD-ROM

Kontaktlose Übertragungssysteme haben in allen Bereichen der modernen Gesellschaft (Transport, Handel, Gesundheitswesen, Haushalt u. a.) Einzug gehalten. Diese DVD-ROM umfasst zum Thema „Wireless“ sorgfältig zusammengetragene technische Dokumentation (1,4 GB) in englischer Originalsprache sowie über 90 originale Elektor-Artikel in deutscher Sprache, die es Ihnen ermöglichen, die eigenen Schaltungen drahtlos miteinander kommunizieren zu lassen.

Je nach zu überwindender Signaldistanz für den kontaktlosen Datenaustausch, wählen Sie den hierfür geeigneten Übertragungsmodus: Bei nur wenigen Zentimetern ist es Near Field Communication (NFC) oder Radio Frequency Identification (RFID), im 10-m-Bereich ist es Bluetooth, Wi-Fi oder ZigBee und bei über 1000 km sind es GPS-Daten.



NEU!

ISBN 978-90-5381-268-6
€ 32,50 • CHF 44,20

Weitere Infos & Bestellung unter www.elektor.de/shop

OBD-2-Wireless

Diagnose-Interface mit Bluetooth oder ZigBee

Von Folker Stange und Erwin Reuss (D)

Die preiswerteste Lösung für die Autodiagnose ist ein OBD-2-Interface zum Anschluss an einen (Notebook-) PC mit Diagnosesoftware. Allerdings ist eine solche Kabellösung nicht wirklich praktisch. Ein autonomer OBD-Tester ist hingegen wesentlich teurer und nicht so vielseitig wie eine PC-gestützte

Diagnose. Eine interessante Alternative ist ein kabelloses OBD-Interface mit Funkverbindung zum PC. Mit den hier vorgestellten Selbstbau-Lösungen haben Sie auch noch die Wahl zwischen Bluetooth und ZigBee.



Fast jeder Pkw verfügt heute über eine meist gut versteckte Diagnosebuchse im Fahrerraum. Da die Standardisierung nur den Abstand vom Lenkrad definiert (0,61 m) und auch noch Ausnahmen zulässt, sind dem Erfindungsreichtum der Hersteller kaum Grenzen gesetzt. OBD-Buchsen findet man beispielsweise im Türholm, im Pedalbereich, in der Mittelkonsole, im Handschuhfach oder hinter Aschenbechern, Stauraumklappen und sonstigen Abdeckungen. Das erleichtert es nicht gerade, bei einer Panne als erstes die Diagnosebuchse abzufragen...

Randbedingungen

Um der OBD-2-Buchse (so man sie gefunden hat) mit dem PC Daten zu entlocken, benötigt man neben einer geeigneten PC-Software im einfachsten Fall einen Pegelwandler, der die OBD-Signale in RS232-Signale konvertiert – und heutzutage meist auch noch einen RS232-USB-Adapter, weil am PC keine RS232-Schnittstelle mehr vorhanden ist.

Mitunter wird nur eine Leitung (die so genannte K-Leitung) der OBD-2-Buchse verwendet. Als Hardware-Interface reicht dann schon ein MAX232 mit bidirektionaler Endstufe zur Auto-Diagnosebuchse hin. In

Verbindung mit einer fahrzeugspezifischen Software kann man dann schon in die Elekt-

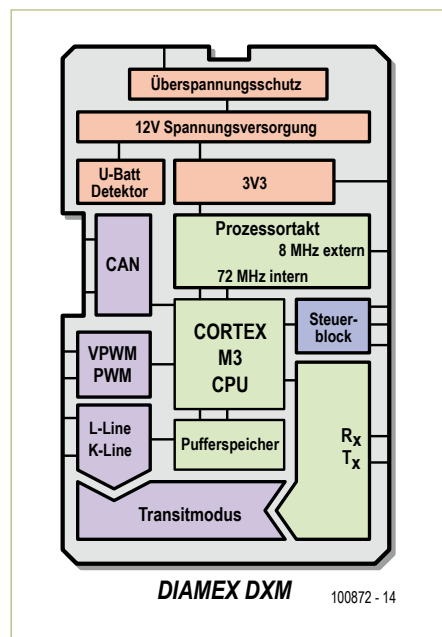


Bild 1. Blockschaltbild des DXM-Moduls mit 32-bit-ARM-Cortex-M3-Prozessor für OBD-Anwendungen.

ronik des Fahrzeuges „hineinschauen“. Prinzipiell hat sich dies mit Einführung der standardisierten OBD2-Diagnose nicht geändert. Allerdings ist die Diagnose jetzt in Bezug auf die Anschlussbelegung der Diagnosebuchse (jedenfalls der meisten Pins) und der zulässigen Protokolle vereinheitlicht. Es können aber immer noch fünf verschiedene Protokolle auftreten: ISO, KWP2000, PWM, VPWM und CAN. Ein universelles Interface muss all diese Protokolle sicher erkennen und sich entsprechend einstellen können. Dazu setzt man im Interface neben einem Pegelwandler einen Mikrocontroller ein, der die Verbindung zur Fahrzeugelektronik automatisch aufbaut und gezielt Daten abrufen kann. In Kombination mit einer OBD2-Software ist es dann möglich, Benziner ab Bj. 2000 und Diesel ab Bj. 2003 herstellerübergreifend zu diagnostizieren. Normalerweise wird das Interface an (oder in) die OBD2-Buchse des Autos gesteckt und über ein USB- oder RS232-Kabel mit dem Notebook verbunden. Praktischer (insbesondere bei Testfahrten) ist eine Funkverbindung vom OBD-Interface zum Notebook, wobei das Interface von der OBD-Buchse auch mit Strom versorgt wird. Da viele Note- bzw. Netbooks bereits über eine Bluetooth-Funkschnittstelle

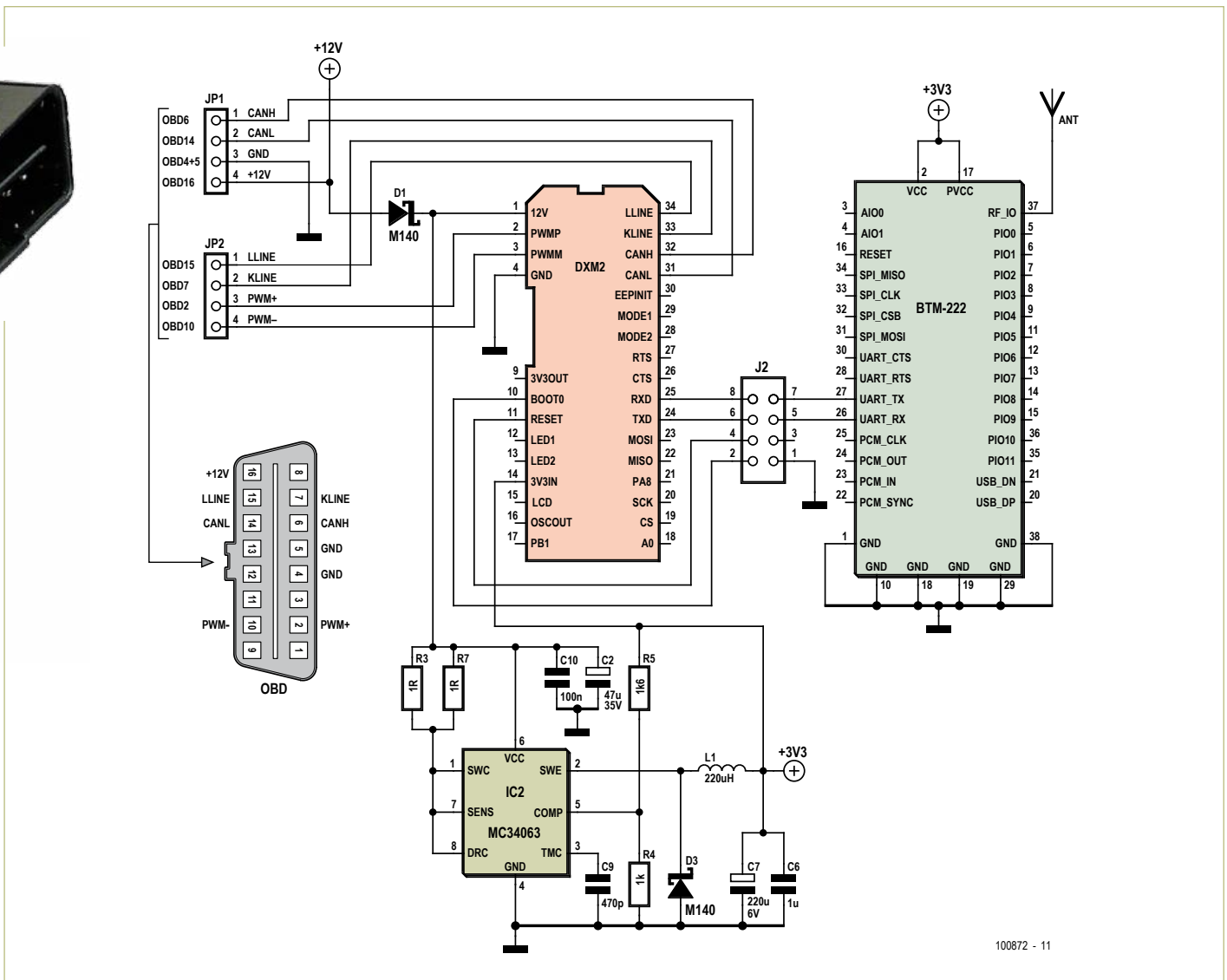


Bild 2. Die OBD-2-Bluetooth-Interface-Schaltung besteht aus einem DXM- und einem Bluetoothmodul sowie einem 3,3-V-Schaltregler.

verfügen oder einfach mit einem Bluetooth-USB-Dongle nachzurüsten sind, bietet sich dieser Funkstandard geradezu an. Wenn Bluetooth nicht vorhanden ist, kommt auch ZigBee für die Funkübertragung in Betracht.

Selbstbau

Für ein kompaktes und leistungsfähiges OBD-Interface ist die Verwendung von vielbeinigen SMD-Chips nicht zu vermeiden. Der Selbstbau ist aber dennoch recht ein-

fach zu realisieren, wenn man ein bereits SMD-bestücktes Controllermodul verwendet. Das hier eingesetzte DXM-Modul [1] wurde bereits in Elektor 09/2009 [2] vorgestellt. Wie Bild 1 zeigt, ist es mit einem

Eigenschaften

- kompakt im OBD-Stecker eingebettet
- integriertes DXM-Modul
- automatischer Protokollscan
- PWM, VPWM, ISO9141, KWP2000 und CAN
- softwarekompatibel zu „moDiag“ und „OBD-DIAG“
- für alle OBD-2-Pkw geeignet

Bluetooth-Version

- kompatibel zu Windows XP, Vista, 7
- Class-1-Bluetoothmodul mit max. 100 m Reichweite

ZigBee-Version

- Cortex M3 und Atmel AT90USB162 Hostcontroller
- Windowstreiber über INF-Datei
- Frequenzbereich 2405-2480 MHz, automatische Kanalwahl
- Empfänger-Empfindlichkeit -101 dBm
- IEEE 802.15.4-2003 (ZigBee-ähnliches Protokoll)
- automatische Wiederholung der Daten bei Übertragungsfehlern
- Reichweite ca. 10-15 m (max. etwa 30-40 m)
- ZigBee-USB-Stick kompatibel mit Windows XP, Vista, 7



Bild 3. Ober- und Unterseite der Bluetooth-Interface-Platine mit angelötetem OBD-Stecker.

ARM-Cortex-M3-Prozessor und umfangreicher Peripherie bestückt. In Verbindung mit der implementierten Firmware bildet es eine universelle OBD2-Diagnose- und Steuereinheit, die direkt an die Kfz-Diagnosebuchse des Fahrzeugs angeschlossen werden kann. Das Modul lässt sich für viele Anwendungen mit AT-Befehlen konfigurieren (Dokumentation siehe [1]), unter anderem auch als Diagnoseinterface mit angepasster Baudrate. Ausgangsseitig verfügt es über eine serielle Schnittstelle mit 3,3-V-Pegeln, an die man einen Wireless-

Transceiver-Baustein anschließen kann. Das kann zum Beispiel ein Bluetooth-Modul oder ein ZigBee-Transceiver sein. Im Folgenden stellen wir beide Varianten vor.

Bluetooth

In **Bild 2** ist die OBD-2-Interface-Schaltung mit Bluetooth zu sehen. Das DXM-Modul ist eingangsseitig mit dem OBD-2-Stecker und ausgangsseitig mit dem kompakten Bluetooth-Modul BTM222 des Herstellers Rayson verbunden. Dieses Modul wurde ebenfalls in Elektor 9/2009 [3] beschrie-

ben, und es hat sich auch schon bei der Bluetooth-Erweiterung [4] des autonomen OBD-2-Analysers NG [2] bewährt. Das Bauteil ist komplett vorkonfiguriert und überträgt Daten mit 19.200 Baud. Daher ist auch das DXM-Modul fest auf diese Baudrate eingestellt.

Die Stromversorgung der Schaltung erfolgt über die OBD-2-Buchse mit der 12-V-Bordspannung des Fahrzeugs. Nach der Diode D1 als Verpolschutz reduziert ein kleiner Schaltregler diese Spannung verlustleistungsfähig auf 3,3 V für die beiden Module.

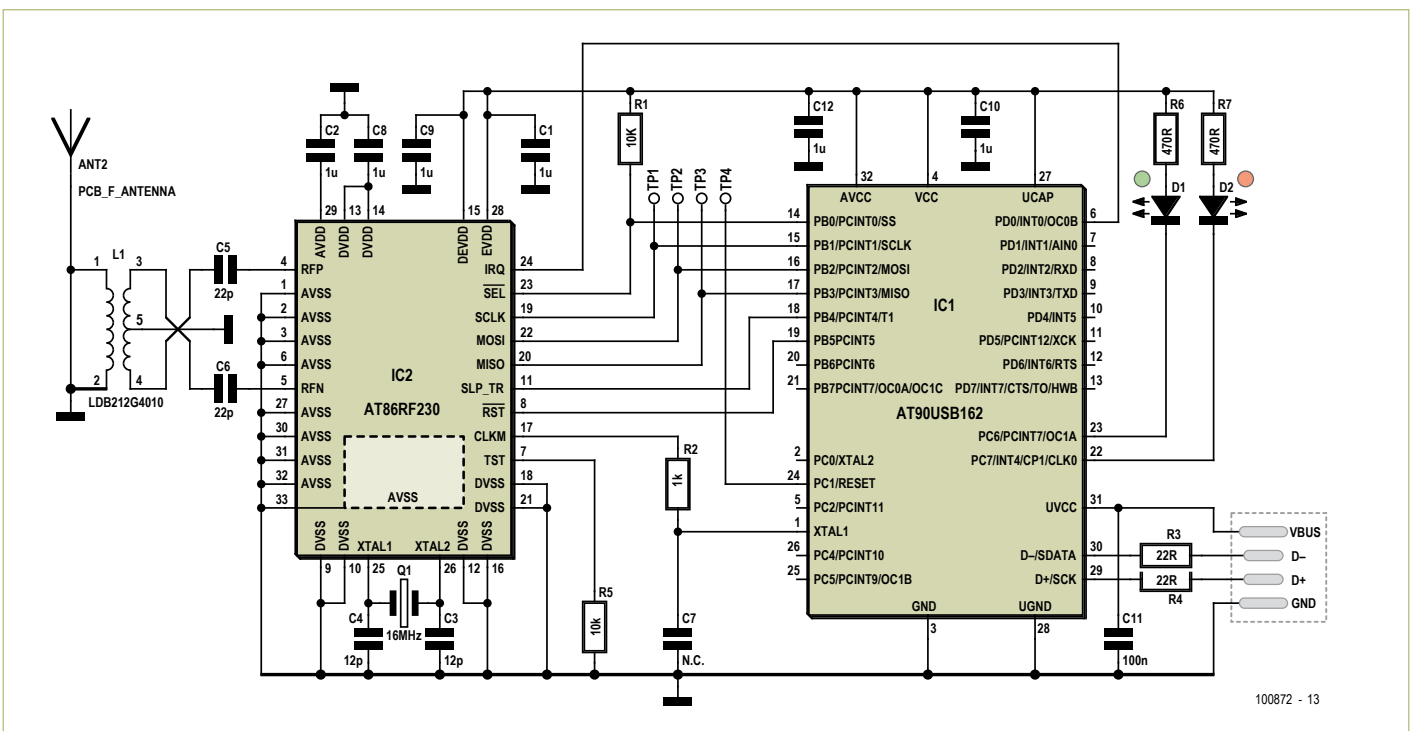


Bild 4. Die Schaltung des speziell für das ZigBee-OBD-2-Interface entwickelten ZigBee-USB-Sticks.

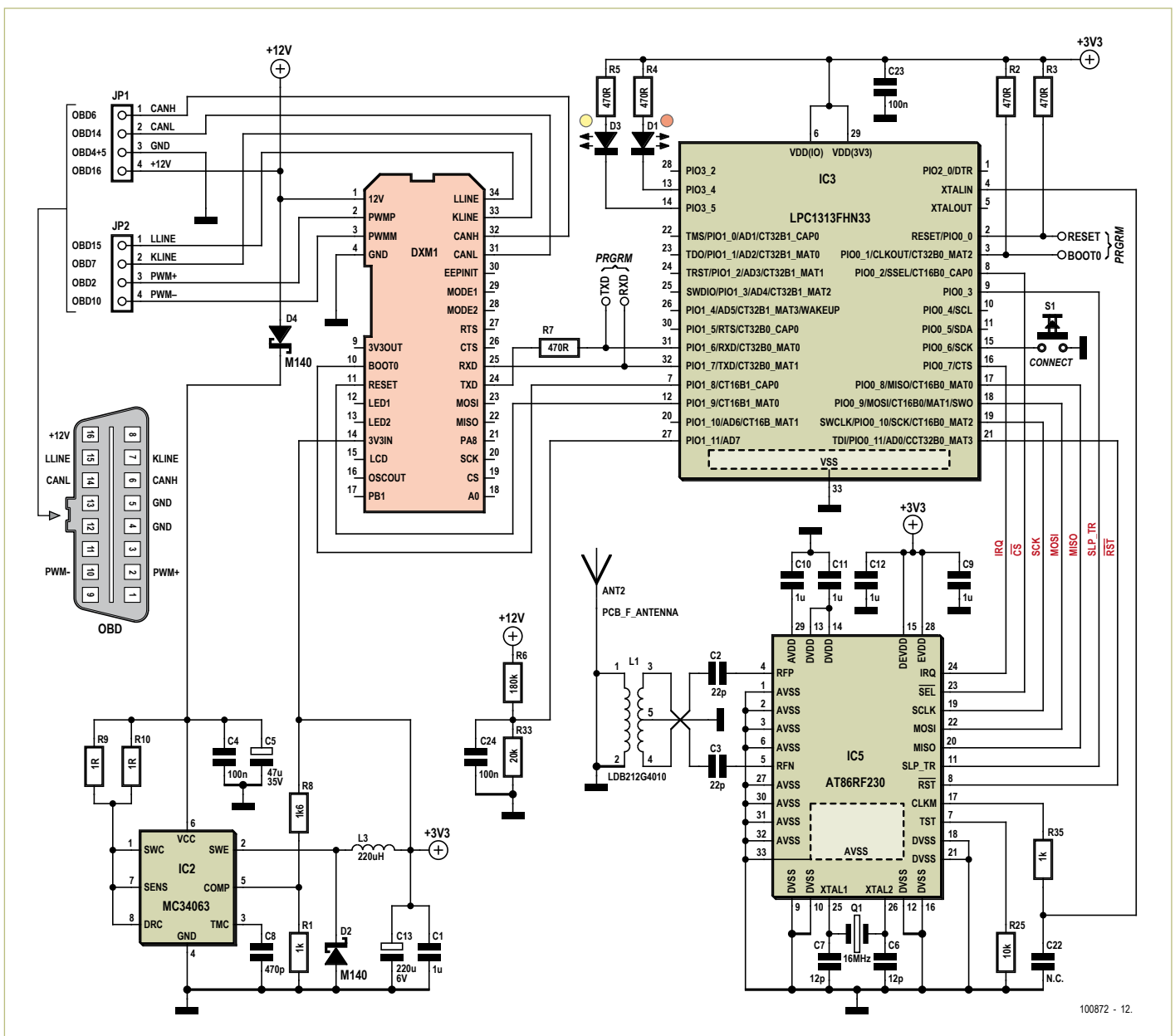


Bild 5. Das ZigBee-OBD-2-Interface enthält zwei 32-bit-ARM-Cortex-M3-Prozessoren: Einen für OBD im DXM-Modul und einen für die Funkübertragung in Verbindung mit dem ZigBee-Transceiver-Chip AT86RF230.

Das BTM222 ist ein so genanntes Class-1-Bluetooth-Modul. Die Reichweite wird mit bis zu 100 m angegeben. Diese Entfernung lässt sich aber nur unter idealen Bedingungen überbrücken und setzt auch auf der Gegenseite einen Class-1-Bluetooth-Transceiver voraus, was bei den meisten Notebooks mit Bluetooth nicht der Fall ist. Falls eine möglichst große Reichweite erforderlich ist, kann man auf der PC-Seite auf einen Class-1-Bluetooth-USB-Stick als Transceiver zurückgreifen. Auf der im Bausatz enthaltenen Platine ist eine $\lambda/4$ -Antenne durch Leiterbahnen realisiert. Diese Antenne reicht völlig aus und sollte keinesfalls durch

angelötete Drahtstücke verändert werden. Die Platine ist auch schon mit den benötigten SMD-Bauteilen bestückt, so dass nur noch wenige Teile zu löten sind (das blaue Bauteil in Bild 3 ist kein Elko, sondern die Spule L1).

ZigBee

Während bei Bluetooth die Datenübertragung initialisiert und per Passwort freigegeben werden muss, handelt es sich bei ZigBee um eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung, die sich selbst herstellt, sobald sich zwei Transceiver gegenseitig erkennen. Da in Notebooks keine ZigBee-Transceiver eingebaut sind, gehört zum ZigBee-Interface

auch immer ein ZigBee-Transceiver in USB-Stick-Ausführung dazu, der ins Notebook eingesteckt sein muss. Die Reichweite kann bis zu 40 m betragen, ist aber eher für den Nahbereich konzipiert.

Die Schaltung des für dieses Projekt entwickelten ZigBee-USB-Sticks ist in Bild 4 dargestellt. Sowohl hier als auch in der ZigBee-Ausführung der OBD-2-Interface-Schaltung in Bild 5 wird als ZigBee-Transceiver ein AT86RF230 von Atmel verwendet, der jeweils softwaremäßig konfiguriert werden muss. Dafür kommen in beiden Schaltungen Host-Controller zum Einsatz. In der OBD-Interface-Schaltung ist es ein Cortex-

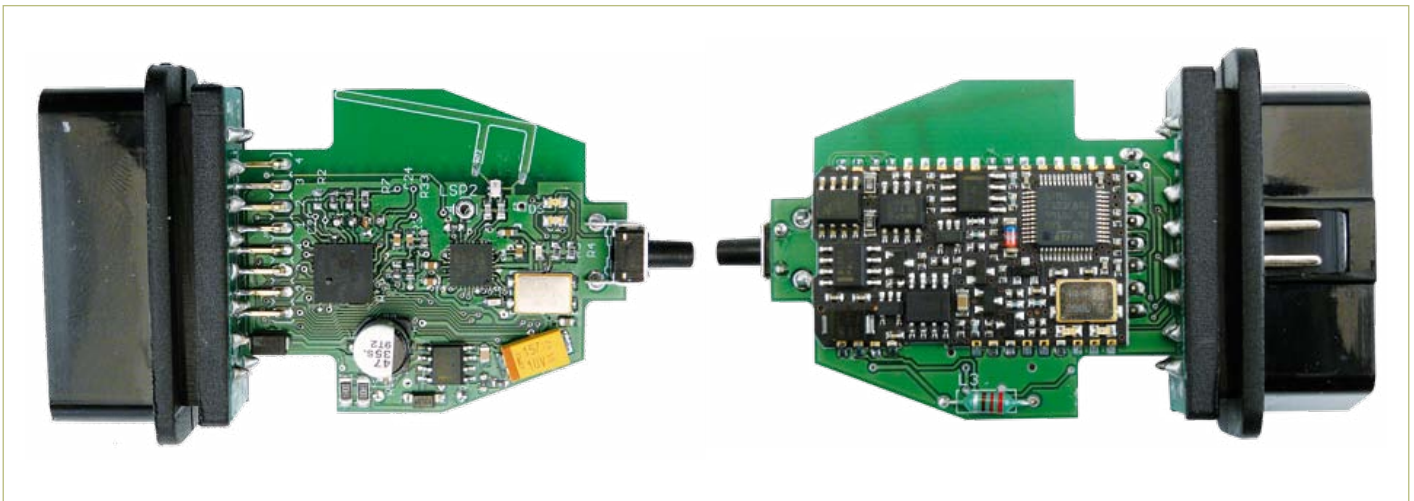


Bild 6. Ober- und Unterseite der ZigBee-Interface-Platine mit angelötetem OBD-Stecker.

M3 LPC1313 von NXP und im USB-Stick ein Atmel AT90USB162. Beide Controller übernehmen jeweils die Initialisierung und optimieren die Datenübertragung für OBD-2. Alle übertragenen Daten müssen speziell für OBD-2 modifiziert werden, so dass letztendlich ein proprietäres Übertragungsformat entstanden ist, weshalb auch nur der selbst entwickelte ZigBee-USB-Stick verwendet werden kann. Andere ZigBee-USB-Sticks sind ungeeignet.

Der LPC1313 stellt den Datenstrom sehr schnell zur Verfügung, um keine zusätzlichen Latenzzeiten entstehen zu lassen. Daher auch der Einsatz des rechenstarken 32-bit-Cortex-M3-Controllers im ZigBee-OBD-2-Interface. Der AT90USB162 ist im Stick eine Idealbesetzung, da er über eine integrierte USB-Schnittstelle verfügt.

Die Beschaltung des ZigBee-Transceivers AT86RF230 entspricht der Empfehlung von Atmel. Ein Übertrager (Balun) passt das Signal jeweils an die $\lambda/4$ -Leiterplattenantenne an. Die Firmware für die beiden Controller kann von der Elektor-Webseite als Hexdump heruntergeladen werden [5]. Beim ZigBee-Interface ist also eine kreative Komponente vorhanden und die Programmierleitungen beider Controller sind auf der Platine erreichbar. So kann der interessierte Anwender mit einem geeigneten ISP-Programmer [6] auch selbst tätig werden. Der Taster S1 in Bild 5 wird eigentlich nur gebraucht, wenn ein neuer Stick beim ZigBee-OBD-Interface „angelernt“ werden soll.

Die Beschaltung des OBD-2-Steckers und die Stromversorgung unterscheidet sich nicht wesentlich von der der Bluetooth-Version. Auch für das ZigBee-OBD-2-Interface wird ein Bausatz angeboten, der eine SMD-bestückte Platine und alle weiteren benötig-

ten Teile enthält. **Bild 6** zeigt die komplett bestückte Platine mit angelötetem OBD-Stecker. Der dazu passende ZigBee-USB-Stick entsprechend der Schaltung in Bild 4 ist hingegen schon betriebsfertig erhältlich, wobei man die Platine trotzdem noch sehen kann (**siehe Bild 7**).

Aufbau

Bei beiden Versionen wird das DXM-Modul jeweils auf die Platinenunterseite gelötet. Um das DXM-Modul und auch das BTM222-Modul bei der Bluetooth-Version bei Bedarf wieder einfach entlöten zu können, hilft ein kleiner Trick: Man schneidet einen schmalen



Bild 7. Der ZigBee-USB-Stick mit Platine in transparentem Gehäuse.

Papierstreifen (10 x 25 mm) und legt diesen zwischen Modul und Platine (**Bild 8**), so dass man dadurch einen winzigen Spalt erhält. Er reicht aus, um beim Entlöten Lötzinn mit Entlötlitze entfernen und die Module von der Platine trennen zu können.

Beim Einlöten der Module (DXM und BTM222 beim Bluetooth-Interface) lötet man am besten nur die Pins fest, die in der Schaltung verwendet werden. In **Bild 9** und **10** sind diese Pins durch Farbpunkte gekennzeichnet. Für das Löten der Massepins der Module benötigt man einen LötKolben mit ausreichender Heizleistung. Beim Bluetooth-Interface sind neben der Spule L1 (das blaue Bauteil in Bild 8) noch die Stiftleisten für RXD und TXD einzulöten und die beiden Jumper zu setzen (siehe Bild 8 und 9).

Beim ZigBee-Interface lötet man die Spule auf die Platinenseite mit dem DXM-Modul. Die Montage des OBD-Steckers ist bei beiden Interface-Versionen gleich: Man lötet zuerst die 8-polige Stiftleiste ein und entfernt danach die schwarze Kunststoffleiste (mit Messer oder Zange von den Stiften abziehen). So wird das anschließende Anlöten des OBD2-Steckerblocks – richtig herum – deutlich erleichtert. Auf der Elektor-Webseite [5] zu diesem Artikel findet man noch eine Reihe von Fotos sowie kurze Zusammenfassungen zum Aufbau, an denen man sich orientieren kann.

Zum Schluss schraubt man die Halbschalen zusammen, in die zuvor eine Plexiglasscheibe an der Stelle für die vorgesehene Kabel-Zugentlastung eingelegt wird. Beim Zigbee-Interface sind es zwei Scheiben (eine mit Loch und eine transparente davor), damit sich der Taster S1 bei Bedarf bedienen lässt.

Test

Besitzt man einen Elektor-OB-D-Simulator [7], kann man gemütlich auf dem Labortisch testen. Wenn nicht, muss man die „echte“ OB-D-Buchse im Fahrzeug nutzen. Nach dem Einstecken des Interfaces in die Diagnosebuchse blinken die beiden LEDs am DXM-Modul einmal kurz auf und signalisieren so den erfolgreichen Selbsttest.

Beim Bluetooth-Interface startet man nun auf dem Notebook die Bluetooth-Unterstützung unter Windows, lässt sie das neue Gerät suchen und stellt dann den Hauptschlüssel „1234“ ein.

Windows richtet mehrere virtuelle COM-Ports ein. Den ersten Port verwendet man auch in der Anwendersoftware als Kommunikationsport. Mit einem Terminalprogramm, zum Beispiel AGV-Supertool [8], wird das Interface angesprochen. Die Baudrate ist auf 19200 einzustellen und der Com-Port korrekt auszuwählen. Im Terminalfenster wird „ATZ“ oder „ATI“ eingegeben, worauf das Interface mit der DXM-Kennung antwortet. Der Bluetooth-Kommunikationstest ist somit erfolgreich abgeschlossen. Beim ZigBee-Interface muss zuerst der Treiber installiert werden. Dazu steckt man den ZigBee-USB-Stick ein und verweist den automatisch startenden Windows-Assistenten auf den Speicherort des zuvor von der Elektor-Homepage geladenen Treibers. Ein Hauptschlüssel ist nicht erforderlich, die Funkverbindung etabliert sich automatisch. Dies prüft man zunächst mit dem kleinen Tool „ED-Tester“. Beide Komponenten, Host und Stick, müssen gefunden werden. Die über Balken angezeigte Feldstärke sollte zwischen 30 und 50 liegen.

Software

Die Diagnose-Software auf dem PC funktioniert unabhängig vom Standard der Funkübertragung, so dass sich für beide Versio-

nen die OB-D-Diagnosesoftware „moDiag“ eignet, die bereits in Elektor 4/2010 bei der Bluetooth-Erweiterung [4] des „Analysers NG“ beschrieben wurde und unter [5] zum Download bereitsteht. Auch das Programm „OB-D-DIAG“ ist mit beiden Interfaces kompatibel. Eine interessante Möglichkeit ist auch die Datenübertragung zu einem Smartphone mit Bluetooth.

Allerdings braucht man dann auch eine auf dem Smartphone lauffähige Diagnosesoftware, die noch zu entwickeln wäre. Die Autoren sind gerne bereit, ambitionierte Softwareentwickler dabei mit Rat und Tat zu unterstützen.

(100872)

Weblinks

- [1] www.dxm.obd-diag.net (DXM-Modul)
- [2] www.elektor.de/090451 (OB-D-2-Analyser NG)
- [3] www.elektor.de/080948 (Bluetooth mit dem ATM18)
- [4] www.elektor.de/090918 (Bluetooth-Erweiterung für OB-D-2-Analyser NG)
- [5] www.elektor.de/100872 (Projektseite zu OB-D-2-Wireless)
- [6] www.obd-diag.de (ISP/STM/NXP-Programmer)
- [7] www.elektor.de/080804 (OB-D-2-Simulator)
- [8] www.er-forum.de/obd-diag-dl (OB-D-DIAG Software)

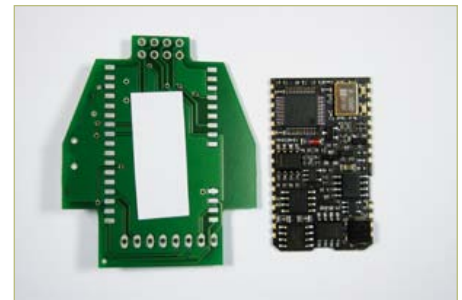


Bild 8. Ein Papierstreifen zwischen Platine und Modul vor dem Einlöten erleichtert ein späteres Auslöten.

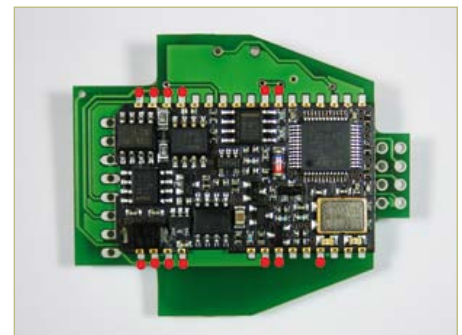


Bild 9. Bei der Montage des DXM-Moduls werden nur die gekennzeichneten Pins mit der Platine verlötet.



Bild 10. Hier sind die beim Bluetoothmodul zu löten Pins zu sehen. Alle anderen Pins werden nicht benötigt.

Elektor-Produkte & Service

- OB-D-2-Bluetooth-Interface, Bausatz mit SMD-bestückter Platine und allen Teilen inklusive Gehäuse: Best.-Nr. 100872-72
- OB-D-2-ZigBee-Interface, Bausatz mit SMD-bestückter Platine und allen Teilen inklusive Gehäuse: Best.-Nr. 100872-71
- ZigBee-USB-Stick passend zum OB-D-2-ZigBee-Interface, betriebsfertig: Best.-Nr. 100872-91
- Infoseite und kostenloser Software-Download unter www.elektor.de/100872

Abonnieren Sie jetzt die führende US-amerikanische Fachzeitschrift für Mikrocontroller-Anwendungen und Embedded Systems!



Wählen Sie unter www.elektor.de/cc-abo
Ihr gewünschtes
Abonnement aus!

12 Original-Ausgaben jährlich für nur

Digital: 38 US-Dollar
Print: 63 US-Dollar
Digital + Print: 90 US-Dollar

**CIRCUIT
CELLAR**[®]
THE MAGAZINE FOR COMPUTER APPLICATIONS

Hier kommt der Bus (4)

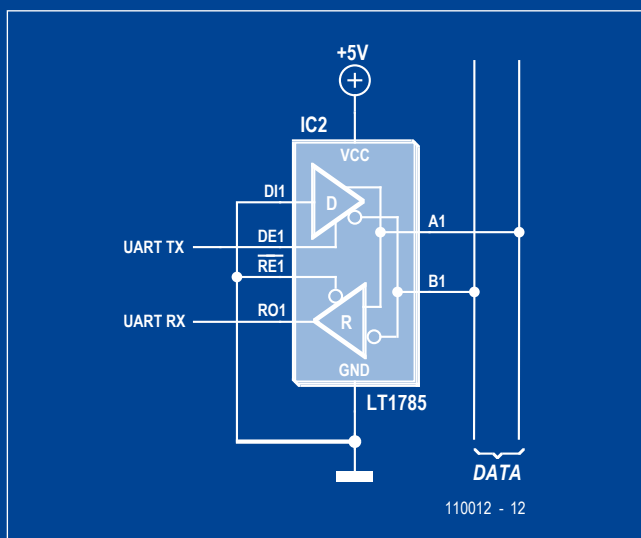
Von Jens Nickel

Unser Bus kennt keine Stopps: Auch nach dem Redaktionschluss des vorangegangenen Teils der Serie erreichten uns viele neue Mails interessierter Leser. Vielen Dank hierfür! Ich habe versucht, zu allen Ideen Stellung zu nehmen, woraus sich manchmal sogar kleine Diskussionen entwickelten. Nur schade, dass die Leser nicht auf dem neuesten Stand der Bus-Entwicklung waren – das Zeitschriftenmachen bedingt eben eine lange Verzögerung zwischen dem Schreiben und der Veröffentlichung eines Artikels. Da viele Feedback-Mails wertvolle Hinweise enthielten, entschlossen wir uns, eine Mailing-Liste für besonders interessierte Leser anzulegen. Alle Überlegungen zu diesem vierten Teil wollte ich ab jetzt „live“ mit anderen Entwicklern teilen, zugleich konnten die Mitglieder des Email-Verteilers selbst Anregungen einsenden.

Um es einmal diplomatisch auszudrücken: Von einem harten Kern dieser Leser wurde die Möglichkeit, auf diese neue Art an einem Elektor-Projekt mitzuwirken, enthusiastisch aufgenommen... Nach einem ersten Aufruf, Ideen für das zu entwickelnde Elektor-Bus-Protokoll einzusenden, fand ich bereits sieben Mails in meinem Postkasten vor. Die nächsten Tage folgten noch rund 30 weitere E-Mails, prall gefüllt mit Hinweisen, Anregungen und ausentwickelten Vorschlägen. Und wenn ich Ihnen erzähle, dass zu den Diskussions-Teilnehmern wahre Bus-Experten wie John Dammeyer gehörten, der für die olympischen Spiele in Vancouver das größte CAN-Netz der Welt mitkonzipierte (zur Beleuchtung der Ringe), dann können Sie sich schon denken: Hier ging es mitunter recht detailliert zur Sache!

Klar, dass bei den gestandenen Elektronikern die im letzten Heft gezeigte Schaltung für unsere ersten Testknoten noch einmal auf dem Prüfstand stand. Elektor-Autor und Profientwickler Günter Gerold regte noch einen Kondensator parallel zum Resettaster an (ok, machen wir). Und so ein 7805 sei ja wirklich von anno-dunnemals? Zu diesem und anderen Bauteilen erreichten uns viele weitere Zuschriften mit interessanten Alternativen. So gibt es ohne Zweifel Controller, die nicht viel teurer als ein ATmega88 sind, aber nützliche Busperipherie wie einen (immer wieder genannten) CAN-Transceiver eingebaut haben. Auch für den LT1785 wurden etliche Alternativvorschläge genannt. Noch einmal möchte ich aber betonen, dass es sich um den Schaltplan eines Testknotens und keinesfalls um eine Referenzimplementierung handelt. Einen ElektorBus-Knoten soll man auch mit ganz anderen Bauteilen realisieren können,

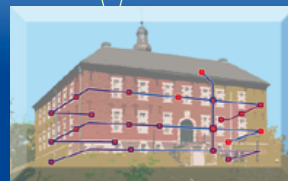
auf spezielle Chips werden wir uns nicht festlegen! Mehrere Leser machten uns darauf aufmerksam, dass die Verbindung des RE- und DE-Pins am LT1785 zwar eine gebräuchliche, aber nicht unbedingt die beste Möglichkeit darstellt, einen Halbduplex-Betrieb sicherzustellen. Wenn man DE auf High und RE auf Low legt, kann der Controller seine eigene Aussendung mitlesen, was sehr nützlich sein kann, um etwa Kollisionen festzustellen. John schickte uns eine – wie ich finde – sehr originelle Variante der RS485-Transceiver-Beschaltung (belegt nur zwei Controller-Pins, siehe kleines Schaltbild!). Dieser Ansatz schien mir so interessant, dass ich den Schaltplan für unseren ersten Test-Knoten wie im Bild gezeigt abänderte. Nun sind alle relevanten Transceiver-Anschlüsse mit einem Controller-Portpin verbunden, und wir können alle Schaltungsvarianten per Software testen.

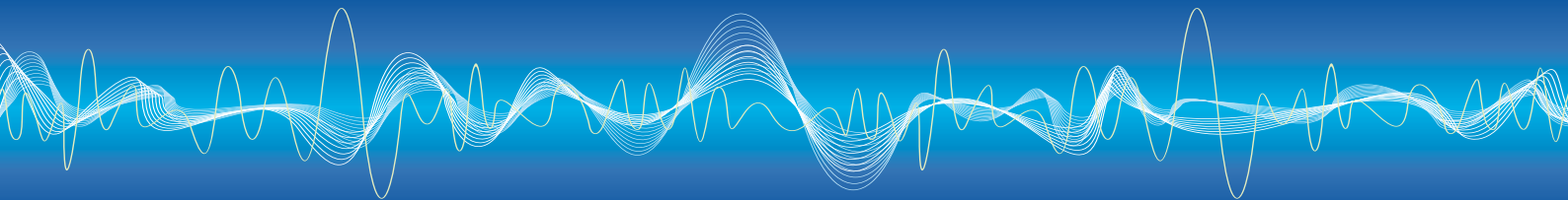


nen, auf spezielle Chips werden wir uns nicht festlegen! Mehrere Leser machten uns darauf aufmerksam, dass die Verbindung des RE- und DE-Pins am LT1785 zwar eine gebräuchliche, aber nicht unbedingt die beste Möglichkeit darstellt, einen Halbduplex-Betrieb sicherzustellen. Wenn man DE auf High und RE auf Low legt, kann der Controller seine eigene Aussendung mitlesen, was sehr nützlich sein kann, um etwa Kollisionen festzustellen. John schickte uns eine – wie ich finde – sehr originelle Variante der RS485-Transceiver-Beschaltung (belegt nur zwei Controller-Pins, siehe kleines Schaltbild!). Dieser Ansatz schien mir so interessant, dass ich den Schaltplan für unseren ersten Test-Knoten wie im Bild gezeigt abänderte. Nun sind alle relevanten Transceiver-Anschlüsse mit einem Controller-Portpin verbunden, und wir können alle Schaltungsvarianten per Software testen.

Eine Reihe der Ideen reichte freilich schon weit in unsere Bus-Zukunft. Immer wieder wurde das Thema Internet genannt. Eine Anbindung an unseren Bus bleibt, so kann ich versprechen, ganz oben auf dem Pflichtenheft. Eine sehr interessante Idee brachten John und der französische Elektor-Leser Eric Huiban ins Spiel, nämlich eine Modularisierung der Hardware. So könnte man einen kleinen Prozessor mit Quarz, den RS485-Treiber und noch ein, zwei LEDs auf einer kleinen ElektorBus-Platine unterbringen. Analog wie die schon öfter in Elektor vorgestellten Ethernet-Module könnten diese kompakten Boards dann andere Elektronik um eine „ElektorBus“-Funktionalität erweitern. Ein solches Interface-Modul ließe sich später gar einmal durch eine Wireless-Variante austauschen. Eine tolle Idee, die wir sicher im Laufe der Serie aufgreifen werden.

Eine der entstandenen Teil-Diskussionen beschäftigte sich mit der Anbindung eines PCs an den Bus. Die Programmierung von Windows-Anwendungen, die von externen Ereignissen gesteuert werden, ist nicht gerade einfach. Elektor-Autor Walter Trojan regte an, statt eines simplen USB-RS485-Konverters ein USB-Gateway mit eigenem Controller zu konzipieren. Die PC-Welt würde dann von unserem mikrocontroller-basierten Bus entkoppelt. Wir waren uns schnell einig, dass ein PC als Master nur eine Übergangslösung darstellt (auch wenn Frameworks wie .NET eine direkte Unterstützung eines (virtuellen) COM-Ports bieten [1]). Unser Endziel müsste in jedem Fall ein Bus sein, der ohne PC auskommt, die Rolle einer Steuerzentrale soll dann ein nicht allzu schwachbrüstiger Mikrocontroller übernehmen. Große Pläne hatte das kleine Team, als die Sprache auf die maximale Anzahl der Busknoten kam. Elektor-Leser Bertrand





Duvivier (Produktmanager bei Cisco) ging hier gleich mit der Konzeption einer hierarchischen Bustopologie voran. Da RS485 eigentlich nur für maximal 32 bis höchstens 256 Teilnehmer an einer Buslinie konzipiert wurde (und diese Zahlen bei einer Domotik-Applikation schnell überschritten werden können), brachte Bertrand eine Segmentierung des Busses ins Spiel. Verschiedene Buslinien werden hierbei durch eine Art Router („Controller“) verbunden, die Nachrichten weitergeben können. Die Adresse eines Knotens zerfällt dann (so wie eine IP-Adresse) in eine Segment-ID und eine Adresse, die den Knoten innerhalb des Segments bestimmt. Wie schon öfter angemerkt, soll unser Bus ja so einfach wie nur eben möglich bleiben, so dass die Hard- und Software auch für Einsteiger verständlich bleibt. Doch war mir klar, dass wir zumindest um eine mögliche Verbindung mehrerer Buslinien nicht umhin kommen werden. In unserem Protokoll (siehe unten) haben wir daher solch eine gruppierte Adressierung ausdrücklich vorgesehen.

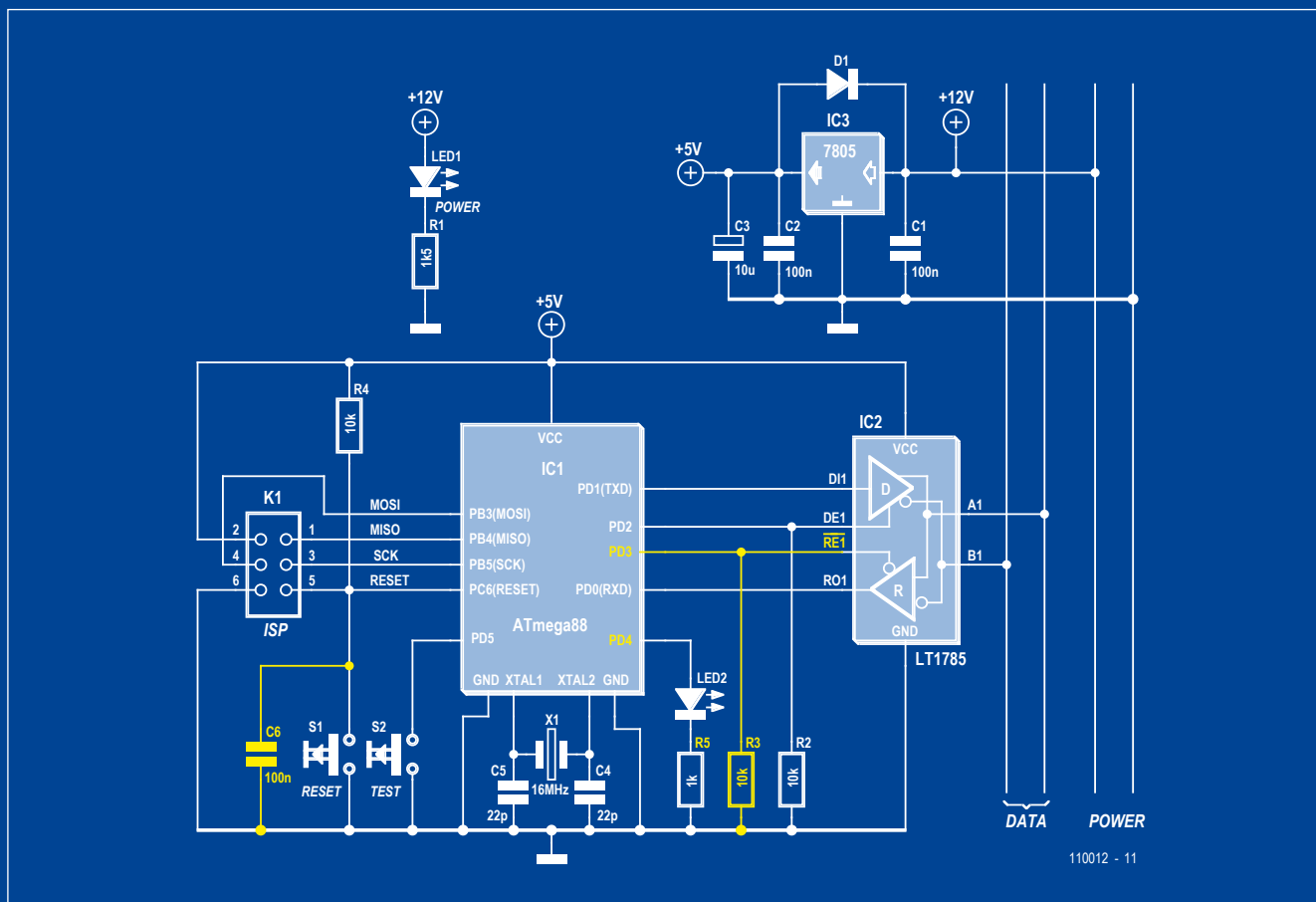
Überhaupt – das Protokoll. Los ging es mit der Frage, wie die Busteilnehmer feststellen können, wann eine Nachricht beginnt. Günter hatte die Idee, vom Sender einen künstlichen UART Framing Error auslösen zu lassen. Doch irgendwie gefiel mir dieser Ansatz nicht, da wir dann Funktionen unseres Protokolls (höhere Schicht im Stack) von unserem physikalischen Layer (RS485 und UART) erledigen ließen. Meiner Meinung nach musste das gute alte Start-Byte her. Doch auch hier stritten wir noch ein wenig: 0x02 oder 0x03? Oder etwa 0x7E? Mir gefiel 0b10101010 am besten, damit ließ sich schön synchronisieren (analog wurde so etwas mal für Ethernet vorgesehen, und da

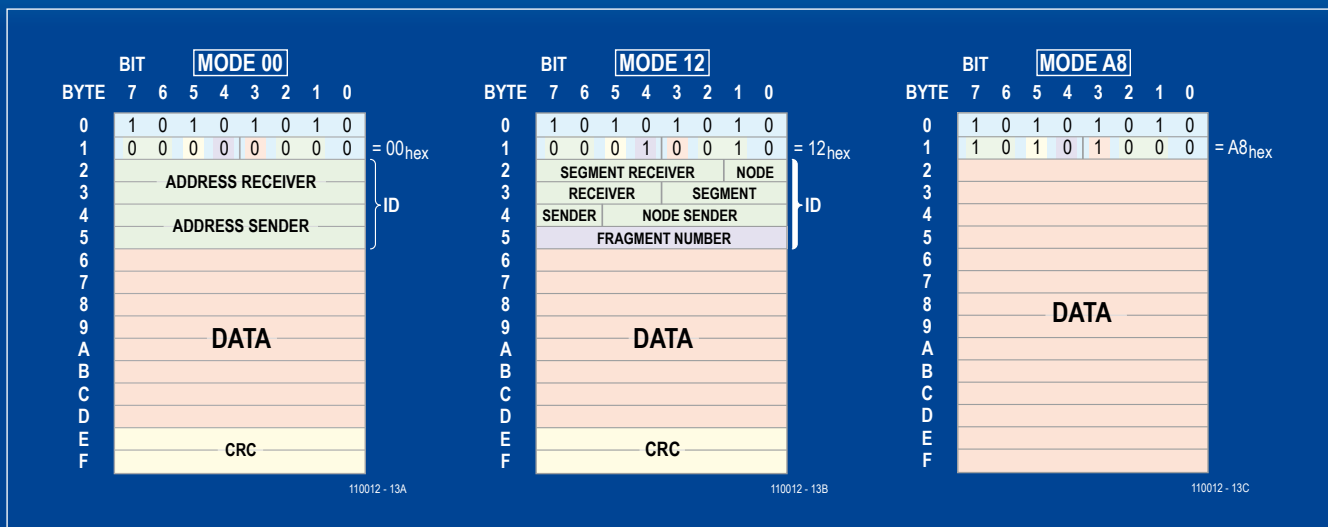
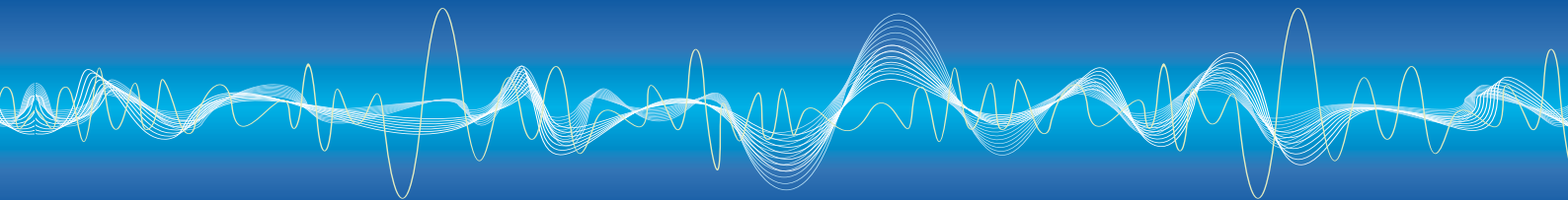
die Bits dort „falsch herum“ notiert werden, kann man die Start-Bytes dabei als 0x55 lesen).

In seiner ersten Mail hatte Bertrand die Möglichkeit erwähnt, den Nachrichtepaketten eine feste Länge zu geben, und auch wenn die üblichen Protokolle fast alle mit einer variablen Länge der Nutzdaten daher kamen, ließ mich die Idee nicht mehr los. Gerade für unseren Round-Robin-Mode (bei dem alle Knoten reihum mit dem Senden drankommen) war eine feste Nachrichtenlänge ideal. Dann ließ sich der Bus übrigens auch auf sehr einfache Weise synchronisieren: Jedes X. Byte auf dem Bus musste schlicht und einfach 0xAA sein.

Nachdem wir uns einige Links wie zum Beispiel [1] und [2] zugesandt hatten und außerdem einige Vorschläge für einfache Protokolle aus unserer kleinen Community gekommen waren, machte ich einen Vorschlag für ein Protokoll mit fester Länge. Da wir ungefähr 8 Bytes als Header brauchen würden (für Startbyte, Adressierung, Fehlerkontrolle und so weiter), erschien mir eine Gesamtlänge von 16 Byte ideal. Mit 8 Nutzbytes konnte man schon einiges machen, und außerdem wurde die Sache schön symmetrisch.

Einige unserer Vorschläge beschäftigten sich bereits mit verschiedenen Operationsbytes und möglichen Handshakes zwischen Master und Slaves, aber die (durchaus wertvolle) Diskussion hatte bereits jetzt solche Ausmaße angenommen, dass ich diesen, schon etwas anwendungsspezifischen Teil erst einmal auf später verschieben wollte. Ähnlich wie beim OSI-Schichtenmodell sollte sich unser Protokoll auf der zweiten Ebene lediglich darum kümmern, dass die Datenpakete den richtigen Empfänger erreichten, unversehrt waren und vielleicht noch in





der richtigen Reihenfolge zusammengesetzt werden konnten. Denn jede Anwendungs-Message, die länger als 8 Bytes lang war, mussten wir ja jetzt fragmentieren.

Es folgten noch einige Mails, in denen wir die Anzahl der Bits diskutierten, die für eine Adressierung nötig ist. Vier Bytes (aufgeteilt auf Sender- und Empfängeradresse) erschien allen zuerst viel zu viel, was sollten wir denn jemals mit 65536 Busteilnehmern anfangen?

Als Fehlerkontrolle wollten wir die CRC vorsehen (eine Beschreibung würde den Artikel an dieser Stelle sprengen, doch im Internet ist alles nachzulesen [4][5]). Zwei Bytes müssten hierfür reichen. Doch gibt es nicht auch Anwendungen, wo eine Fehlerkontrolle nicht ganz so wichtig ist? Vielleicht wollen wir doch mal Audio übertragen? Auch eine Adressierung würde vielleicht nicht immer gebraucht (Punkt-zu-Punkt-Verbindung), zumindest musste nicht immer eine Absenderadresse mitgeschickt werden. Das alles würde den Overhead in unserem Nachrichtenpaket verkleinern. Auf der anderen Seite wollten wir eine Adresse eventuell in eine Segmentadresse und eine Knotenadresse einteilen können (siehe oben). Schließlich wollte ich noch eine Möglichkeit vorsehen, die Fragmente einer Nachricht durchnummerieren (0..255). Wenn der Sender hier von oben nach unten zählt, weiß der Empfänger immer, wie viele Fragmente noch zu erwarten sind, bis die Nachricht vollständig angekommen ist.

Dann hätten wir also eine abschaltbare Adressierung, mit vier oder weniger Bytes, aufgeteilt auf Sender oder Empfänger oder nur den Empfänger bestimmend, gruppiert oder nicht, mit optionaler Nummerierung der Fragmente und einer abschaltbaren 2-Byte-CRC-Fehlerkontrolle. All diese Möglichkeiten können wir durch die Bits eines einzigen Bytes auswählen, das als Mode-Byte gleich hinter dem Start-Byte folgt. Voila, im Kasten findet man das ElektorMessageProtocol (EMP)!

Als der CAN-Entwickler John meinen Vorschlag sah, musste er schmunzeln... „Erinnert mich total an CAN“, schrieb er, „wenn du noch die Adressen auf jeweils 12 Bits begrenzt, hast du (fast) einen zweiten CAN entwickelt...“

Ich holte mir schnell noch mal die Basics dieses Busses auf den Schirm. Ein wenig hatte er Recht, CAN sieht ebenfalls 8 Bytes an Nutzdaten vor (allerdings maximal, während das bei uns das Minimum ist). Auch der flexibel aufzuteilende Raum für die

ID-/Adressbits und natürlich die CRC erinnerte ein wenig an den Automotive-Bus.

Doch irgendwie dachte ich mir auch, dass der eingefleischte CAN-Fan John mir vielleicht auch sagen wollte, dass das Protokoll nicht ganz schlecht geworden war...

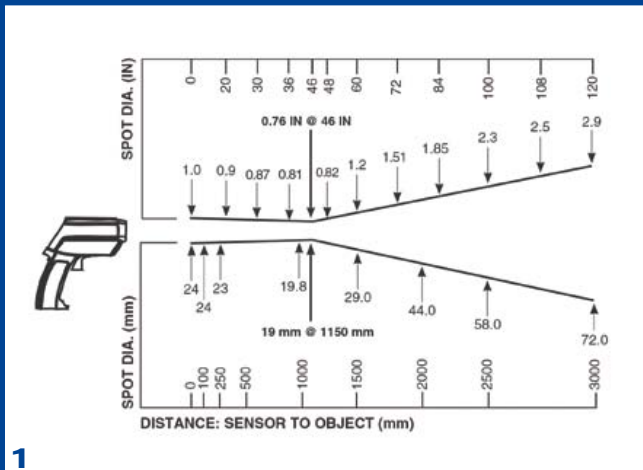
(110012)

- [1] <http://msdn.microsoft.com/library/system.io.ports.serialport.aspx>
- [2] <http://en.wikipedia.org/wiki/Modbus>
- [3] www.vscp.org/wiki/doku.php?id=vscp_specification_-_vscp_level_i_over_rs-485
- [4] http://en.wikipedia.org/wiki/Cyclic_redundancy_check
- [5] www.lammertbies.nl/comm/info/crc-calculation.html

ElektorMessageProtocol – Mode-Byte		
Bit	1	0
7	keine ID-Bytes, Daten ab Byte 2	ID-Bytes ab Byte 2
6	Byte 2 und 3 sind ID-Bytes	Byte 2 bis 5 sind ID-Bytes
5	keine CRC	Byte E und F sind 16-bit-CRC
4	letztes ID-Byte ist Fragmentnummer	Alle ID-Bytes für Adressierung
3	Nächstes Fragment folgt direkt	kein Fragment folgt direkt
2	Adressbits nur für Empfänger	Adressbits für Sender und Empfänger
1	höchste 6 Adressbits für Bus-Segment	keine Segment-Adresse
0	reserviert: könnte als Flag für hohe Priorität einer Nachricht genutzt werden	
Bei gesetztem Mode-Bit 3 können Fragmente (wie Waggons eines Zugs) direkt aneinandergereiht werden, so dass sich faktisch ein längerer Nutzdatenstrom ergibt.		

Mal eben Temperatur messen...

Von Thijs Beckers (Redaktion NL)



Unser Vergleich der Infrarot-Thermometer (in diesem Heft) bescherte uns einige Erkenntnisse. Wir hatten uns vorgenommen, ein bis zwei Dutzend nicht übermäßig teure Modelle zu begutachten und darüber zu berichten. Es entstand eine Liste der Wunschkandidaten, dann haben wir bei Herstellern oder Importeuren nachgefragt. Elektor ist bekanntlich kein Testinstitut für Verbraucherprodukte. Wohl auch deshalb war manchmal etwas Überzeugungskraft nötig, bis wir die Zusage bekamen, dass dieses oder jenes Gerät für unser Vorhaben bereitgestellt wird. Es ging etwas Zeit ins Land, bis die 18 avisierten Infrarot-Thermometer auf dem Labortisch versammelt waren. Doch dann konnte die Arbeit beginnen.

Welchen Daten und Eigenschaften gilt unser Interesse, und wie können wir sie prüfen? Wir hielten Ausschau nach einem Referenz-Gerät, einer Messlatte für unsere Messgeräte. Hersteller Fluke überließ uns ein Spitzenmodell aus seinem Programm, das Infrarot-Thermometer 572, an dieser Stelle noch einmal herzlichen Dank! Mit dem Messwinkel 60:1 in Scharfpunkt optik, dem dreifachen Laser und der kalibrierten Genauigkeit 1 % bis 900 °C kann sich dieses Modell wirklich sehen lassen. Von unseren Testkandidaten wollten wir vor allem wissen, wie es um die Genauigkeit bestellt ist und wie verlässlich die eingebauten Messhilfen sind.

Das Bestimmen der Genauigkeit ist nicht allzu schwierig. Mit den Testkandidaten und dem Referenz-Gerät wird ein Objekt gemessen, das eine geeignete Temperatur hat. Die Ergebnisse werden miteinander verglichen. Als Objekt mit etwas höheren Temperaturen genügt eine einfache elektrische Kochplatte. Weshalb haben wir auch die Verlässlichkeit der Laser-Messhilfen untersucht? Bei einigen Testkandidaten war uns aufgefallen, dass die Laserpunkte auf den Objekten nicht exakt symmetrisch zur gedachten Geräteachse lagen. Unsere Vermutung, dass hier das Wort „Toleranz“ etwas zu weit ausgelegt war, hat sich leider bestätigt. Die viel gepriesene Laser-Präzision ist mehr oder weniger nutzlos, wenn das im Gerät eingebaute Laser-System

nicht korrekt justiert ist. Im Extremfall misst das Gerät ein beliebiges Objekt in der Umgebung, nur nicht jenes, das vom Laser markiert wird.

Das Messen mit Infrarot-Thermometern ist so eine Sache. Das Abschätzen der vom Gerät erfassten Fläche kann trotz der Laser-Messhilfen mühsam sein. Infrarot-Thermometer brauchen Mindestmessflächen, die Mindestmessflächen sind zu groß, wenn es um elektronische Chips in gängigen Größen geht. Für den Praktiker ist dies ein Handicap, das sich leider nicht ändern lässt. Selbst Infrarot-Thermometer mit sehr kleinen Messwinkeln erfordern Mindestabstände vom Objekt. Über die ersten 10 bis 15 Zentimeter hinweg ist die „Sicht“ des Geräts gewissermaßen bündelförmig. Die Dokumentation des Fluke 572 (Bild 1) weist ausdrücklich darauf hin, die Betriebsanleitungen der Testkandidaten schweigen sich zu diesem Thema aus. Wie selbstverständlich wird dort die Kegelform ab Gerätevorderkante angenommen, wir bezweifeln, dass das korrekt ist. Leider gestaltet sich die Kontrolle nicht ganz einfach. Unsere Empfehlung lautet: Gehen Sie beim Messen möglichst nahe an das Objekt heran, aber kalkulieren Sie eine Messfläche von mindestens einem oder besser zwei Zentimetern Durchmesser ein.

Labor-Kollegen, die es wissen mussten, hatten uns vor hohen und höchsten Ungenauigkeiten beim Messen reflektierender Objekte gewarnt. Weil wir es genau wissen wollten, haben wir eine Seite eines schwarz eloxierten Kühlkörpers blank geschliffen. Dieses Objekt haben wir auf 65 °C aufgeheizt, eine realistische Temperatur für einen Kühlkörper, der auf einer Platine montiert seinen Platz in einem Gerätegehäuse hat. Die Temperaturen der schwarzen und blanken Seite haben wir zuerst mit dem Fluke 572 und dann mit einem Testkandidaten gemessen. Der Testkandidat war ein Gerät mit dem Messwinkel 30:1, der Preis lag im Mittelfeld. Die Differenz der Messwerte war enorm: Statt der 65 °C auf der schwarzen Seite zeigte das Gerät auf der blanken Seite lediglich 40 °C an!

(110140)gd

SCANALOGIC-2

Finde fehler.
Analysiere im Detail.
Lerne mit Leichtigkeit.

Das beste Preis-Leistungs



Features:

- USB2.0 Plug-n-Play ohne zusätzliche Treiber
- Kompatibel mit Windows XP, Vista (32 & 64Bit) und Win7 (32 & 64Bit)
- Dekoder für UART, SPI™, 1-WIRE™, I2C™, LIN™ 1.x, LIN™ 2.x, Maple™ und weitere*
- Analyse von FM und PWM Signalen mit Hilfe der Fast Fourier Transform (FFT)
- 4 Kanäle, Eingang oder Ausgang, 256K Speicher pro Kanal
- 20 MSPS mit integriertem hochpräzisiertem Quarz
- Erzeugung von PWM, FM und USART Signalen
- Aufnahme, Speicherung und Wiedergabe von Signalen



* Vollständige Spezifikationen und weitere Infos unter www.ikalogic.com/scanlogic2/

sucht für den Aufbau Internet und einer Mitarbeit im Bereich „Elektronikbuch/Elektronik Lernpakete eine/n

Junior-Produktmanager/In
Online und Print – Programmbereich Mikrocontroller

Ihre Aufgaben:

- ▶ Entwicklung von Themen sowie Buch- und Software-Produkten in enger Zusammenarbeit mit Autoren, Herstellern und Entwicklern
- ▶ Mitarbeit beim Aufbau und später umsatzverantwortliche Betreuung eines Internetportals zum Thema Mikrocontroller

Fachliche und persönliche Voraussetzungen:

- ▶ Kenntnis der Themen, Interessen und Probleme der Anwender aus dem Effeff.
- ▶ Sie entwickeln und programmieren seit vielen Jahren beruflich oder in der Freizeit
- ▶ Sie sind seit vielen Jahren in der Szene engagiert in den einschlägigen Foren aktiv
- ▶ Sie verfügen über beste Kontakte in die Mikrocontroller-Szene
- ▶ Sie beherrschen vorzugsweise ATMELE AVR sowie Bascom, C-Programmierung, Assembler, sowie Arduino und Freeduino
- ▶ Sie bringen Online-Erfahrung mit und sind hier engagiert
- ▶ Unternehmerisches Denken, ideenreich, kreativ, gerne auch Studienabgänger
- ▶ Sichere Beherrschung der deutschen Sprache in Wort und Schrift sowie Englisch-Kenntnisse

Diese Position ist direkt dem Programmleiter unterstellt.

Interessiert? Wenn Sie diese Zeilen ansprechen dann freuen wir uns auf Ihre Bewerbung! Bitte richten Sie Ihre aussagefähigen Unterlagen direkt an:

FRANZIS Verlag GmbH

Programmleitung Technisches Fachbuch · Herrn Michael Büge
Gruberstr. 46a · 85586 Poing bei München
Tel. 08121 / 95 – 1810 · mbuege@franzis.de

Mehr Informationen über unsere Produkte finden Sie auf unseren Internet-Plattformen:
www.elo-web.de; www.pixosel.de; www.codeandgraphic.de; www.al2c.de und

WWW.FRANZIS.DE

e-weekly

elektor-newsletter

Elektor-Newsletter E-weekly
jetzt gratis abonnieren!

Jeden Freitagmorgen erscheint E-weekly, der kostenlose Newsletter von Elektor. Unsere E-weekly-Redakteure halten Sie mit neuesten und interessanten Meldungen, Tipps & Trends aus der Welt der Elektronik auf dem Laufenden. Außerdem werden Sie schnell und umfassend über aktuelle Elektor-Projekte (Nachlesen & Updates) sowie über das umfangreiche Elektor-Sortiment und spezielle Angebote als Erster informiert.

Daneben erhalten E-weekly-Abonnenten exklusiv vollen Zugang zu allen Newsberichten und zu unserem Forum, das von kompetenten Elektronik-Experten moderiert wird.



Klicken Sie jetzt auf www.elektor.de/newsletter!

EXPRESSLIEFERUNG AB 12 STUNDEN.

GARANTIERT PÜNKTLICH ODER GARANTIERT KOSTENLOS.



LEITON
RECHNEN SIE MIT BESTEM SERVICE

Leiterplatten • Flex • Alu • Schablonen
Jederzeit online kalkulieren und bestellen.

www.leiton.de

Info-Hotline +49 (0)30 701 73 49 0

GPIB/USB-Konverter

USB-Interface für den universellen Messbus

Von Rainer Schuster (D)

Der „General Purpose Instrumentation Bus“ (auch als IEEE-488 und IEC-625 bekannt) ist das wahrscheinlich älteste aktuell noch verwendete Bussystem – und mit über 5000 verfügbaren GPIB-Geräten nach wie vor die Grundlage der professionellen (Mess-)Gerätsteuerung. Da PCs standardmäßig keine GPIB-Schnittstelle haben, braucht man eine Einsteckkarte oder einen teuren externen USB/GPIB-Konverter. Unsere Selbstbaulösung mit einem USB-bestückten R8C13-Board zeigt, dass es auch ganz einfach und preiswert geht.

Es ist kaum zu glauben, dass ein ursprünglich von HP in den 60er-Jahren des vorigen Jahrhunderts als HP-IB (Hewlett-Packard Interface Bus) entwickeltes Bussystem immer noch einen verbreiteten Industrie-Standard darstellt. In den 70ern wurde der HP-IB als IEEE-488 und IEC-625 standardisiert und von den vielen Herstellern als GPIB übernommen. Die große Verbreitung und die in Jahrzehnten bewährte Zuverlässigkeit und einfache Bedienbarkeit haben dazu geführt, dass der GPIB bis heute von keinem neueren Bus verdrängt werden konnte. Weil viele Anwender auf diese Schnittstelle nicht verzichten können oder wollen, gibt es auch bei heutigen Messgeräten wie zum Beispiel Oszilloskopen und Generatoren neben einer USB- und/oder Ethernet-Schnittstelle auch eine GPIB-Schnittstelle, meist nach IEEE488.2 (IEC-60488-2).

Als 8-bit-Parallelschnittstelle ähnelt der GPIB der längst verblichenen Centronics-Druckerschnittstelle, allerdings können bis zu 30 Geräte adressiert und bis zu 15 Geräte gleichzeitig an ein Buskabel angeschlossen werden, und das hintereinander oder sternförmig oder in Kombination von beidem. Auf eine weitergehende Beschreibung wird hier verzichtet, da es den Rahmen des Beitrags sprengen würde. Wie so oft bietet eine Wikipedia-Seite [1] eine gute Einführung und mit den dort aufgeführten Links auch weiterführende Informationen.

Da PCs standardmäßig keine GPIB-Schnittstelle aufweisen, benötigt man eine Einsteckkarte oder einen externen GPIB/USB-Konverter, wobei die Kosten dafür unter Umständen höher sind als die für das zu steuernde Messgerät selbst. Wir zeigen im Folgenden, dass es auch einfacher geht. Alles, was man an Hardware für einen GPIB/USB-Konverter braucht, ist ein Mikrocontroller mit USB-Schnittstelle, der über mindestens zwei bidirektionale I/O-Ports verfügt – und eine 24-polige Centronics-Buchse...

R8C-Recycling

Der zuvor erwähnte „Mikrocontroller mit USB-Schnittstelle und mindestens zwei bidirektionalen I/O-Ports“ war schnell gefunden, und zwar in Elektor 02/2009: Für das Projekt „Transistor-Kennlinienschreiber“ hatte der Autor bereits ein kleines R8C-Board mit USB-Schnittstelle entwickelt, das im Elektor-Shop unter der Bestellnummer 080068-91 als fertig bestückte und getestete Platine erhältlich ist. Diese handliche Controllerplatine (80 x 35 mm) kann auch über die USB-Schnittstelle programmiert werden. Basis der Schaltung in **Bild 1** ist ein R8C/13-Mikrocontroller, der mit einem USB-zu-Seriell-Umsetzer PL2303 gekoppelt ist. Die Stückliste und das Platinenlayout findet man im Artikel des Transistor-Kennlinienschreibers sowie (kostenlos) auf der Elektor-Webseite [2] zu diesem Projekt. Die Beschaltung des R8C/13 entspricht dem legendären R8C/13-Board [3], das dem Elektor-Dezemberheft 2005 als Gratis-Beilage beigelegt war und das inklusive Software-CD ebenfalls im Elektor-Shop erhältlich ist.

Die Kombination des USB-Controllers PL2302 mit dem Mikrocontroller wurde von dem in Elektor Januar 2006 beschriebenen Application-Board [4] für den R8C/13 übernommen.

Die Stromversorgung erfolgt über den USB-Anschluss. Verschiedene Portpins, +V und Masse sind auf einer 20-poligen Anschlussleiste (K1) herausgeführt, sodass sich diese Platine auch für andere Aufgaben verwenden lässt. Die Anschlussbelegung ist in **Tabelle 1** angegeben.

Mit dem Reset-Taster S1 lässt sich der Mikrocontroller jederzeit zurücksetzen. 18 Widerstände von 470 Ω begrenzen den Ausgangsstrom der Portpins auf ca. 10 mA und verhindern bei falscher

Eigenschaften

- Low-cost GPIB/USB-Konverter
- Einfache Hardware (R8C/13-USB-Board mit Centronics-Buchse)
- R8C/13-USB-Platine fertig bestückt und getestet erhältlich
- Kostenlose Firmware mit Sourcecode
- Kostenloses Flashprogramm
- Kostenlose Entwicklungsumgebung
- Kostenloses PC-Beispielprogramm mit Quellcode

Beschaltung, dass gleich das ganze Controller-Board zerstört wird. Wenn der Jumper JP1 gesetzt ist, kann ein Programm über den USB-Port in den Mikrocontroller geladen werden (z.B. mit dem Flash Development Toolkit von Renesas, das auf der Software-CD zum R8C [5] zu finden ist. Das R8C-Softwarepaket dieser CD steht auch als Download [6] zur Verfügung.

Zur Erstellung von R8C-Software, zum Download des Hexfiles in den Controller und zur Installation des USB-Treibers für den PC gibt es genügend Informationen in den zuvor beschriebenen Elektor-Artikeln oder auf der R8C-Seite der Elektor-Website [7].

Wie schon erwähnt, besteht die Hardware für den GPIB/USB-Konverter lediglich aus der in Bild 2 gezeigten Verbindung einer 24-poligen Centronics-Buchse mit dem R8C/13-USB-Board (080068-91). Die Verdrahtung erfolgt an Hand der in Tabelle 2 angegebenen Anschlussbelegungen. Alles Weitere übernimmt dann die Firmware im R8C/13...

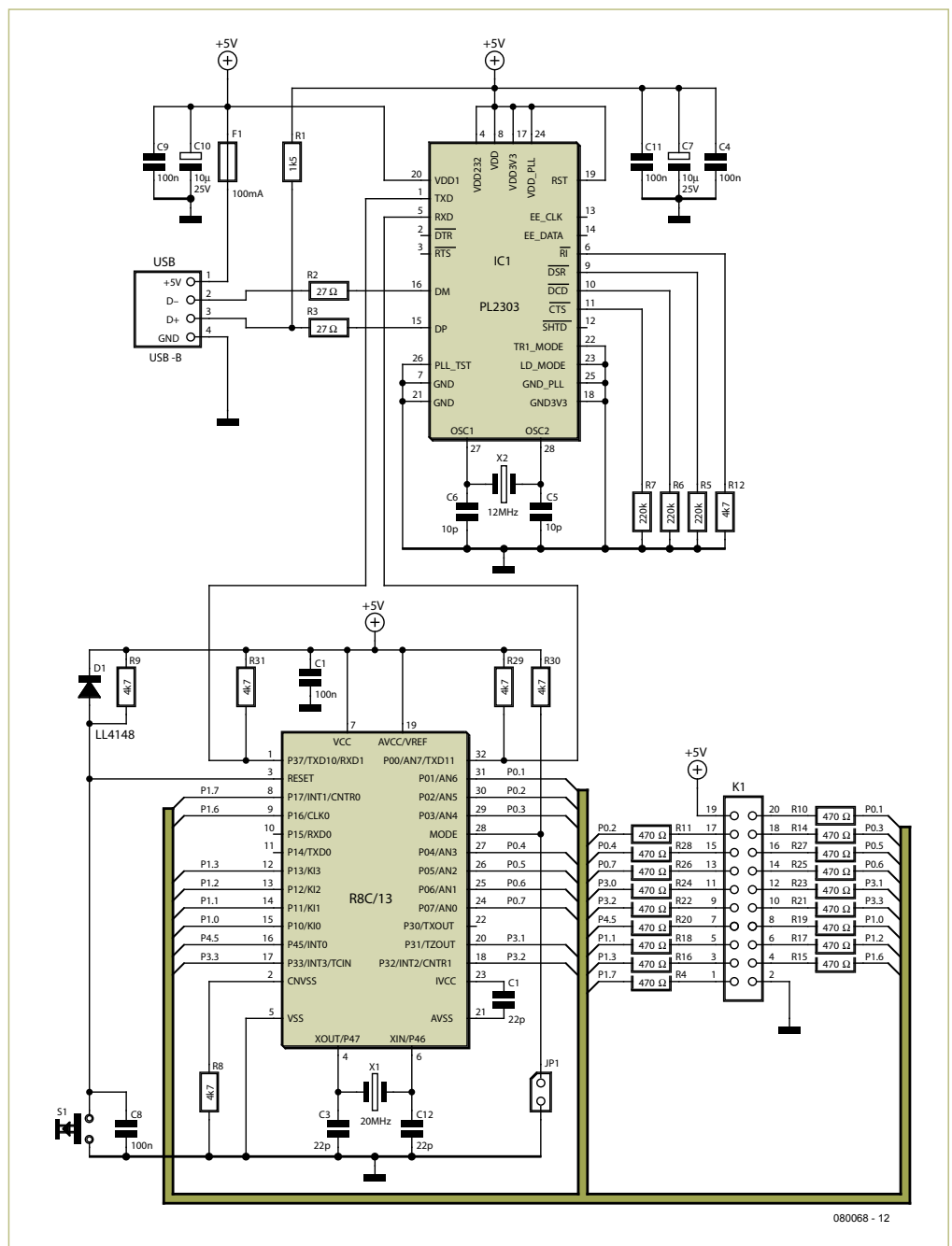


Bild 1. Der Schaltplan der Controllerplatine mit R8C/13 und USB/Seriell-Umsetzer PL2303.

Firmware

Die Firmware für den Mikrocontroller wurde in C für den „Renesas High Performance Workshop“ (Version 4.08) geschrieben und steht als kostenloser Download auf der Elektor-Webseite zu diesem Projekt [8] zur Verfügung. Ausführliche Informationen zur R8C/13-Programmierung findet man auf den Elektor-R8C-Seiten [7].

Zur Kommunikation zwischen USB-Schnittstelle und GPIB-Gerät wird zunächst die serielle Schnittstelle UART1 des R8C/13 mit den Einstellungen 38400 Baud, 8 Datenbits, 1 Stoppsbit und keine Parität initialisiert. Danach wird die GPIB-Busleitung REN (Remote enable)

Elektor-Produkte & Service

- Controllerplatine (R8C/13-USB-Board, bestückt und getestet): Best.-Nr. o80068-91
- Platinenlayout (PDF-Download) und Stückliste der Controllerplatine kostenlos unter www.elektor.de/o80068
- Firmware (inklusive Sourcecode) und PC-Software: Download 100756-11.zip
- Infoseite und kostenloser Software-Download unter www.elektor.de/100756

Tabelle 1: Belegung von K1

Pin	Bedeutung	Pin	Bedeutung
1	P1.7	11	P3.0
2	GND	12	P3.1
3	P1.3	13	P0.7
4	P1.6	14	P0.6
5	P1.1	15	P0.4
6	P1.2	16	P0.5
7	P4.5	17	P0.2
8	P1.0	18	P0.3
9	P3.2	19	+5V
10	P3.3	20	P0.1

aktiviert und die Leitung IFC (Interface Clear) für 10 ms aktiviert, um alle angeschlossenen Geräte zurückzusetzen. Gleichzeitig versetzt dies den R8C/13 in den Zustand des „Controller in Charge“ (CIC).

Danach passiert erstmal nichts, da definitionsgemäß alle angeschlossenen GPIB-Geräte nur dann sprechen dürfen, wenn sie vorher vom Controller dazu aufgefordert wurden. Um Befehle und Daten an die angeschlossenen GPIB-Geräte zu übertragen, wartet das Programm nun auf eingehende Kommandos von der seriellen Schnittstelle, um sie dann auszuführen.

Dazu ist ein kleines Protokoll implementiert:

<Befehl>[<Geräteadresse>,<,>] [GPIB-String] <CR><LF>

Tabelle 2: Anschluss der Centronics-Buchse an K1 des R8C/13-USB-Boards

Signalname	Portpin Controller	Belegung K1	Belegung 24-pol. Centronics-Buchse
DIO1	P0.1	20	1
DIO2	P0.2	17	2
DIO3	P0.3	18	3
DIO4	P0.4	15	4
EOI	P3.0	11	5
DAV	P1.3	3	6
NRFD	P1.6	4	7
NDAC	P1.7	1	8
IFC	P1.0	8	9
SRQ	P4.5	7	10
ATN	P1.2	6	11
Shield	-	2	12
DIO5	P0.5	16	13
DIO6	P0.6	14	14
DIO7	P0.7	13	15
DIO8	P3.1	12	16
REN	P1.1	5	17
GND	-	2	18-24

Beispiel: R1, *IDN? <CR><LF> stellt den Befehl READ dar. Mit diesem wird der String „*IDN?“ an das GPIB-Gerät mit der Adresse 1 gesendet und die Antwort abgewartet. Der Antwortstring des Gerätes wird über die USB-Schnittstelle an den PC zurückgesendet. In **Tabelle 3** sind die implementierten Befehle aufgeführt. Dabei handelt es sich um sogenannte Universalbefehle, auf die alle angeschlossenen Geräte reagieren. Daneben gibt es sogenannte adressierte Befehle, die nur für die zuvor adressierten Geräte gelten (siehe **Tabelle 4**).

Um ein Gerät (als Listener) zu adressieren, muss vor diesen Befehlen das Kommando „Listen (0x20)“ zusammen mit der („veroderten“) Geräteadresse gesendet werden. Nach dem eigentlichen Kommando muss „Unlisten“ gesendet werden.

Bei allen genannten Kommandos handelt es sich allerdings um „Low-Level“-Befehle. In der Regel benötigt man zur Kommunikation mit den Geräten nur die Kommandos R = Read, W = Write und gegebenenfalls S zur Abfrage der Service-Request-Leitung. Treten bei der Datenübertragung Fehler auf, sendet der R8C/13 „Error X“ an den PC.

X=1 bedeutet, dass das adressierte Gerät nicht vorhanden ist. X=2 meldet eine Timeoutüberschreitung beim Senden bzw. Empfangen von Daten

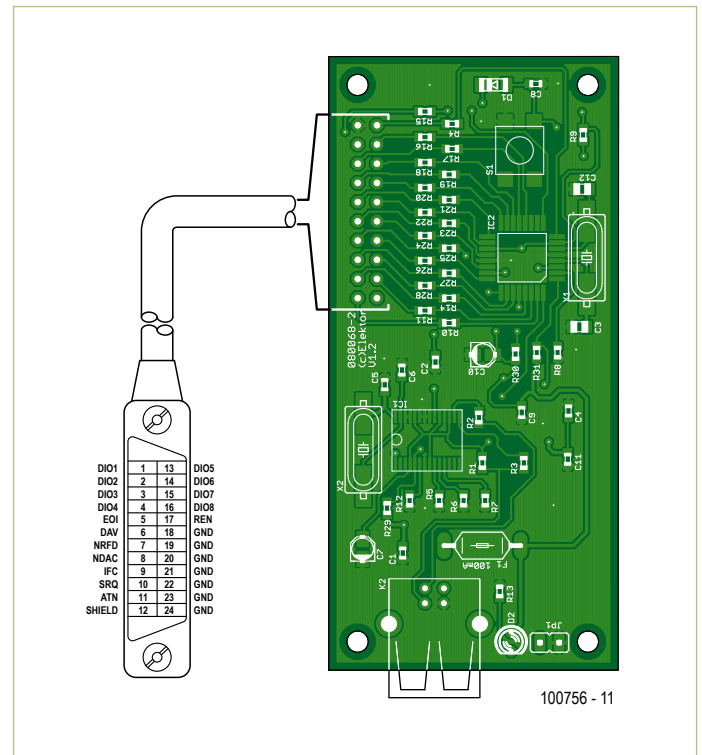


Bild 2. Die Hardware des GPIB/USB-Konverters besteht aus der Verbindung einer 24-poligen Centronics-Buchse mit dem R8C/13-USB-Board.

Programmieren

Der High Performance Embedded Workshop von Renesas erzeugt ein Motorola-Hexfile (GPIB_USB.mot), das mit dem „Flash Development Toolkit 3.4 Basic“ (von [5] oder [6]) ebenfalls über die USB-Schnittstelle geladen werden kann. Dazu muss der Jumper JP1 auf dem Controllerboard gesetzt sein und die Reset-Taste kurz gedrückt werden. Nach dem Programmieren darf man nicht vergessen, den Jumper wieder zu entfernen, und den Reset-Taster noch einmal zu betätigen. Anschließend ist unser GPIB-USB-Konverter auch schon bereit für einen Test in der Praxis.

Anwendung

Als praktische Anwendung des Konverters wird hier ein in VB6 geschriebenes Programm vorgestellt, das die Oszillogramme eines Tektronix-TDS210-Oszilloskops zum PC überträgt. Wenn man die Befehle seines eigenen Oszilloskops kennt, kann man das Programm, das im Software-Download [8] enthalten ist, leicht entsprechend anpassen.

Das Programm wird durch Aufruf von „Setup.Exe“ auf dem PC installiert. Nach der Installation kann es durch Anklicken von GPIB_USB.exe gestartet werden.

Nach dem Starten des Programms öffnet es nacheinander alle ver-

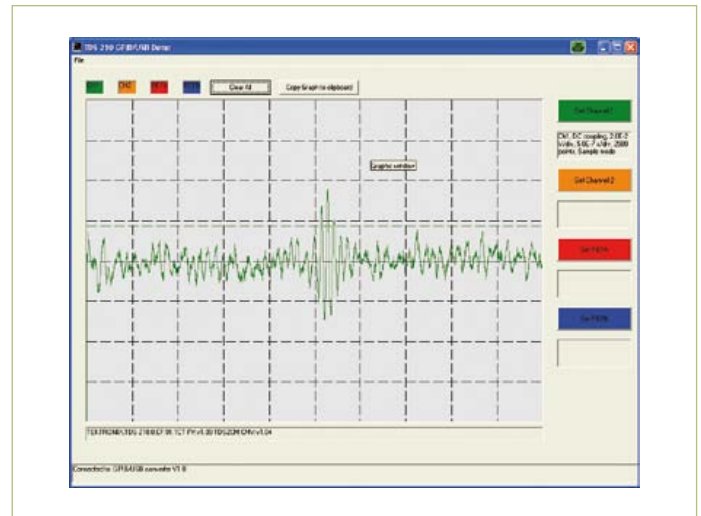


Bild 3. Beispiel eines Oszillogramms, das über den GPIB/USB-Konverter vom Oszilloskop zum PC übertragen wurde.

fügbaren Com-Ports und sendet den Identifikations-Abfragestring des GPIB-USB-Konverters (I<CR><LF>), bis der passende Port gefunden und der Antwortstring empfangen wurde. Unmittelbar danach wird die Abfrage des Identifikationsstrings des Oszilloskops durch Senden des Kommandos „R1,*IDN?<CR><LF>“ durchgeführt. Die Geräteadresse ist dabei durch die globale Konstante „ADDR“ auf 1 festgelegt. Bei anderer Geräteadresse muss dieser Wert geändert werden! Wurde der Antwortstring des Oszilloskops empfangen, ist

Tabelle 3: Verwendbare GPIB-Universalbefehle		
Befehl	Parameter	Bedeutung
C	-	Sendet IFC und setzt damit alle angeschlossenen Geräte zurück
G	GPIB-Kommando	Aktiviert die ATN-Leitung und sendet das als Parameter übergebene Kommando über den GPIB-Bus
I	-	Abfrage des Identifikationsstrings des USB-Konverters Antwort: GPIB/USB converter V1.0
R	Geräteadresse, String an das adressierte Gerät	Der im Parameter übergebene String wird an das ebenfalls im Parameter adressierte Gerät gesendet, der Antwortstring des Gerätes wird zurückgesendet
S	-	Abfrage der SRQ (Service Request)-Leitung Antwort 0: Kein Gerät benötigt eine Serviceabfrage 1: Es wird eine Serviceabfrage benötigt
T	Timeoutzeit in us	Verändern der Timeoutzeit beim Senden und Empfangen von Daten am GPIB-Bus. Default = 200000[us] = 200ms
W	Geräteadresse, String	Der im Parameter übergebene String wird an das ebenfalls im Parameter adressierte Gerät gesendet, es wird keine Antwort erwartet
LLO	0x11	Local Lockout: Lokale Bedienung aller angeschlossenen Geräte unterbinden
DCL	0x14	Device Clear: Alle Geräte am GPIB-Bus zurücksetzen
PPU	0x15	Parallel Poll Unconfigure: Disablen der Funktion „Parallel Poll“
SPE	0x18	Serial Poll Enable: Nach einem Service-Request die serielle Abfrage der Geräte einleiten
SPD	0x19	Serial Poll Disable: Sperren der seriellen Abfrage
UNL	0x3F	Unlisten: Alle Geräte vom Zuhören befreien
UNT	0x5F	Untalk: Das sprechende Gerät zum Schweigen auffordern

Tabelle 4: Adressierte GPIB-Befehle		
Befehl	Wert in Hex	Bedeutung
GTL	0x01	Goto Local: Die adressierten Geräte auf lokale Bedienung schalten
SDC	0x04	Selected Device Clear: Die zuvor adressierten Geräte zurücksetzen
PPC	0x05	Parallel Poll Configure: Parallelabfrage für die zuvor adressierten Geräte durchführen
GET	0x08	Group Execute Trigger: Ein bestimmtes Ereignis an den zuvor adressierten Geräten simultan ausführen
TCT	0x09	Take Control: Das Steuerkommando an ein anderes Gerät übergeben

das Programm zur Übertragung von Kurven und zur Anzeige auf dem PC-Bildschirm bereit. **Bild 3** zeigt als Beispiel die Übertragung von Kanal 1 des Oszilloskops.

Es können die Kurven von CH1, CH2, REFA und REFB übertragen werden. Die gestrichelte Linie stellt dabei den Y-Offset dar. Y-Offset, Y-DIV und X-DIV werden dabei aus den Kurvendaten extrahiert. Diese wiederum werden im ASCII-Format von -128 bis +127 übertragen, wobei der sichtbare Bereich von -100 bis +100 reicht. Mit der Taste „Clear All“ können die Kurven gelöscht werden, mit der Taste „Copy to Clipboard“ werden die Kurvendaten in die Zwischenablage zur weiteren Verarbeitung, zum Beispiel in Word kopiert.

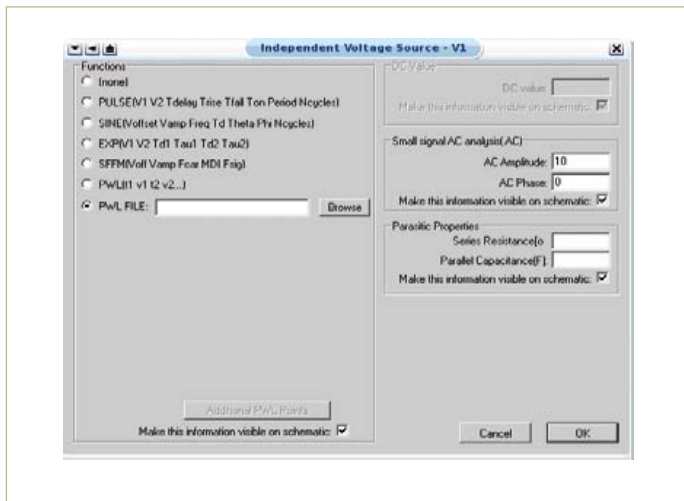


Bild 4. In das Simulationsprogramm LT-Spice lassen sich Signale, die mit dem Oszilloskop gemessen wurden, als .pwl-Dateien importieren.

Unter dem Menüpunkt „File → Export csv“ oder „Export pwl“ können die Kurvendaten entweder nach Excel exportiert oder als „.pwl“-File abgespeichert werden. Das „.pwl“ steht für „Piece Wise Linear Function“, und bei einem solchen File handelt es sich um eine Kurvendatei, die in das Simulationsprogramm LTSpice eingebunden werden kann. In einem Beitrag [9] in Elektor September 2010 konnte man sich einen Einblick in dieses Simulationsprogramm verschaffen.

Ein Feature dieses Programms besteht darin, dass man nicht nur zwischen Signalquellen mit vordefinierten Kurvenformen (Sinus, Rechteck, Dreieck...) auswählen kann, sondern auch die Möglichkeit hat, externe Signalverläufe in Form eines „.pwl“-Files zu importieren (siehe **Bild 4**). Im Beispiel in **Bild 5** wird das verrauschte Signal, das in Bild 3 vom Oszilloskop zum PC übertragen wurde, als .pwl.-File in das Simulationsprogramm importiert eingebunden und über einen einfachen Tiefpass (RC-Kombination) übertragen. Das Ergebnis der simulierten Filterung des aus der realen Welt übernommenen Signals ist in Bild 5 unten zu sehen: Die blaue Kurve stellt das Eingangssignal (aus dem „.pwl“-File) dar, die grüne Kurve das durch den Tiefpass geglättete Signal.

(100756)

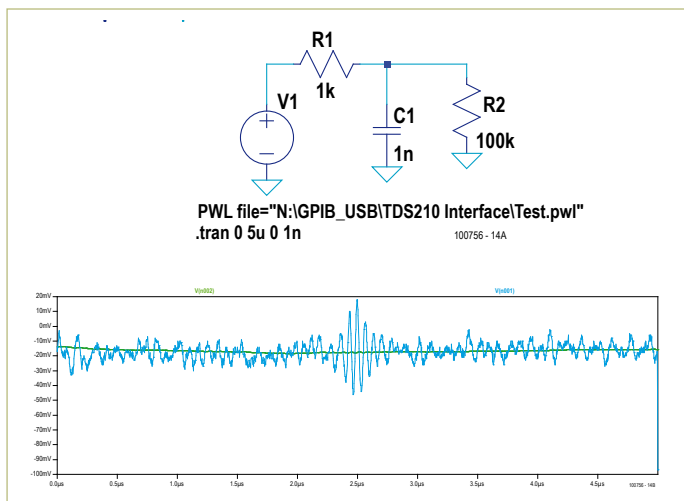


Bild 5. Beispiel für die Verwendung eines real gemessenen Signals in einer LT-Spice-Simulation.

Links

- [1] <http://de.wikipedia.org/wiki/IEC-625-Bus>
- [2] www.elektor.de/080068
- [3] www.elektor.de/r8cstart
- [4] www.elektor.de/050179-3
- [5] www.elektor.de/050179-2
- [6] www.blafusel.de/files/r8c
- [7] www.elektor.de/r8c
- [8] www.elektor.de/100756
- [9] www.elektor.de/081006

NEU!

JETZT STECKT NOCH MEHR DAHINTER.



Das komplette Elektor PLUS-Abo!

- Alle 11 Ausgaben inkl. Doppelheft Juli/August
- Im PLUS-Abo inbegriffen: Jahrgangs-DVD 2011
- **20%** Preisvorteil gegenüber dem Einzelkauf
- Bis zu **40% Rabatt** auf spezielle Elektor-Produkte
- Top-Wunschprämie im Wert von bis zu 30 €
- Jedes Heft pünktlich und zuverlässig frei Haus
- Lesen Sie jede Elektor-Ausgabe vor allen anderen
- **NEU:** Exklusiver Online-Zugriff auf die aktuellsten 3 Elektor-Ausgaben als E-Paper + jahrgangsübergreifende Elektor-Artikel-Volltextsuche

NEU: Jetzt mit persönlichem Zugang zur neuen Service-Website!

Ab sofort haben Sie beim Abschluss eines PLUS-Abonnements **exklusiven Zugang** zur neuen Service-Website www.elektor-plus.de. Hier stehen Ihnen stets 3 Elektor-Hefte (jeweils das aktuelle und die letzten beiden Hefte) zum **Gratis-PDF-Download** als druckfähiges E-Paper zur Verfügung. Somit erhalten Sie im ersten Abojahr **11 Print-Ausgaben** + völlig gratis direkt zu Beginn die letzten **2 Online-Ausgaben** dazu! Auf www.elektor-plus.de finden Sie außerdem die umfassendste Elektor-Artikel-Volltextsuche des Webs. Extra-Artikel und gratis E-Books sind weitere neue **PLUS-Features**.

www.elektor.de/abo • Tel. +49 (0)241 88 909-0

Oder verwenden Sie für Ihre Abobestellung die portofreie Bestellkarte am Heftende.

elektor

Die fünf Gebote...

...bei der Auswahl eines DSOs



Von Andreas Grimm (D)

Der Markt der Oszilloskope ist in den letzten Jahren nicht gerade übersichtlicher geworden. Viele neue und innovative Funktionen sind hinzugekommen, das Anwendungsspektrum für DSOs wurde breiter, dazu wuchs die Zahl der Anbieter. Bei einem Gerät, das für viele Jahre im Zentrum des Laboralltags stehen wird, sollte jede Entscheidung wohlüberlegt sein. Wir zeigen, worauf man achten sollte.

Sicherlich sind fast jedem Elektor-Leser wichtige Auswahlkriterien wie Bandbreite und Abtastrate bekannt. Es gibt aber eine Reihe weiterer Faktoren, die bei der Beurteilung von Oszilloskopen eine entscheidende Rolle spielen. Diese werden im Folgenden näher betrachtet, so dass jeder vor dem Kauf die richtigen Schwerpunkte setzen kann – abgestimmt auf die eigenen Bedürfnisse.

1. Eckdaten

Die nötige Bandbreite und Abtastrate werden durch die schnellsten Signale bestimmt, die untersucht werden müssen. Da heute digitale Signale eine immer wichtigere Rolle spielen, kommt auch der Anstiegszeit eine zunehmende Bedeutung zu.

In unserem praxisnahen Beispiel wird ein Prozessor mit einem Takt von 8 MHz betrieben. Die typische Anstiegszeit beträgt hier 10 ns. Die Eigenanstiegszeit des Oszilloskops sollte auf jeden Fall kleiner als die Signalanstiegszeit sein; ein praktischer Richtwert liegt bei etwa 30 %. Bei einem Signal mit 10 ns Anstiegszeit ist somit eine Eigenanstiegszeit T_r von 3 ns ein guter Wert. Aus der in erster Näherung gültigen Formel $B = 0,3/T_r$ berechnet sich in diesem Beispiel der Bedarf für ein Oszilloskop mit 100 MHz Bandbreite. **Bild 1** zeigt den Einfluss der Eigenanstiegszeit eines 100-MHz-Oszilloskops auf die Messung eines Signales mit 10 ns Anstiegszeit. Nachdem die erforderliche Bandbreite bestimmt ist, steht die notwendige Abtastrate im Fokus. Diese kann man mit der gebräuchlichen Formel $SR = 8 \dots 10 \times B$ bestimmen, wobei B die

analoge Bandbreite des Oszilloskops ist. Bei einem 100-MHz-Gerät ergibt sich eine Abtastrate von 1 GSamples. Nun werden die Grundwelle und eine ausreichende Anzahl Oberwellen des zu betrachtenden Rechtecksignals erfasst - eine auch aus Sicht der Signaltheorie schlüssige Forderung.

Warum sind nun viele Elektroniker, die ihr Oszilloskop nach diesen Kriterien auswählen, nach dem Kauf dennoch unzufrieden? Das kommt daher, dass bisher nur eine Grenzwertbetrachtung durchgeführt und außer Acht gelassen wurde, dass man nicht nur eine schnelle Flanke analysieren muss, sondern komplexe Signalverläufe (die viele dieser schnellen Flanken beinhalten). Hier kommt der dritte wichtige Parameter eines Digitalspeicheroszilloskops ins Spiel: Die Speichertiefe. Eine einfache Formel hilft, den notwendigen Wert zu bestimmen. Der Speicher ergibt sich aus dem Produkt der Abtastrate und dem zu beobachtenden Zeitfenster.

Die Dauer dieses Zeitfensters wiederum wird durch die Art der aufzunehmenden Signale bestimmt. Wenn man die Regelung eines Schaltnetztes analysieren möchte, müssen Hunderte der Gate-Ansteuerpulse aufgenommen werden. Hier sind Zeitfenster im Millisekundenbereich notwendig.

Sollen zusätzlich Effekte mit Bezug zur Netzfrequenz aufgezeichnet werden, sind Zeiten von 100 Millisekunden typisch, um mehrere ganze Perioden sehen zu können.

Wenn man eine Schaltung mit einem Mikroprozessor analysieren möchte, muss man in der Regel Datentransfers beobachten, die mehrere Speicherzyklen umfassen. Hier liegen die typischen Zeiten im Sub-Mikrosekundenbereich, für mehrere Zyklen entsprechend im Millisekundenbereich. Kurzum: Eine Aufzeichnungsdauer von 1 ms...100 ms ist ein guter praxisgerechter Richtwert.

Nimmt man die Eckdaten des obigen Beispiels (8 MHz Prozessortakt, $T_r = 10 \text{ ns}$, $SR = 1 \text{ GSamples/s}$) und geht davon aus, dass ein Zeitfenster von 1 ms aufzunehmen ist, so ergibt sich:

Speicher = $1 \text{ GSamples/s} * 1 \text{ ms} = 1 \text{ MPkte}$, also eine Million Speicherpunkte (siehe Bild 2).

Im Umkehrschluss kann bei einer festgelegten Aufzeichnungsdauer (1 ms) und einer gegebenen Speichertiefe mit obiger Formel die resultierende Abtastrate ermittelt werden. Diese sinkt dramatisch mit abnehmender Speichertiefe, wie man aus der nachfolgenden Tabelle ablesen kann:

Zeitfenster	Speichertiefe	resultierende Abtastrate
1 ms	2M Punkte	2 GSamples/s
1 ms	100k Punkte	0,1 GSamples/s = 100 MSamples/s
1 ms	10k Punkte	0,01 GSamples/s = 10 MSamples/s
1 ms	2,5k Punkte	0,004 GSamples/s = 4 MSamples/s

Hier erkennt man deutlich, dass die Speichertiefe ein sehr wichtiges - wenn auch oft unterschätztes - Kriterium ist!

2. Messeigenschaften

Die Einsatzmöglichkeiten eines Oszilloskops werden außerdem von den Eigenschaften der analogen Eingangsverstärker und dem Triggerverhalten bestimmt. Der Analogpfad sollte dabei so empfindlich und rauscharm wie möglich sein. Die beste am Markt verfügbare Eingangsempfindlichkeit liegt bei 1 mV/DIV, dies ist aber keinesfalls Standard. Um die sich daraus ergebenden Vorteile nutzen zu können, muss das Eigenrauschen entsprechend gering sein: Selbst bei der empfindlichsten Verstärkerstellung muss es deutlich kleiner als ein Viertel eines Skalenteils ausfallen. Nur mit diesen Eigenschaften lassen sich zum Beispiel Ripplemessungen (kleine Spannungen überlagern größere Signale) sinnvoll durchführen. Die Triggerempfindlichkeit spielt ebenfalls eine große Rolle, denn diese soll im obigen Beispiel die Synchronisation auf den interessierenden Ripple ermöglichen. Dazu muss die Triggerempfindlichkeit deutlich besser als ein Skalenteil sein.

Insbesondere bei der Entwicklung von Leistungselektronik sind weitergehende mathematische Signalanalysen notwendig. Oftmals sollen dabei die hochfrequenten Störanteile mittels Tiefpassfilterung

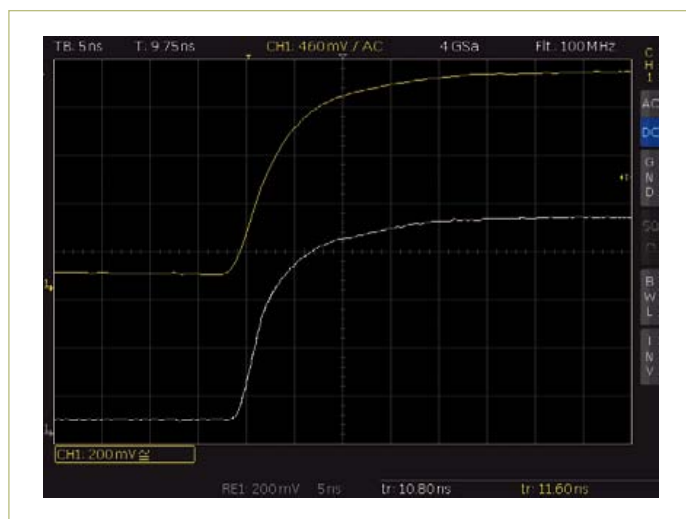


Bild 1. Einfluss der Eigenanstiegszeit eines 100-MHz-Oszilloskops auf die Messung eines Signales mit 10 ns Anstiegszeit (weiß), die gelbe Kurve ist das resultierende Signal.

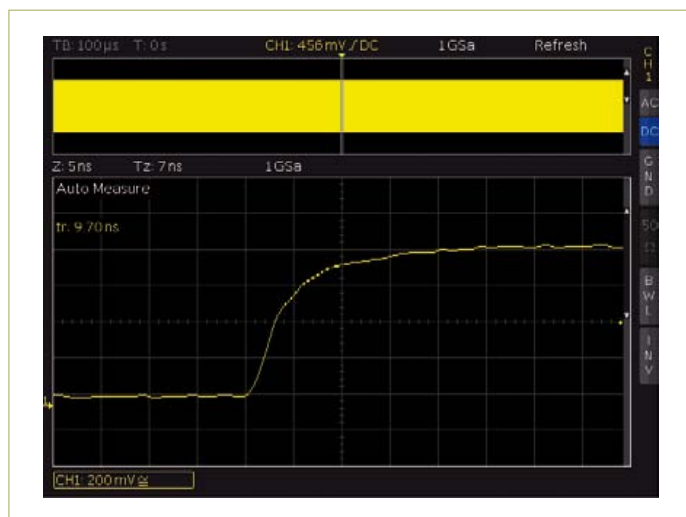


Bild 2. Mit einer Million Punkten Erfassungsspeicher lassen sich auch bei einer Aufnahmedauer von 1 ms noch sehr schnelle Signaländerungen (<10 ns) sauber auflösen.

eliminiert werden. Um anschließend eine Energiebetrachtung durchzuführen, muss das Oszilloskop den Stromkanal mit dem Spannungskanal multiplizieren und das Ergebnis anschließend integrieren können. Diese „verkettete Mathematik“ ist oft nur optional und üblicherweise erst im Preissegment über 6.000 € erhältlich.

Zum Standardleistungsumfang eines Oszilloskops gehören die Cursormessfunktionen. Hier ist es hilfreich, wenn die Cursoren auch dem Signalverlauf folgen können und gleichzeitig Zeiten und Spannungen anzeigen, um das ständige Hin- und Herschalten zwischen Amplituden- und Zeitscursoren zu vermeiden. Neben den Cursoren sind automatisierte Parametermessungen sehr nützlich, um zum Beispiel automatisch die Pulsbreite oder ein Überschwingen zu bestimmen. Der Vorteil der Parametermessungen gegenüber

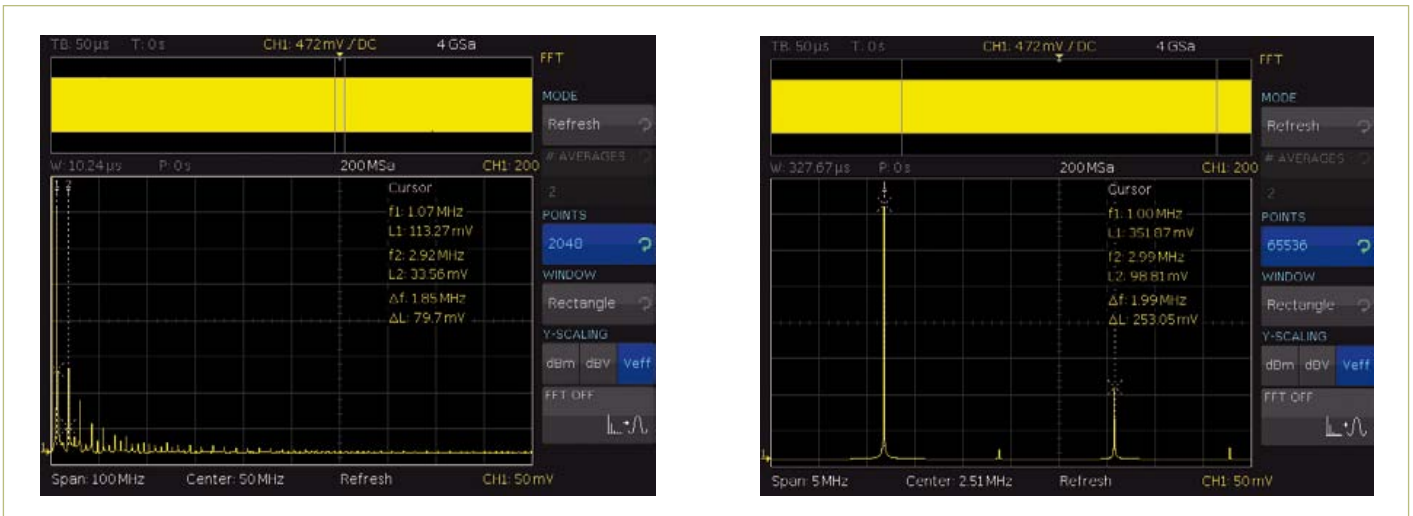


Bild 3. Eine FFT ist nur dann ein Gewinn, wenn eine ausreichende Anzahl von Punkten für die Berechnung verwendet wird (links 2048 Punkte, rechts 65536 Punkte).

Cursormessungen ist, dass sie nur einmal eingeschaltet werden müssen und reproduzierbare Ergebnisse liefern.

Zur Überwachung von Signalformen bietet sich ein Pass-Fail-Test an, der auf einer Maske basiert. Dabei wird um ein Referenzsignal ein Toleranzschlauch gelegt; bei Verletzung muss eine entsprechende Aktion wie Anhalten der Erfassung, Ausgabe eines Signales oder ein Bildschirmausdruck erfolgen können.

Mittlerweile verfügen auch fast alle preiswerten Oszilloskope über eine FFT-Funktion, um zum Beispiel Störer im Frequenzbereich darstellen zu können. In der Praxis jedoch ist diese Funktion oftmals wenig hilfreich, da für die FFT eine unzureichende Anzahl an Punkten herangezogen wird. Die Anzahl der zur Berechnung verwendeten Punkte (zusammen mit der Größe des betrachteten Zeitabschnittes) bestimmt die Auflösung in der FFT. So sind zum Beispiel mit 1.000 Punkten keine aussagekräftigen Ergebnisse zu erzielen. Sinnvolle Resultate werden mit 32.000 oder mehr Punkten möglich (siehe **Bild 3**).

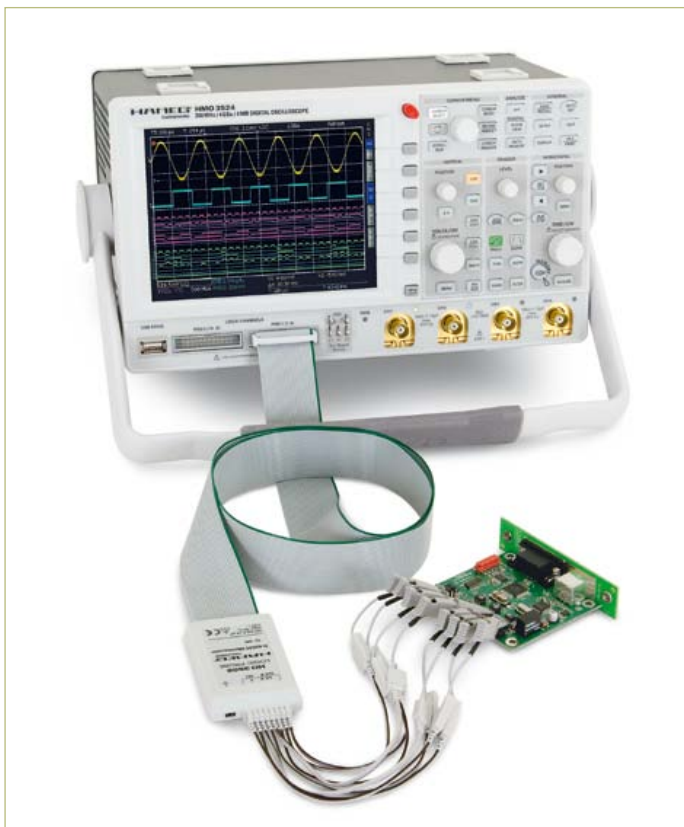


Bild 4. Mixed-Signal-Oszilloskop.

3. Komfort-Eigenschaften

Neben den „harten“ Fakten stehen auch immer häufiger Eigenschaften im Mittelpunkt, die mit dem eigentlichen Messen nicht im direkten Zusammenhang stehen. Dazu zählen zunächst die Displaygröße und -auflösung. Während Farb-TFTs und Diagonalen von mehr als 6 Zoll heute zum Standard gehören, mangelt es häufig an der Auflösung. Ein VGA-Display (640 x 480 Pixel) mit praxistauglichem horizontalem und vertikalem Ablesewinkel sowie einem hohem Kontrast sollte das Minimum darstellen. QVGA-Displays (320 x 240 Pixel) enttäuschen insbesondere dann, wenn ein MSO (Mixed-Signal-Oszilloskop) mit bis zu 20 Kanälen in Betracht gezogen wird. Der Anschluss eines externen Bildschirms oder Beamer's kann ein wichtiges Kriterium sein.

Die beanspruchte Fläche auf dem Labortisch wird durch stapelbare Systeme und/oder eine geringe Gehäusetiefe erheblich verringert. Neben dem Platzbedarf sollte auch auf die Lüfterlautstärke geachtet werden, denn typischerweise läuft ein Oszilloskop ja den Tag über im Dauerbetrieb.

4. Zukunftsfähigkeit

Der seit mehreren Jahren festzustellende Trend hin zu Embedded Systemen ist ungebrochen; somit steigt die Nachfrage nach einer zeitsynchronen Analyse von analogen und digitalen Signalen. Während der Speicher häufig über einen parallelen Bus mit dem Prozessor verbunden ist, sind Peripheriekomponenten wie FPGAs, Sensoren oder Displays oft über einen seriellen Bus wie UART, I2C oder SPI angebunden. Beim Entwickeln solcher Schaltungen ist ein

Oszilloskop nützlich, das sowohl parallele Daten aufzeichnen als auch serielle Daten triggern und decodieren kann (**Bild 4**).

Zukunftsfähig ist es, wenn das Oszilloskop auf MSO-Betrieb oder die Decodierung serieller Protokolle nachzurüsten ist. Wenn niedrige Beschaffungskosten im Vordergrund stehen, muss man bei der Auswahl berücksichtigen, ob das Triggern und Decodieren von seriellen Protokollen nicht auch schon mit den beiden Analogkanälen und dem externen Triggereingang eines Zweikanalgerätes zu bewerkstelligen ist.

Zunehmend ist eine Dokumentation von Messergebnissen erforderlich. Daher sollte das Gerät über entsprechende Schnittstellen verfügen; mindestens der Anschluss eines USB-Sticks sowie eines Rechners über USB muss möglich sein. In einigen automatisierten Messumgebungen sind nach wie vor GPIB oder zunehmend auch Ethernetverbindungen zu einem Steuerrechner gefragt. Dann sollten sich die Schnittstellen zumindest nachrüsten lassen. Zum Thema der Investitionssicherheit gehört natürlich auch der Service und Support. Dieser sollte einfach, schnell und kostengünstig sein und vor allem auch noch nach fünf oder mehr Jahren bestehen.

5. Preis-Leistungs-Verhältnis

An all dem sieht man, dass man bei der Auswahl eines Oszilloskops nicht nur auf die wichtigsten Daten und den Kaufpreis, sondern auch auf viele weitere Faktoren achten sollte. In der folgenden Aufzählung sind die wichtigsten Kriterien als Checkliste aufgeführt:

- Bandbreite (Anstiegszeit), Empfindlichkeit, Rauschen der Eingangskanäle
- Abtastrate, Speichertiefe
- Triggerarten und -empfindlichkeit
- Displaygröße, -auflösung und -ablesewinkel, externer Monitor
- Funktionen wie Cursor- und Parametermessungen, mathematische „Kanäle“
- Pass-Fail-Test
- Mixed-Signal-Option (gegebenenfalls auch nachrüstbar)
- Triggern und Decodierung serieller Protokolle (gegebenenfalls auch nachrüstbar)
- Schnittstellen wie USB, LAN, GPIB (gegebenenfalls auch optional)
- Service und Support auch noch viele Jahre nach der Anschaffung

Die meisten dieser Parameter kann man aus dem jeweiligen Datenblatt oder einem Handbuch ermitteln, Eigenschaften wie die Lüfterlautstärke oder der Ablesewinkel des Displays lassen sich häufig beim Händler erfragen. Eventuell ist auch der Test eines Gerätes vor dem Kauf möglich.

(100896)

Andreas Grimm ist Leiter Produktmanagement bei der HAMEG Instruments GmbH (www.hameg.com).

Event-Kalender

Workshops • Seminare • Masterclasses



Top-Fachleute aus der Branche referieren über ein faszinierendes Thema!



Eagle PCB und Design

Hamburg	29.03.2011
Zürich (CH)	29.06.2011
Hannover	29.09.2011
Hanau	06.10.2011

www.elektor.de/eagle-seminar

PIC-Mikrocontroller-Programmierung in C

München	11.05. + 12.05.2011
---------	---------------------

www.elektor.de/pic-prog

Grafische AVR-Programmierung mit Flowcode

München	20.05.2011
Hamburg	22.09.2011
Berlin	27.09.2011

www.elektor.de/avr-prog

AVR-Mikrocontroller (für Einsteiger)

Dortmund	09.04.2011
München	21.05.2011
Hanau	24.09.2011
Hamburg	05.11.2011
Hannover	03.12.2011

www.elektor.de/avr-workshop

Echtzeitbetriebssysteme in Theorie und Praxis

Seligenstadt	23.05. bis 25.05.2011
Hamburg	02.11. bis 04.11.2011
München	06.12. bis 08.12.2011

www.elektor.de/ezb-systeme

C-Programmierung für Mikrocontroller

Hanau	13.09. bis 15.09.2011
-------	-----------------------

www.elektor.de/c-prog



Änderungen vorbehalten.

Weitere Infos unter

www.elektor.de/events

Gitarre für Multi-Effektgerät

Vorverstärker nach Ibanez TS9



Von Thijs Beckers (Redaktion NL/Elektor-Labor)

Im September 2010 haben wir unser Projekt „Digitales Multi-Effektgerät“ vorgestellt. Die Eingänge des Multi-Effektgeräts sind für Signale mit Line-Pegel ausgelegt. Auf Line-Pegel-Niveau liegen beispielsweise die Ausgangssignale von Keyboards und Mischpulten. Der hier beschriebene einfache und effiziente Vorverstärker passt Gitarrensingale an die Eingänge des Multi-Effektgeräts an.

Das „Digitale Multi-Effektgerät“ [1] vom September letzten Jahres erzeugt Effekte, die auch die Klänge elektrischer Gitarren bereichern können. Für den direkten Anschluss einer Gitarre sind die Line-Eingänge jedoch zu unempfindlich. Aus diesem Grund haben

wir einen Vorverstärker entworfen, der nicht nur einen hochohmigen Eingang besitzt, sondern auch einen für Gitarrenklänge viel verwendeten Effekt produzieren kann. Gemeint ist das Verzerrern des Gitarrensingals, auch „Distortion“ genannt.

Schaltung

Beim Entwurf dieses einfachen Vorverstärkers haben wir uns an das populäre Overdrive-Pedal „TS9 Tube Screamer“ von Ibanez angelehnt. Unser Vorverstärker kann als eine schlanke Version des TS9 betrach-

Eigenschaften

- Einfacher Aufbau
- Betrieb an 9-V-Batterie oder Steckernetzteil
- Soundcharakter leicht anpassbar
- Bypass-Schalter für Verzerrer
- Potis für Drive, Tone und Level

tet werden, der charakteristische Sound ist jedoch auch hier vorhanden.

In der Schaltung (Bild 1) bestimmt hauptsächlich Widerstand R1 die Eingangsimpedanz, der Eingangswiderstand des Opamp beträgt mehrere Megaohm. Koppelkondensator C1 verhindert, dass die Offsetspannung zur Gitarre gelangt. Die Offsetspannung liegt über R1 am nicht invertierenden Eingang von IC1A. Die Eckfrequenz des Hochpasses, den C1 und R1 bilden, beträgt ungefähr 7 Hz. Wenn ausschließlich Gitarrensikale zu verstärken sind, kann die Kapazität von C1 sogar um den Faktor 10 niedriger gewählt werden.

IC1A arbeitet gleichzeitig als Puffer und als Drive-Verstärker. Zusammen mit den antiparallelen Dioden D1 und D2 ist IC1A weitgehend für den Sound des Verzerrungseffekts verantwortlich. Das Maß der Verformung (Gain) hängt von R2 und dem mit JP3 verbundenen Potentiometer ab. Hier gilt: Hohe Widerstandswerte im Rückkopplungsweig von IC1A haben starke Verzerrungen zur Folge.

An JP7 kann ein Schalter angeschlossen werden, mit dem sich der Verzerrungseffekt (ähnlich wie bei einem Gitarren-Effektpedal) deaktivieren lässt. Der Schalter überbrückt das Potentiometer, so dass die Verstärkung ausschließlich von R2 abhängt. Durch Anpassen des Werts von R2 lässt sich die Lautstärke des unverzerrten Klangs an den des verzerrten Klangs angleichen. Der richtige Wert für R2 hängt von mehreren Faktoren ab, wir haben ihn auf 10 k festgelegt. Der Bypass-Schalter deaktiviert lediglich den Verzerrungseffekt, auf die Tone-Steuerung hat er keinen Einfluss. Ein echter Bypass ist hier nicht vorhanden.

Über ein einfaches Klangfilter, das die höherfrequenten Signalanteile beeinflusst, gelangt das Signal zum Ausgangspuffer IC1B. Das Potentiometer für die Klangeinstellung (Tone) wird mit JP4 verbunden. Dieses Potentiometer muss eigentlich eine

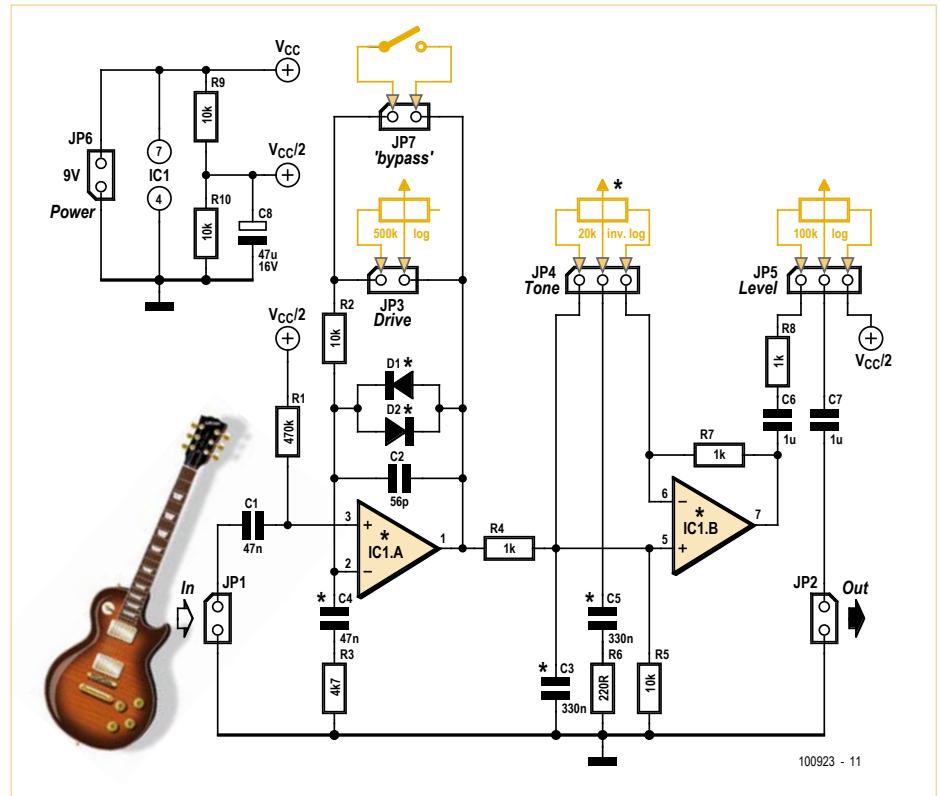


Bild 1. Die Schaltung lehnt sich an den „TS9 Tube Screamer“ von Ibanez an.

umgekehrt logarithmische Charakteristik haben, doch leider ist diese Variante schwer beschaffbar. Ein gewöhnliches, vertauscht angeschlossenes logarithmisches Potentiometer erfüllt im Prinzip den gleichen Zweck. Die höherfrequenten Signalanteile werden jedoch am stärksten angehoben, wenn dieses Potentiometer auf Linksanschlag steht. Am Ausgang der Pufferstufe IC1B liegt eine einfache Lautstärkeeinstellung, das zugehörige Potentiometer wird an JP5 angeschlossen. Hier genügt eine gängige, positiv logarithmische Ausführung mit 100 k Ω . Die Ausgangsimpedanz unseres Vorverstärkers liegt zwar relativ hoch, der Anschluss

an das Multi-Effektgerät ist jedoch unproblematisch, solange die Kabelverbindung kurz bleibt.

Stromversorgung

Die Betriebsspannung der Schaltung beträgt 9 V, sie muss stabilisiert sein. Wenn ein stabilisiertes Netzteil die 9-V-Spannung liefert, kann auch das Multi-Effektgerät (Haupt- und Display-Platine) von diesem Netzteil versorgt werden. Die Stromaufnahme ist minimal, so dass ein stabilisiertes Standard-Netzteil genügt.

Die Widerstände R9 und R10 leiten aus der unsymmetrischen Betriebsspannung eine

Elektor-Produkte und Service

- Platine EPS 100923-1
- Platinenlayout 100923-1.pdf (Gratis-Download)
- Eagle-Dateien der Platine (Gratis-Download)
- Projektseite mit allen Downloads: www.elektor.de/100923
- Projektseite „Digitales Multi-Effektgerät“: www.elektor.de/090835
- Demo-Filmclip: www.youtube.com/user/ElektorIM

Stückliste

Widerstände:

R1 = 470 k
 R2,R5,R9,R10 = 10 k
 R3 = 4k7
 R4,R7,R8 = 1 k
 R6 = 220 Ω

Kondensatoren:

C1,C4 = 47 n
 C2 = 56 p
 C3,C5 = 330 n*
 C6,C7 = 1 μ
 C8 = 47 μ / 16 V

Halbleiter:

D1,D2 = * (z.B. 1N4148)
 IC1 = * (z.B. OPA2134)

Außerdem:

JP1...JP3,JP6,JP7 = Stiftleiste 2-polig, RM 2,54 mm
 JP4,JP5 = Stiftleiste 3-polig, RM 2,54 mm
 IC-Fassung 8-polig für den Opamp*
 Buchsenleiste 2 · 2 Kontakte für die Dioden*
 Buchsenleiste 1 · 2 Kontakte für das Drive-Poti

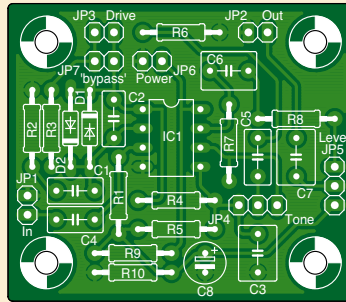


Bild 2. Die einseitige Platine hat ein kompaktes Format.

Buchsenleiste 2 · 3 Kontakte für das Tone- und das Level-Poti
 Potis: 500 k log (Drive), 20 k invers log (Tone)*, 100 k log (Level)
 2 bis 3 Klinkenbuchsen
 Anschlusskabel für die Potis
 Platine 100923-1, siehe [2]
 * siehe Text

symmetrische Spannung ab, die Masse hat das Potential $V_{CC}/2$. Wegen der über R1 zugeführten Offsetspannung liegt das Gitarrensicht durchgängig auf $V_{CC}/2$. Kondensator C7 vor dem Ausgang blockiert die Offsetspannung, so dass das Ausgangssignal gleichspannungsfrei ist.

Modifikationen

Vermutlich hat jeder Gitarrist bestimmte Vorlieben für den erzeugten Sound. Dem kommt entgegen, dass der Sound dieses Vorverstärkers stark modifizierbar ist. R3 und C4 bilden einen Hochpass, so dass Signalanteile mit niedrigen Frequenzen den Opamp IC1A weniger übersteuern als die übrigen Signalanteile. Die Eckfrequenz des Hochpasses liegt bei 720 Hz. Höhere Kapazitäten für C4 haben zur Folge, dass die niedrigen Signalanteile angehoben werden, bei niedrigeren Kapazitäten für C4 ist der Sound etwas weniger kraftvoll. Wenn der Wert von R3 herabgesetzt wird, hat der Klang etwas mehr „Drive“.

Den stärksten Einfluss auf den Sound haben die Dioden D1 und D2. Unser Prototyp war zuerst mit zwei Dioden 1N4148 bestückt,

der Sound war absolut akzeptabel. Mit dem Typ 1N4007 hatten wir den Eindruck, dass die Gitarrensicht etwas „größer“ klingen. Germanium-Dioden wie 1N34 sind eine geeignete Wahl, wenn der Sound etwas weicher klingen soll. Lohnend erscheinen uns auch Experimente mit dem Dioden-Typ 1N914. Kombinationen unterschiedlicher Typen sind ebenfalls möglich, hier hilft nur Ausprobieren und Improvisieren. Auf jeden Fall ist es sinnvoll, die Dioden nicht auf die Platine zu löten, sondern in Fassungen einzustecken.

Etwas geringeren Einfluss auf den Sound hat die Wahl des Opamp-Typs, trotzdem sind Unterschiede deutlich hörbar. Was gut oder weniger gut klingt, hängt natürlich vom subjektiven Geschmack ab. Der von uns bevorzugte OPA2134 liefert einen etwas „geschmeidigeren“ Sound als beispielsweise der TL072, der etwas „größer“ klingt. Andere Opamps, die auch in den Pedalen Ibanez TS9 Verwendung finden und in unseren Vorverstärker passen, sind die Typen LM358, LM833, LT1124, OP227 und JRC4558D. Jeder Typ hat auf den Sound eine

individuelle Wirkung. Das Herausfinden des Typs, der den eigenen Sound-Vorstellungen entspricht, ist nur durch Ausprobieren möglich.

Schließlich kann auch noch mit der Tone-Einstellung experimentiert werden. R4 und C3 bilden einen Tiefpass, mit den angegebenen Werten liegt die Eckfrequenz bei ungefähr 480 Hz. Durch Variieren der Kapazität von C3 zwischen 100 nF und 470 nF lässt sich der Sound ebenfalls beeinflussen. Für C5 gilt das Gleiche wie für C3: Bei niedrigen Kapazitäten werden die Höhen mehr betont, bei hohen Kapazitäten klingen die Tiefen stärker durch.

Aufbau

Die Schaltung wird mit Standard-Bauelementen aufgebaut, SMDs sind nicht vorhanden. Der Bestückungsplan für die Platine ist in Bild 2 wiedergegeben. Die Montage beginnt in bewährter Weise mit den niedrigen Bauelementen, danach folgen die höheren Komponenten. Wenn ein Stück weicher Schaumstoff gegen die Bauelemente gedrückt wird, können sie beim Löten nicht herausfallen.

Damit der Opamp leicht ausgewechselt werden kann, wird auf der Platine eine Fassung montiert. Dem Experimentieren mit unterschiedlichen Typen steht dann nichts im Weg. Aus dem gleichen Grund werden auch die Dioden in Fassungen eingesteckt. Zwei abgetrennte Pins einer IC-Fassung sind eine praktikable Lösung. Die Potentiometer werden auf der Platine über Steckverbinder angeschlossen, sie können beispielsweise an der Frontseite eines Gehäuses montiert werden. Für den Bypass-Schalter ist eine Mono-Klinkenbuchse vorgesehen, in die der Stecker eines einfachen Fußschalters aus dem Musikelektronik-Handel passt.

Das Platinenlayout kann von der Elektor-Website [2] heruntergeladen werden, die zugehörigen Eagle-Dateien (Eagle Version 5.6) sind dort ebenfalls eingestellt.

(100923)gd

Weblinks

- [1] www.elektor.de/090835
- [2] www.elektor.de/100923
- [3] www.youtube.com/user/ElektorIM

Workshop

AVR-Mikrocontroller in der Praxis



➔ AVR für Einsteiger

Wie bei allem, was man tut, gibt es auch bei der Schaltungsentwicklung und Mikrocontroller-Programmierung irgendwann ein erstes Mal. Und wie bei jedem "Ersten Mal" gilt es Unsicherheiten und Hürden zu überwinden, bevor sich der Erfolg einstellen kann. Gehören Sie zu denjenigen, die gerne eigene Ideen mithilfe von Mikrocontrollern umsetzen würden, den rechten Einstieg bisher aber noch nicht gefunden haben? Oder haben Sie zwar schon die eine oder andere vorgefertigte Mikrocontroller-Schaltung aufgebaut, aber es fehlt Ihnen das wirkliche Verständnis dafür, was innerhalb dieser Winzlinge eigentlich passiert? Dann ist dieser Workshop genau richtig für Sie!

Veranstaltungsorte/-termine:

Dortmund	09.04.2011
München	21.05.2011
Hanau	24.09.2011
Hamburg	05.11.2011
Hannover	03.12.2011

Teilnehmergebühr (zzgl. MwSt.):

429,00 Euro

**Elektor-Abonnenten
erhalten 5% Rabatt!**



Im Preis inbegriffen: Sämtliche Dokumentation (Handouts/Seminarunterlagen inkl. CD-ROM), ein „XPLAIN“-Starterkit, Aushändigung des Teilnahmezertifikats und Mittagssbuffet.

Weitere Infos & Anmeldung unter www.elektor.de/avr-workshop

Termine für Elektor Nr. 06 / 2011

Anzeigenschluss:



19.04.2011

Erscheinungstermin:



18.05.2011

Anzeigen:

Verlagsbüro ID

Telefon:

(0511) 61 65 95-0

E-Mail:

service@id-medienservice.de

Internet:

www.id-medienservice.de

PCB Spezialist für Prototypen & Kleinserien

**EURO
CIRCUITS**

PCB proto spezieller Prototypen Service

STANDARD pool große Auswahl 1-8 Lagen

Neu TECH pool 100µ Technologie

Neu IMS pool aluminium Prototypen im Pooling

On demand alle Optionen bis 16 Lagen

Rufen Sie uns an: +49 (2681) 4662 Email: euro@eurocircuits.com

Testen Sie unsere neuen Services

Besuchen Sie uns auf der SMT/HYBRID/PACKAGING 2010 – Halle 9 – Stand 329

ALLE SERVICES

- Preise sofort online
- Online Bestellung
- Attraktive Pooling Preise
- Keine Einmalkosten
- Lieferung ab zwei Werktagen
- Schablonen Service

www.eurocircuits.de

RS-485-Kommunikation mit ATM18

Relais über größere Entfernungen steuern

Von Grégory Ester (F)

Um zwischen zwei elektronischen Anwendungen eine drahtgebundene Kommunikation über mehr als 1000 m ohne zwischengeschaltete aktive Elemente einzurichten, gibt es eigentlich nur eine Lösung: die RS-422-Schnittstelle. Möchte man drei Anwendungen miteinander verbinden, muss die Punkt-zu-Punkt-Verbindung einem Bussystem weichen und die RS-485-Schnittstelle ist das Mittel der Wahl.

Hier wollen wir noch etwas weiter gehen und vier Schaltungen miteinander kommunizieren lassen. Drei ATM18-Platinen sollen sich mit einem Muln-LCD „unterhalten“, einem Anzeigemodul, das direkt zum RS-485-Standard kompatibel ist.

Die Daten sollen auf nur zwei Leitungen übertragen werden, das heißt, es kommt ein Halbduplex-Verfahren zur Anwendung: Zu einem gegebenen Zeitpunkt kann nur jeweils ein Busteilnehmer Daten versenden. Die EIA (*Electronic Industries Association*) und die TIA (*Telecommunications Industry Association*) haben für die RS-485-Schnittstelle zwar festgelegt, wie die physikalische Verbindung auszusehen hat, es gibt jedoch keine Standardisierung des Kommunikationsprotokolls. Die einzelnen Daten werden also über ein verdrehtes Aderpaar übertragen, das Protokoll, das die Verständigung der einzelnen Teilnehmer ermöglicht, muss aber erst noch definiert werden. Die Inspi-

ration dazu habe ich mir auf den Seiten der Elektor-Rubrik Labcenter geholt, ich konnte es mir allerdings nicht verkneifen, noch selbst Hand anzulegen ...

Die Busteilnehmer

Um die einzelnen Komponenten im Folgenden auseinanderhalten zu können, sei hier zunächst die Nomenklatur vorgestellt: Die beiden ATM18-Module, die wir im Rahmen dieses Projektes mit je einem 2-Draht-LC-Display ausstatten, erhalten die Namen ATM01 beziehungsweise ATM02, das dritte, das mit einer Achtfach-Relaiskarte erweitert wird, trägt die Bezeichnung ATM05 (siehe hierzu auch **Bild 4**).

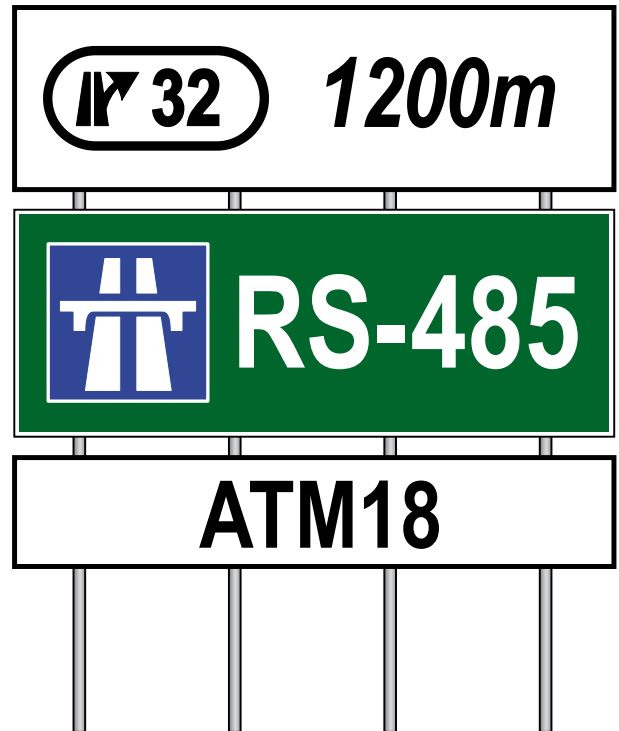
Die Verwendung eines Portexpanders [1] erlaubt es im Falle des ATM05, mit den Portanschlüssen des ATM18 sparsam umzugehen. Neben den Anschlüssen der Versorgungsspannung werden lediglich zwei weitere Drähte zur Ansteuerung der Relais

benötigt. Wie dies genau funktioniert, wurde schon in dem Artikel unter [1] ausführlich beschrieben. Die bestückten Platinen sind im Elektor Shop unter den Bestellnummern 071035-72 und 071035-95 erhältlich.

Das Muln-LCD [2] ist ein Modul, bestehend aus einem einfachen LC-Display mit integriertem HD44780-Chipsatz und einer Steuerplatine, die direkt zu unserem RS-485-Bus kompatibel ist. Dazu später noch mehr in diesem Beitrag.

ATM01 soll die Relais 1 und 2 auf der Elektor-Relaiskarte ansteuern, während ATM02 Zugriff auf Relais 3 und 4 bekommt. Hierbei besteht noch die Möglichkeit, die Karten ATM01 und ATM02 ohne Firmwareänderung in ATM03 und ATM04 umzubenennen und dann Relais 5 und 6 beziehungsweise 7 und 8 anzusteuern. Muln visualisiert dabei die Steuervorgänge.

Dies sind die Teilnehmer, die sich über unseren RS-485-Bus verständigen sollen.



Elektor Produkte und Services

- Achtfach Relais-Platine: Elektor-Shop, Best.-Nr. 071035-72
- Portexpander: Elektor-Shop, Best.-Nr. 071035-95
- ATM18-Controllermodul: Elektor-Shop, Best. Nr. 071035-91

- ATM18-Testboard: Elektor-Shop, Best. Nr. 071035-92
- 2-Draht-LCD-Board: Elektor-Shop, Best. Nr. 071035-93
- Firmware zum kostenlosen Download unter www.elektor.de/110024

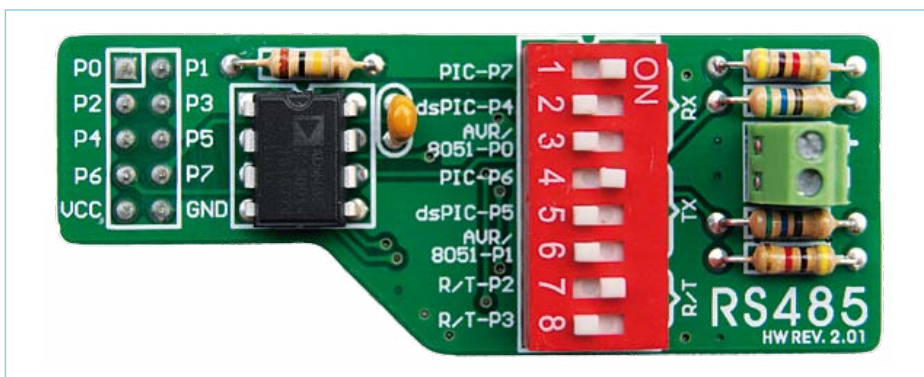


Bild 1. Konfiguration der RS-485-Adapterplatine.

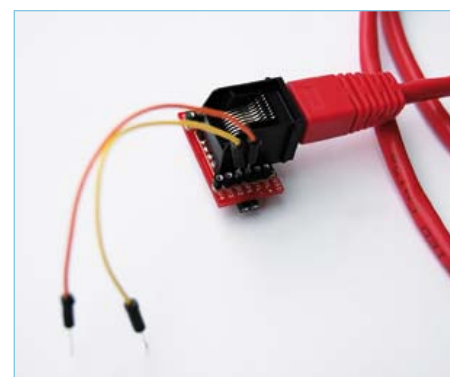


Bild 2. So wird ein Aderpaar des Netzkabels angezapft.

Dem Bus unter die Haube geschaut

Um direkt miteinander kommunizieren zu können, benötigen die einzelnen ATM18-Platinen noch eine RS-485-Schnittstelle. Den Datenaustausch über den RS-485-Bus ermöglicht ein Schnittstellenmodul [3], das ein unsymmetrisches TTL-Signal in ein differentiell-symmetrisches Signal entsprechend dem RS-485-Standard umsetzt. Diese Umsetzung wird von einem Leitungstreiber ADM485 von Analog Devices erledigt.

Bild 1 zeigt, wie der DIP-Schalter auf dem Modul zu konfigurieren ist, um die drei Schnittstellensignale Rx, Tx und R/T auf die Anschlüsse 8, 7 und 3 der parallelen Stiftleiste zu legen. Das differentielle Bussignal an den Ausgängen A und B des ADM485 wird über die Schraubklemme herausgeführt.

Die Module ATM0x können sowohl senden als auch empfangen, aber gleichzeitiges Senden mehrerer Module ist wegen des erwähnten Halbduplex-Prinzips nicht möglich.

Physikalisch gesehen wählen wir für unseren Bus ein verdrehtes Leiterpaar, die Verdrehung verringert das Übersprechen. Wir verwenden hier ein Leiterpaar eines SF/UTP-Netzwerkkabels der Kategorie 5e (Übertra-

gungsrates 1000 Mbit/s, also 200 Mal mehr als die mit dem ADM485 erreichbare, maximale Geschwindigkeit). Die Schirmung des Kabels schützt zusätzlich vor elektromagnetischen Einstreuungen. Über die drei restlichen Aderpaare können bei Bedarf weitere Informationen übertragen werden, in diesem Projekt werden sie nicht verwendet.

In **Bild 2** ist zu sehen, wie mit Hilfe einer kleinen Adapterplatine [4] und einer aufgelöteten RJ45-Buchse das Aderpaar des Netzkabels kontaktiert wird. Die beiden orangen und gelben Drähte werden auf der anderen Seite an der Schraubklemme des Schnittstellenadapters angeschlossen. Sie führen das differentielle Bussignal, das von den komplementären Signalen A(+) und B(-) gebildet wird.

Der Potentialunterschied zwischen A und B kann positive oder negative Werte annehmen, was entweder einer logischen 1 oder einer logischen 0 entspricht. Dieses differentielle Übertragungsverfahren zeichnet sich durch hohe Störsicherheit und insbesondere hohe Gleichtaktunterdrückung aus.

Der Verlauf der genannten Signale ist beispielhaft in **Bild 3** dargestellt. Diese Aufnahme entstand mit einem „Scanalogic-2-Pro“ Logikanalysator [5], einem für sei-

nen Preis ausgesprochen leistungsfähigen Werkzeug.

Der Buszugriff wird mikrocontrollerseitig über das Signal R/T gesteuert. Liegt dieses auf „1“, so können Daten über Tx im RS-232-Format versandt werden. Um Daten über den UART des Mikrocontrollers zu empfangen, muss R/T auf logisch „0“ gesetzt werden.

Das Blockdiagramm in **Bild 4** zeigt, wie die einzelnen Komponenten in diesem Beispiel verkabelt werden. Ohne Repeater können bis zu 32 Module an den Bus angeschlossen werden. Die Abschlusswiderstände sind an den Leitungswiderstand angepasst und verhindern auf diese Weise eine Reflexion der Signale, welche sich störend auf die korrekte Übertragung auswirken würde.

Muln-LCD

Dieses Interface ist weitaus mehr als ein einfaches LCD-Modul, das Texte auf einem Display anzeigt. Es lässt sich sowohl über eine USB-Schnittstelle vom PC aus steuern als auch drahtlos über XBee Module, und über die eingebaute RS-485-Schnittstelle lässt es sich ebenfalls ansprechen.

Ein Befehlssatz, der von einem PIC18LF2550 interpretiert wird, ermöglicht zum Beispiel die Programmierung der Cursorposition,

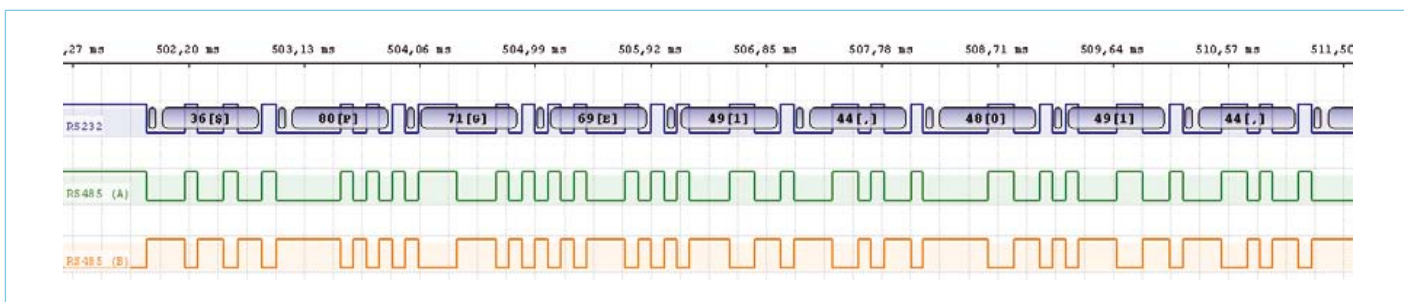


Bild 3. Die Signale werden hier mit dem Logikanalysator von Scanalogic sichtbar gemacht.

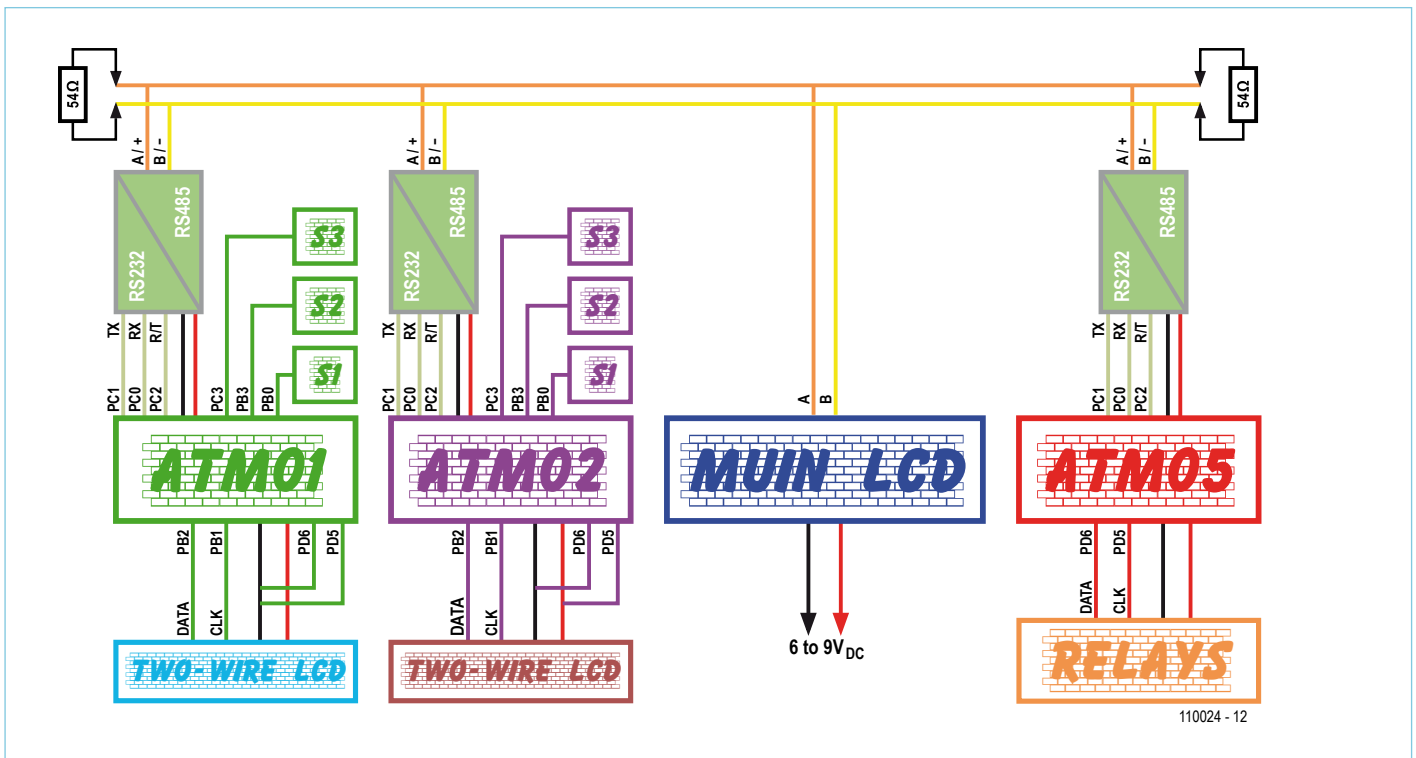


Bild 4: Blockschaltbild des Laboraufbaus.

die Darstellung einer Balkenanzeige, die Einstellung der Hintergrundbeleuchtung und die Erzeugung verschiedener Tonsignale. Die Platine verfügt sogar über sechs TTL- und CMOS-kompatible Ein-/Ausgänge sowie fünf A/D-Wandler-Kanäle mit einer Auflösung von 10 bit. Sollten Sie bereits ein kompatibles Display besitzen, dann können Sie die Steuerplatine auch einzeln erwerben. Vor dem Einbau dieses Moduls in unser System wollte ich es mir nicht nehmen lassen, ein bisschen damit herumzuspielen. Die für das Modul verfügbare Software steht auf der Seite des Herstellers [6] zum Download bereit. Neben der neuesten Firmware erhält man dort auch ein kleines PC-Programm, das ein Update der Firmware dank eines im PIC integrierten Bootloaders ohne weitere Programmierhardware ermöglicht. Des Weiteren gibt es eine graphische Benutzeroberfläche (GUI), die es erlaubt, alle Funktionen des Muln-LCDs zu testen. Nicht ganz

unwichtig ist auch der PC-seitige Treiber zur Verwaltung der virtuellen, seriellen Schnittstelle. Nach der Installation dieses Treibers lässt sich das Muln anhand der sehr ausführlichen Hersteller-Anleitung über den PC ansprechen und auf den neuesten Softwarestand bringen. Entfernt man nun, wie in **Bild 5** gezeigt, alle Jumper (bis auf zwei) von der Platine, dann kann man ein USB-Kabel anschließen und damit die Karte mit Spannung versorgen und gleichzeitig die Benutzeroberfläche aufrufen und einige Tests durchführen. Wir gehen hier aber anders vor, entfernen alle Verbindungen und konfigurieren die Karte so, dass die RS-485-Schnittstelle aktiviert ist. Dann übermitteln wir die Befehle vom PC aus mit Hilfe eines USB-zu-RS485-Konverterkabels von FTDI (USB-RS485-WE-1800-BT) [7] und des Hercules-Terminals [8]. Zu diesem Zweck ist der Jumper „USB“ um

eine Stelle nach links zu versetzen, und die Schaltung muss mit einer externen Spannungsquelle mit einer Spannung von 6...9 V versorgt werden. Jetzt den Jumper, der auf „UART“ gesetzt ist, eine Position nach rechts auf „RS-485“ stecken, und es kann losgehen. Die Dokumentation der Befehle ist online [9] verfügbar. Die Daten werden im Hexadezimalformat verschickt. Der Beginn eines Datenrahmens ist durch \$FE gekennzeichnet, danach folgen ein oder mehrere Bytes, die den Befehl und eventuelle Parameter enthalten. **Bild 6** zeigt drei verschiedene Kommandos im Hercules-Terminal, die durch Anklicken der zugehörigen SEND-Tasten verschickt werden können. Der erste Befehl löscht das Display, der zweite führt zur Anzeige von „Hello world“ und der dritte erzeugt ein Tonsignal. Jetzt ist das Muln-LCD-Modul fertig zum Einbau in unser Bussystem.

Tabelle 1. Die „Namensgebung“ der ATM18-Module		
ATM0x	PD6	PD5
ATM01	0	0
ATM02	0	1
ATM03	1	0
ATM04	1	1

Tabelle 2. Zuordnung zwischen Relais und Taster.			
ATM01		ATM02	
Betätigung von S1	RE1 = /RE1	Betätigung von S1	RE3 = /RE3
Betätigung von S2	RE2 = /RE2	Betätigung von S2	RE4 = /RE4
Betätigung von S3	x	Betätigung von S3	x

Zusammenspiel der Komponenten

Nachdem die Karten durch Einstellen von PD5 und PD6 entsprechend der **Tabelle 1** als ATM01 und ATM02 konfiguriert worden sind, können die beiden Busteilnehmer mit Spannung versorgt werden. Die Namen ATM01 und ATM02 werden beim Einschalten in der ersten Zeile des jeweiligen 2-Draht-LC-Displays angezeigt.

Das Einschalten von ATM05 wird vom Muln-LCD mit einem langen Piepton quittiert und der Zustand der acht Relais wird binärkodiert in der zweiten Zeile angezeigt (**Bild 7**). Noch ist keines der Relais mit Spannung versorgt. Da die Karten mit den Bezeichnungen ATM01 und ATM02 am Bus angeschlossen sind, können die Relais 1 bis 4 aktiviert werden. Entsprechende Ereignisse lassen sich

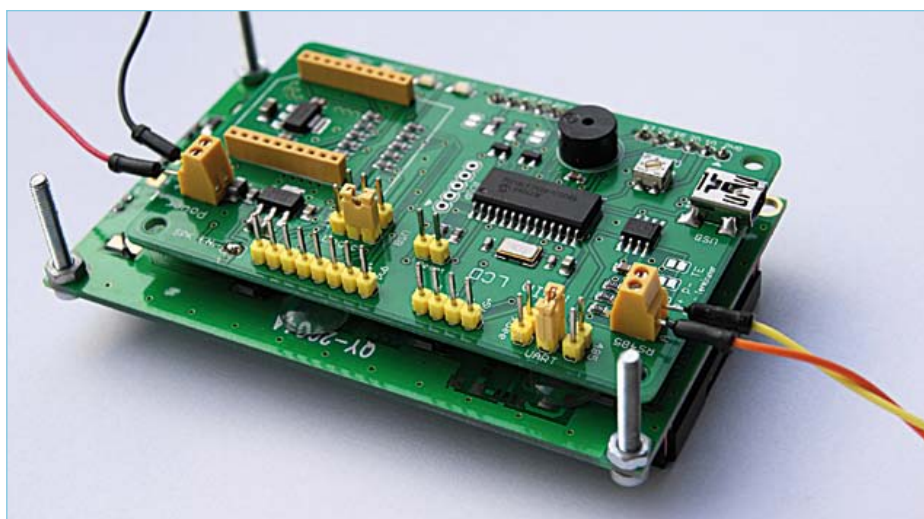


Bild 5. Rückansicht des Muln-LCDs.

durch Betätigen der Tasten S1, S2 oder S3 triggern (**Tabelle 2**).

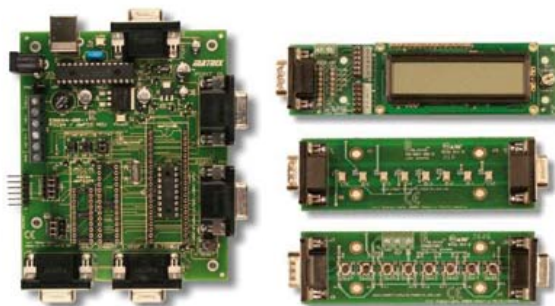
In **Bild 8** sind die letzten drei Ereignisse dargestellt, die in unserem Bussystem aufgetreten sind: Zunächst wurde RE4 durch

Druck auf S2 am Modul ATM02 aktiviert. Die dritte Zeile informiert über neuerliche Betätigung von S2. Die beiden Punkte „..“ in Zeile zwei haben eine spezielle Bedeutung: Wenn ATM01 und ATM02 gleichzeitig auf

— Anzeige

dsPIC/PIC24-Bundle

Kostengünstige Hardware/Software-Lösung für die schnelle Projektentwicklung



Dieses neue Vorteilspaket ist ideal für alle, die Systeme mit dem leistungsfähigen 16-bit-Controller von Microchip entwickeln wollen. Das aus Hard- und Software bestehende Paket wird komplett mit einem dsPIC30F2011 geliefert und ist voll kompatibel mit der gesamten Palette an E-blocks-Boards und -Zubehör. Zu jedem einzelnen Bestandteil stehen Datenblätter separat zur Verfügung.

Lieferumfang:

- Flowcode 4 für dsPIC/PIC24 (Professional-Version)
- dsPIC/PIC24-Multiprogrammierer mit ICD-Funktionalität (bei Verwendung mit Flowcode 4)
- LCD-Board
- LED-Board
- Switch-Board
- Steckernetzteil
- USB-Kabel

Bundle-Preis:

Nur 386,75 Euro (526,00 CHF)

15% Ersparnis gegenüber Einzelkauf!

Jetzt bestellen unter www.elektor.de/dspic-bundle

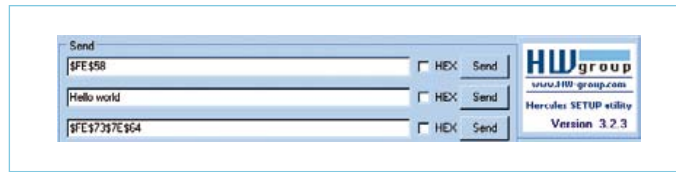


Bild 6: Versenden von Befehlen über den RS-485-Bus.

den Bus zugreifen wollen, liegt eine Kollision vor. Aus diesem Grund wird ATM02 blockiert, solange ATM01 einen Befehl an ATM05 sendet. Während dieser Zeit kann durch ATM02 keine Aktion durchgeführt werden. Dieser Zustand wird durch die beiden Punkte und einen blinkenden Cursor (im Bild nicht sichtbar) angezeigt. Natürlich gilt dasselbe für ATM01 während eines Buszugriffs von ATM02.



Bild 7: Anzeige des Relaiszustands.

Wenn längere Zeit auf alle Tasten gleichzeitig gedrückt wird, dann setzt der Watchdog die Karten zurück und ATM01 hat den Vorrang.



Bild 8: Statusmeldungen des ATM02.

Die Betätigung von S3 wirkt nicht auf ein Relais, erlaubt es aber, den Zustand der Relais auszulesen und auf dem 2-Draht Display anzuzeigen. Auf dem Display MuIn-LCD wird der Relaiszustand laufend aktualisiert, ein Neustart von ATM01 oder ATM02 wird hier ebenfalls angezeigt.

Damit das alles so funktioniert, wurden zwei spezielle Datenrahmen definiert. Ein Rahmen ermöglicht die Anforderung (ATM0x zu ATM05):

`$PGE1,01,05,01,0001*67`

mit:

- `$PGE1` : Datenrahmen „1“ Programmiert von Grégory Ester
- `01` : Sender
- `05` : Empfänger
- `01` : Zu aktivierendes Relais

- Parameter „0001“ : in diesem Projekt ist der Wert immer „1“ : „Den Zustand des Relais wechseln“
- `*67` : Prüfsumme, hier eine einfache XOR-Verknüpfung der vorangegangenen Zeichen mit Ausnahme des \$-Zeichens. Ist die Prüfsumme fehlerhaft, wird der Datenrahmen ignoriert. Gleichermaßen werden inkonsistente Befehle ignoriert. Schickt man beispielsweise „`$PGE1,01,05,03,0001*65`“ mit dem Hercules-Terminal an ATM05, wird diese Anweisung trotz korrekter Prüfsumme verworfen, da ATM01 keinen Zugriff auf Relais 3 hat.

Ein Rahmen dient der Rückmeldung : (ATM05 zu ATM0x):

`$PGE2,05,02,03,0006*62`

- `$PGE2` : Datenrahmen „2“ Programmiert von Grégory Ester
- `05` : Sender
- `02` : Empfänger
- `03` : Nummer des angesprochenen Relais
- Parameter „0006“ : Enthält den Zustand der Relais. In diesem Fall bedeutet $(6)_{10} = (0000\ 0110)_2$, dass RE2 und RE3 angezogen sind. Ein logisches UND mit den Bits, die uns interessieren, liefert den Zustand der Relais.
- `*62` : Prüfsumme. Wenn die Prüfsumme fehlerhaft ist, wird anstelle der beiden Zustandsbits für die Relais „xx“ angezeigt.

Die Firmware für dieses Projekt ist wie immer als kostenloser Download auf der Webseite zu diesem Artikel verfügbar [10].

Zusammenfassung

Mit seiner relativ bescheidenen Länge von nur sechs Metern reizt dieses Bus-System im Labormaßstab das eigentliche Potential der RS-485-Verbindung bei weitem nicht aus, die für Strecken von mehr als einem Kilometer ausgelegt ist. Es konnte aber gezeigt werden, wie einfach sich die Kommunikation zwischen Mikrocontroller-Platinen wie dem ATM18-Testboard über größere Entfernungen einrichten lässt.

(110024)

Links und Referenzen

- [1] www.elektor.de/080357
- [2] [www.droids.it \(Products -> Display\)](http://www.droids.it (Products -> Display))
- [3] www.mikroe.com/eng/products/view/132/rs485-board
- [4] www.sparkfun.com/products/8790
- [5] www.ikalogic.com/scanalogic2/
- [6] [www.droids.it \(Documents -> Downloads\)](http://www.droids.it (Documents -> Downloads))
- [7] www.ftdichip.com/Products/Cables/USBRS485.htm
- [8] www.hw-group.com/products/hercules/index_en.html
- [9] [www.droids.it \(Downloads -> User guides\)](http://www.droids.it (Downloads -> User guides))
- [10] www.elektor.de/110024

 <p>Entwicklung industrietauglicher Software und Hardware sowie Elektronik</p> <p>03303/212166 oder www.jasys.de</p>	<p>Bausätze zu ELEKTOR 1986 bis heute!</p> <p>Teilesätze, Platinen, programmierte Controller sowie Cds zu fast allen Elektor-Projekten vom Spezialist. Alle Elektor-Artikel zum Verlagspreis.</p> <p>Ihr zuverlässiger Partner für aktive und passive elektronische Bauteile und Komponenten:</p>	<p>VTS – ELEKTRONIK GbR</p> <p>Preiswerter Leiterplatten Service</p> <p>info@vts-elektronik.de www.vts-elektronik.de</p>	<p>www.anttronic.de</p>  <p>ab 1 Stck. Leiterplatten zu TOP-Preisen!!</p>
<p>Alles Spule!</p> <p>Wir liefern und fertigen: Drähte, HF-Litzen, Ferrit- und Eisenpulverkerne, Spulenkörper, Isoliermaterial, Klebebänder, Tränklacke, Übertrager, RFID-Spulen, Sensor- und Aktorspulen, Prototypen, Kleinserien, Serien, Ersatzteile und vieles mehr.</p> <p>MM Menting Mikroelektrik Spulen für Elektronik www.spulen.com</p>	<p>Geist Electronic-Versand GmbH Tel.: 07720/36673 Fax: 07720/36905</p> <p>Mail: info@geist-electronic.de Shop: www.geist-electronic.de</p>	<p>LCDs und mehr</p> <p>www.lcd-store.de www.LC-Design.de www.crystallfontz.de</p>	<p>HAMEG® Instruments A Rohde & Schwarz Company</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Oszilloskope <input checked="" type="checkbox"/> Netzgeräte <input checked="" type="checkbox"/> RF-Messtechnik <input checked="" type="checkbox"/> Systemgeräte <p>Great Value in Test & Measurement www.hameg.com</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Konfigurierbare digitale & analoge Schaltaktoren für die Hausautomation • Seriell ansteuerbar über Modbus von PC, SPS oder µController • 4,3" TFT Touch-Display mit I²C-Extender  <p>www.elconeq.de Tel. 02832-9784 301</p> <p>Elconeq TECHNOLOGIES</p> <p>Hard- & Softwareentwicklung</p> <ul style="list-style-type: none"> • µController-Module (8051-komp.) z.B. 64kFlash, 2xCAN, 2xUART, I²C, RTC, 32k-FRAM, ID • I²C-Erweiterungen digital/analog 	<p>Kleiner Ingenieur</p>  <p>Bauelemente, Bücher & Bastelideen für Kid's www.kleiner-ingenieur.com</p>	<p>mechapro®</p> <p>Unser Leistungsspektrum:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diverse Schrittmotoren ab Lager lieferbar • Eigene Entwicklung von Schrittmotorendstufen in versch. Ausführungen • Netzteile, Endschalter, geschirmte Kabel u.v.m. <p>Kundenspezifische Lösungen entwickeln wir schnell und preiswert</p> <p>Fon: 0241/4091800 • Fax: 0241/4091803 www.mechapro.de • info@mechapro.de</p>	<p>Baugruppenbestückung vom Prototypen bis zur Serie</p> <p>FS-ELECTRONIC.de</p>
<p>H-TRONIC</p> <p>Zukunftsweisende Ladetechnik, in Design, Qualität und Technologie</p> <p>www.h-tronic.de</p>	<p>Laehn-Versand.de</p> <p>schlanke Preise - fettes Angebot Schnellversand ohne Mindestumsatz</p> <p>Bauteile - Ersatzteile - Zubehör Fernbedienungen - Zeilentrafos HDTV DVB-T Sat Audio/Video Überwachungstechnik und vieles mehr.</p> <p>www.Laehn-Versand.de</p>	<p>160 pages of tech audio articles Self, Linkwitz, Cordell, Pass a.o.</p> <p>Linear Audio your tech audio resource www.linearaudio.net</p>	<p>Die Buchung einer Anzeige beinhaltet einen kostenlosen Eintrag auf der Website von Elektor, inklusive eines Links zu Ihrer Seite.</p> <p>Reservieren Sie jetzt Ihre Jahresbuchung</p>
<p>Anzeigenschluss: 19. 04. 2011</p> <p>Erscheinungstermin: 18. 05. 2011</p>	<p>ELCOMP Austria</p> <p>Preisgünstige Bauteile zusätzlich über 3.500 Auslaufartikel zum Super-Sonderpreis</p> <p>www.elcomp.at</p>		

www.elektor.de

Asteroids & E-Blocks dsPIC – Mikrocontroller ausgereizt

Von Jonathan Woodrow (UK)

Die Mikrocontroller-Hersteller bringen immer neue Generationen der Bausteine heraus – mit 16- und sogar 32-bit-Kernen.

In diesem Beitrag schauen wir uns den 16-bittigen dsPIC von Microchip an. Als Anwendungsbeispiel dient das klassische Spiel „Asteroids“.

Sie sehen von außen genauso aus wie die 16-bit-Chips, die wir seit etlichen Jahren kennen. Aber im Inneren unterscheiden sich die neuen dsPICs doch stark. Microchip hat die Mikrocontroller einen Schritt vorwärts gebracht. Schauen wir uns das mal im Detail an!

Architektur: Die dsPICs gehören zu Microchips 16-bit-Mikrocontroller-Familie, welche die dsPIC-Bausteine und die PIC24-Serie umfasst. Deren Hauptmerkmal ist ein 16-bit-Prozessor anstelle des bisher üblichen 8-bit-Kerns. Dies, ein „Single execution cycle“ (ein Befehl pro Taktzyklus) sowie weitere Architektur-Details haben Auswirkungen auf die Programmierung und die Leistungsfähigkeit der Bausteine. Es gibt kein Umschalten zwischen Speicher-Bänken mehr, das Arbeiten mit großen Zahlen ist einfacher, das Adressieren von großen Speicherbereichen ist leichter und die Programme laufen schneller.

Leistung: Dem allgemeinen Trend zu geringeren Spannungen folgend, arbeiten diese Controller mit Versorgungsspannungen bis hinab zu 1,8 V. Der hier benutzte Baustein läuft allerdings mit 3,3 V. Eine geringere

Spannung bedeutet eine kleinere Transistorfläche. Damit können umfangreichere Schaltungen auf einer gegebenen Chip-Fläche realisiert werden (bis zu 512 K Flash-Speicher und 128 K RAM).

Schnittstellen und interne Peripherie: Microchip hat das Mehr an Platz auf dem Chip genutzt, um mehr Schnittstellen zu integrieren: Jeweils bis zu drei I²C- und SPI-Anschlüsse, vier USARTs, ein USB-Anschluss und mehr. Diese gleichzeitig verfügbaren

„Asteroids“ auf einem 16-bit-Mikrocontroller!

Schnittstellen anstelle eines einzigen, programmierbaren USART-Blocks bedeuten einen geringeren Programmieraufwand und schnellere Schnittstellen. Ebenso beeindruckend sind die Motorsteuerungs-Features mit ihren vielfältigen Möglichkeiten.

Analoge Ein- und Ausgänge: Viele Komparatoren und ADCs sind mit an Bord. Bei

einigen dsPIC33s kann man zwischen einem 10- oder 12-bit-ADC-Betrieb wählen, wobei der 10-bit-ADC mit 1 MHz Abtastrate laufen kann. Das ist sehr schnell für einen Mikrocontroller, sodass damit sicherlich auch Sprachverarbeitung möglich sein wird.

Kosten: Bei so vielen Unterschieden zwischen den 8- und 16-bit-Controllern ist ein Preisvergleich kaum möglich. Der hier verwendete dsPIC33FJ128GP202 im 28-Pin-DIL-Gehäuse kostet bei bekannten Distributoren weniger als 5 Euro. Das ist preiswerter als der 8-bit-PIC16F877 mit 40 Pins.

Das ist flott!

Neben der höheren Taktfrequenz scheint Microchip auch alles getan zu haben, um die einzelnen Funktionsblöcke zu beschleunigen. Wer Fließkomma-Operationen benötigt, sollte z.B. Folgendes wissen: 8-bit-PICs takteten mit z.B. 20 MHz und schafften damit 5 MIPS. Der dsPIC33-Kern läuft mit 80 MHz Takt und bringt damit rund 40 MIPS, ist also acht Mal so schnell. Da aber auch die Bitbreite beim dsPIC33 doppelt so groß ist, laufen Fließkomma-Operationen nochmals mindestens vier Mal schneller als auf 8-bit-CPU's.

Elektor Produkte & Service

- E-blocks dsPIC Kit: # EB655S14
- E-blocks Grafik-Farbdisplay: # EB058
- E-blocks Keypad: # EB014

- Flowcode for dsPIC/PIC24: # TEDSS14
 - Flowcode Programm-File: 100955-11.zip
- Siehe www.elektor.com/100955.

Demnach sind dsPICs mindestens 32 Mal so schnell wie ihre 8-bit-Vorgänger.

Also was tun damit?

Was können wir also nun mit diesen neuen Super-Chips machen? Wenn man sich mit Leuten von Microchip unterhält, ist die Rede von Motor-Steuerungen mit Regelschleifen, die mittels MatLab programmiert sind, PIC-gesteuerten Schaltreglern, Sprachverarbeitung und vielem mehr. Was den Entwicklern von Matrix Multimedia und Elektor vor allem auffiel, waren die mathematischen Fähigkeiten dieser Controller. Damit kann man prima Anwendungen für Grafik-Displays programmieren. Solche Displays erfordern große Speicher und die Fähigkeit, Daten superschnell vom Mikrocontroller an das Display zu übertragen. Gleichzeitig ist das Hauptprogramm abzuarbeiten und dann muss noch soviel Dampf da sein, die Grafikdaten selbst zu beackern. Also wollen wir uns die Aufgabe stellen, ein Computerspiel mit solch einem Grafik-Display und einem dsPIC zu realisieren. Ziel soll es sein, das klassische Computerspiel „Asteroids“ wieder zum Leben zu erwecken.

Gesucht: ein passender Compiler

Wenn man mit neuartigen Mikrocontrollern anfängt, gibt es meist zunächst keinen passenden Compiler oder Assembler. Doch keine Angst: es ist gerade eine neue Version von Flowcode auf den Markt gekommen, die kompatibel mit der dsPIC- und PIC24-16-bit-Mikrocontroller-Familie ist (Bild 1). Sie hat die gleiche Benutzeroberfläche wie andere Flowcode-Versionen und vorhandener Code sollte leicht portierbar sein. Aber es gibt einen großen Unterschied: Flowcode für dsPIC/PIC24 enthält eine vollständige Mathematik-Bibliothek einschließlich aller trigonometrischen Funktionen und mit voller Fließkomma-Verarbeitung. Flowcode für dsPIC/PIC24 unterstützt dabei mehr als 200 Typen aus der 16-bit-Familie und arbeitet direkt mit verschiedenen Microchip-Entwicklungsboards zusammen. Es gestattet auch ein In-Circuit-Debugging mit dem neuen dsPIC/PIC24 E-blocks-Multiprogrammer-Board.

Die Hardware

Unsere Schaltung basiert auf dem

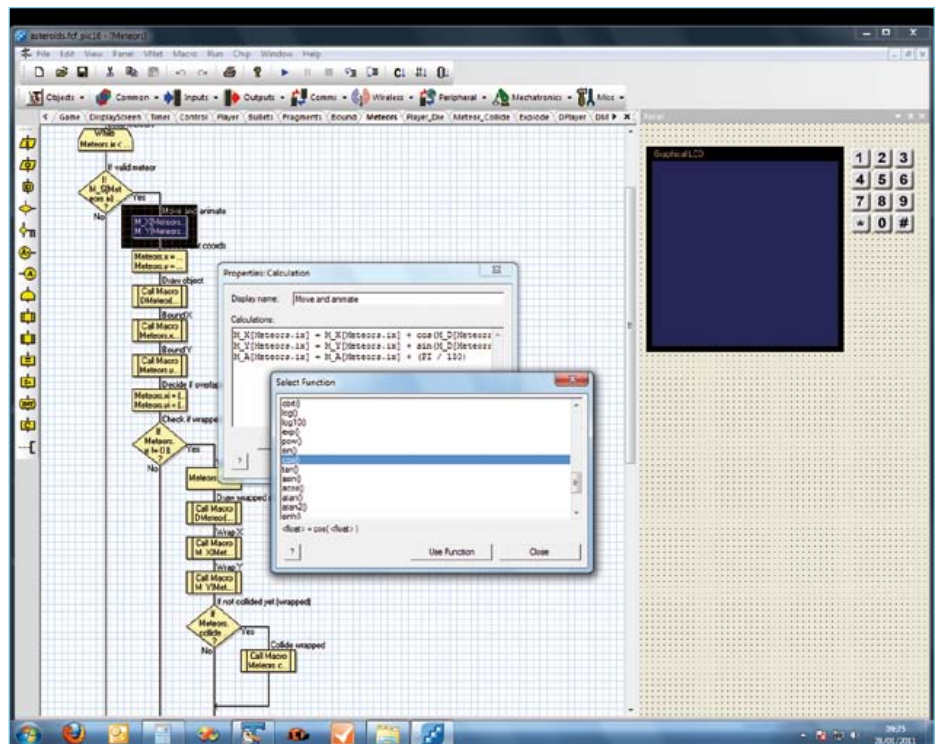


Bild 1. Flowcode for dsPIC & PIC24 mit Mathematik-Funktionen.

dsPIC33fj128, der leicht auf das Board steckbar ist, welches im Flowcode for dsPIC Bundle enthalten ist. Dieser Baustein im 28-Pin-DIL-Gehäuse hat 128 K ROM, 16 K RAM und verarbeitet etwa 40 Millionen Befehle pro Sekunde (MIPS). Um den Chip zum Laufen zu bringen, benutzen wir den neuen E-blocks

dsPIC-Multiprogrammer, der kompatibel mit der dsPIC- und PIC24-Chip-Familie ist. An den Multiprogrammer ist eine kleine Tastatur und ein 128 x 128-Pixel-Farb-Display angeschlossen. Bild 2 zeigt die gesamte Anordnung. Während die dsPIC33-Familie sparsam mit nur 3,3 V Betriebsspannung läuft, benö-

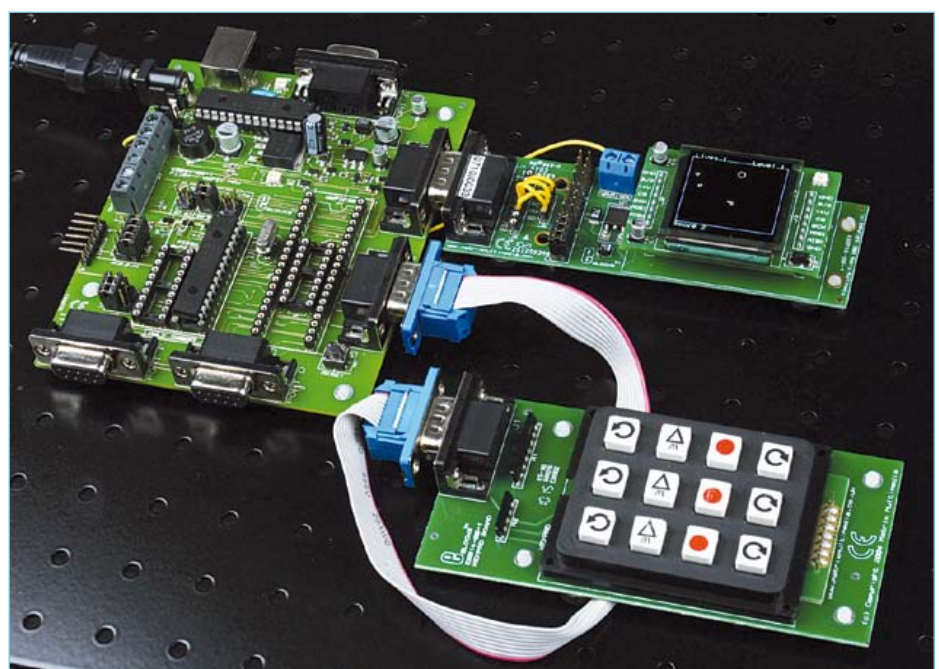


Bild 2. Die E-blocks Hardware-Ausstattung.

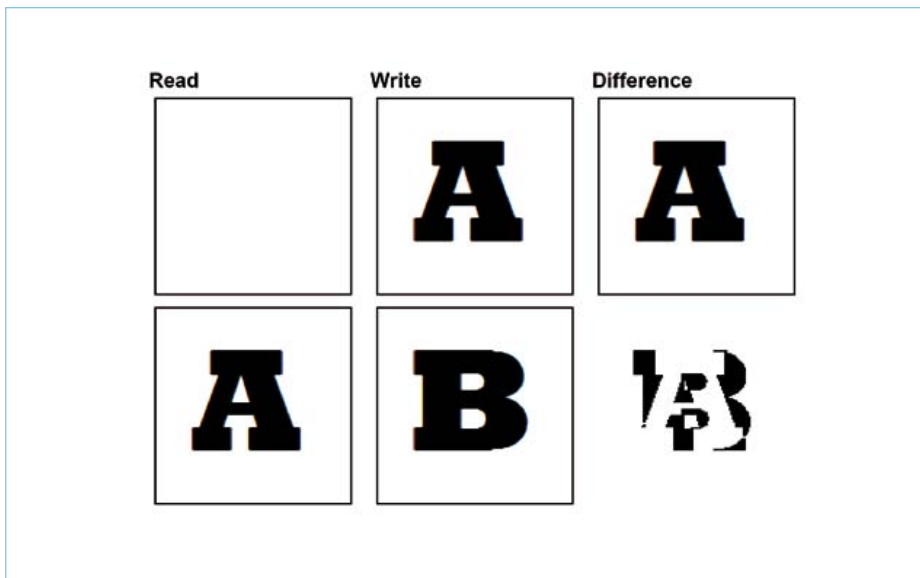


Bild 3. Grafik-Beschleunigung, indem nur die Pixel-Änderungen übertragen werden.

tigt die leistungsstarke Hintergrundbeleuchtung des Grafik-Displays 14 V.

Die Software

Die Software ist natürlich das Trickreiche. Es gibt mehrere Problemfelder: Verwalten der Grafik-Daten, Übertragen der Daten an das Display, Berechnen der Grafik-Daten, Verfolgen der Objekte im Spiel, die Benutzerschnittstelle und schließlich das Spiel selbst. Das Verwalten der Grafik-Daten ist natürlich die Hauptaufgabe, die das Flowcode-Programm erledigt. Das Schlüsselproblem ist, dass man die Grafik-Daten nicht gleichzeitig bearbeiten und anzeigen kann. Deshalb haben wir zwei Blöcke mit 128 x 128 Pixeln als Anzeigespeicher mit je einem Bit pro Pixel reserviert. Das sind etwa 2 K RAM pro Block. Mithilfe eines zweiphasigen Programmes wird immer ein Display-Block ent-

sprechend dem Spielverlauf verändert, während der andere über die SPI-Schnittstelle des dsPIC-Bausteins an das Display übertragen wird. Es zeigte sich, dass etwa 20 Bilder pro Sekunde für dieses Spiel völlig ausreichen, obwohl mehr Bilder pro Sekunde möglich wären. Die Grafik-Übertragung wird beschleunigt, indem wir nur die Pixel übertragen, die sich im Vergleich zum vorhergehenden Bild ändern. In **Bild 3** ist das Prinzip anhand verschiedener Buchstaben dargestellt. Statt den ganzen Buchstaben neu auf das Display zu schreiben, werden nur die Unterschiede übertragen.

Die Pixel der Display-Abbilder im RAM sind sehr einfach zu manipulieren, was Tricks ermöglicht. Wir „wickeln“ die Asteroiden und andere Objekte zum Beispiel hinten um das Display herum, wenn sie über den

Rand hinausfahren. Sie müssen dann nicht an den Display-Rändern beschnitten werden, was Rechenzeit kosten würde.

Der aufmerksame Leser wird bemerken, dass es bei diesem Spiel eine farbige Außen- grenze und eine Punkte-Anzeige auf dem Display gibt (**Bild 4**). Nachteil der oben beschriebenen Grafik-Generierung ist, dass wir nur einfarbige Pixel im Spielfeld anzeigen können. Deshalb begrenzen wir die Spielfläche durch einen (farbigen) Rahmen, Texte außerhalb können wir in beliebiger Farbe darstellen. Die meisten Routinen für die Anzeige auf dem Display sind in Flowcode enthalten. Die einzigen Ausnahmen sind die zwei Programmteile für die Verwaltung des doppelten Displays, die in C-Code geschrieben sind. Sie sind natürlich speziell für die Erfordernisse dieses Spiel optimiert. Die Objekte des Spiels selbst haben sehr einfache, grafische Strukturen: Das Raumschiff hat drei Eckpunkte und befindet sich im Zentrum des Displays. Jeder Asteroid hat bis zu fünf Ecken, bewegt sich über den Bildschirm und dreht sich dabei. Die Koordinaten dieser Punkte werden als Fließkommazahlen für jedes Bild mithilfe trigonometrischer Funktionen berechnet. Bei bis zu sieben Asteroiden im Bild, vom Raumschiff abgeschossenen Raketen und explodierenden Asteroiden fallen pro Bild zwischen 100 und 200 trigonometrische Berechnungen in Fließkommadarstellung an.

Einige Stellen im Programm haben wir mithilfe weiterer Tricks beschleunigt, z.B. die Kollisionserkennung. Wir nehmen an, dass

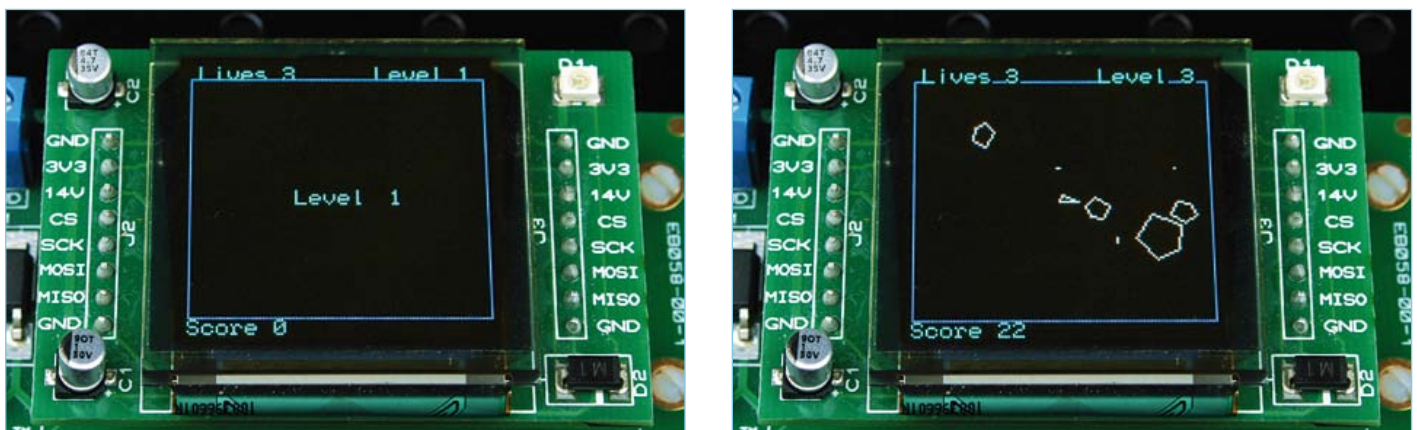


Bild 4. Einige Display-Fotos des fertigen „Asteroids“-Spiels.

Raffinierte Berechnung der Kollisionserkennung

Wenn sich zwei Kreise mit den Radien r_0 und r_1 berühren, haben sie genau den Abstand $r_0 + r_1$. Der Abstand r des Mittelpunkts (x_0, y_0) eines Kreises zum Mittelpunkt (x_1, y_1) eines anderen ist:

$$r = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2}$$

Sobald der Mittelpunktsabstand zweier Objekte also kleiner als $(r_0 + r_1)$ ist, sind die Objekte miteinander kollidiert:

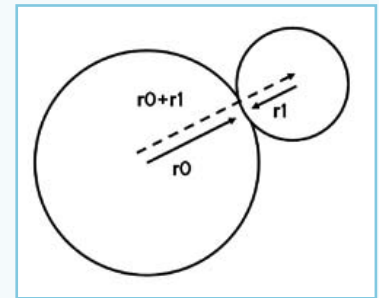
$$r < (r_0 + r_1)$$

Um die Kollision zu erkennen, gilt dann:

$$r^2 = (x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2$$

$$r^2 < (r_0 + r_1)^2$$

Diese Berechnung benötigt also nur 3 Multiplikationen (und keine Divisionen oder ähnlich Kompliziertes)



alle Objekte im Spiel kreisförmig sind, weil Kollisionen bei Kreisen sehr viel schneller berechenbar sind, als bei Objekten mit anderen Formen. Der Kasten zeigt, wie das geht.

Ein Problem ist, dass die einzige Bedienmöglichkeit für das Raumschiff die 4x3-Matrix-Tastatur ist (eine Taste wird durch 4 Bits für die Reihe und 3 Bits für die Spalte repräsentiert). Es ist damit möglich, eine einzige gedrückte Taste zu erkennen, nicht aber, dass andere Tasten gleichzeitig gedrückt gehalten werden. Nun will man aber zum Beispiel gleichzeitig das Raumschiff bewegen und Raketen abfeuern können.

Glücklicherweise benötigen wir für unser Spiel nur vier Funktionen. Diese können wir jeweils den drei Tasten einer Reihe gleichzeitig zuordnen. 1, 2, 3 drehen das Raumschiff linksherum, 4, 5, 6 beschleunigen es, 7, 8, 9 schießen Raketen ab, #, 0, * drehen das Raumschiff rechtsherum. Wir müssen nun nur die Tastenreihen abfragen, und können auch gleichzeitig ausgelöste Funktionen bequem detektieren.

Der Spiel-Programm basiert auf mehreren Datenfeldern (Arrays), mit denen die Position der einzelnen Objekte verfolgt und deren Bewegung bestimmt wird. Zusätzlich gibt es einen einfachen Mechanismus für die Punktevergabe und den Schwierigkeitsgrad.

Fazit

Der hier benutzte dsPIC33 ist ein toller Baustein. Wir sind begeistert von der Leistungs-

fähigkeit und Vielseitigkeit! Dieses Spiel in einen einzigen kleinen Chip hineinprogrammieren zu können, ist beeindruckend. Als nächstes wollen wir uns an PACMAN versuchen.

Unter [3] lässt sich ein YouTube-Video abrufen. Bisher hat niemand das Spiel im Level 5 gewonnen. Wenn doch, lassen Sie es uns wissen...

Über dieses Projekt

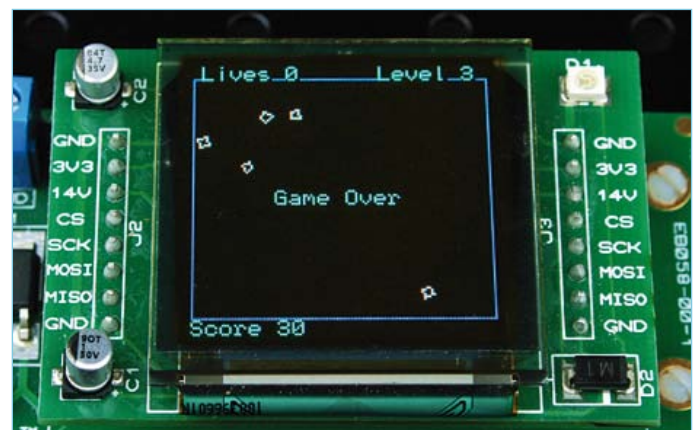
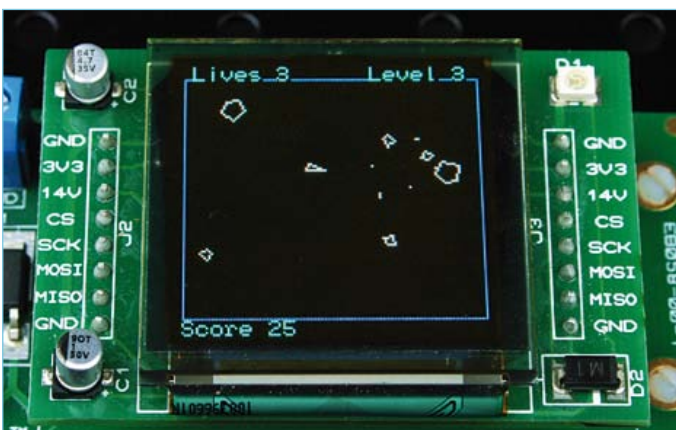
Geschrieben ist das Programm in „Flowcode for dsPIC“. Man kann das Spiel auf der Projekt-Internet-Seite [1] herunterladen. Die Hardware besteht aus dem neuen Flowcode for dsPIC bundle (EB655S14) zu dem hier der dsPIC33FJ128GP202-Mikrocontroller, das Graphical Colour Display (EB058) und das Keypad (EB014) hinzukommen. Flowcode 4 for dsPIC gibt es im Elektor Online-Shop.

Zu beachten: Es muss Flowcode 4 for dsPIC/PIC24 Professional benutzt werden, weil nur diese Version das Grafik-LCD-Display unterstützt. Die Heim-/Studenten-Version hat dieses Feature nicht.

(100955)

Weblinks

- [1] www.elektor.de/100955
- [2] www.elektor.de/eblocks
- [3] www.youtube.com/user/MatrixMultimediaLtd#p/u/5/jgsM4mSzbPg
- [4] www.matrixmultimedia.com



Höhenmesser für Modellraketen

Hoch hinaus!

Von Anthony le Cren (F)

Bei Modellraketen oder -flugzeugen ist die Ermittlung der Flughöhe oftmals schwierig. Das größte Problem stellt das Gewicht der zusätzlichen Elektronik dar. Dieser Höhenmesser nutzt SMD-Bauteile, wiegt soviel wie ein Brief (16 g) und kann bis zu 16384 Luftdruckwerte speichern.

Nach dem Flug werden die Daten über eine serielle Verbindung an einen Rechner ausgegeben und von einem Tabellenkalkulationsprogramm übernommen. Dort wird auch die Flugbahn der Rakete dargestellt!



Eigenschaften

- Vollständig in SMD aufgebaut
- PIC16F88, in Flowcode V4 programmiert
- Einsatz des Tiny PIC Bootloaders [2]
- A/D-Wandler mit 16 bit Auflösung und I²C-Interface ADS1110
- 32-KB-I²C-EEPROM für minimal 5 Minuten Aufzeichnungsdauer
- Drucksensor MPXH6115A6U
- Spannungsversorgung durch 12-V-Batterie
- Gewicht: 16 bis 20 g

Kern des Entwurfs ist der Drucksensor MPXH6115A6U von Freescale. Die analoge Ausgangsspannung dieses Sensors wird durch den Delta-Sigma-AD-Wandler ADS1110 von Texas Instruments in einen digitalen 16-bit-Wert umgewandelt. Dieser Baustein hat sechs Pins und wird über einen I²C-Bus angesprochen, was den Platzbedarf auf der Platine erheblich reduziert. Ein PIC16F88-Prozessor steuert die Ermittlung der Luftdruckdaten und legt diese in einem I²C-EEPROM vom Typ 24LC256 ab. Das Schaltbild ist in **Bild 1** dargestellt. Vier LEDs dienen der Funktionskontrolle während der Datenermittlung und -übertragung an den Rechner. Die Spannungsversorgung erfolgt durch eine platzsparende Batterie vom Typ

P23GA mit 12 V/50 mAh. Der Höhenmesser verbraucht durchschnittlich 12 mA, daraus ergibt sich eine Betriebszeit von etwa vier Stunden. Die Dauer eines Fluges beträgt nur wenige Minuten, dies stellt somit kein Problem dar (und für längere Flüge ließen sich zwei Batterien parallel einsetzen). Der Spannungsregler IC2 (78L05) im SOT89-Gehäuse liefert stabile 5 Volt für alle ICs. Wichtig sind C1 und C2 als Entkoppelkondensatoren. Statt eines Ein-Aus-Schalters genügt ein Jumper – auch das spart Gewicht.

Der Drucksensor MPXH6115A6U (**Bild 2**) führt absolute Messungen mit einer Auflösung von 45,9 mV/kPa durch. Die Kennlinie in **Bild 3** zeigt den Zusammenhang

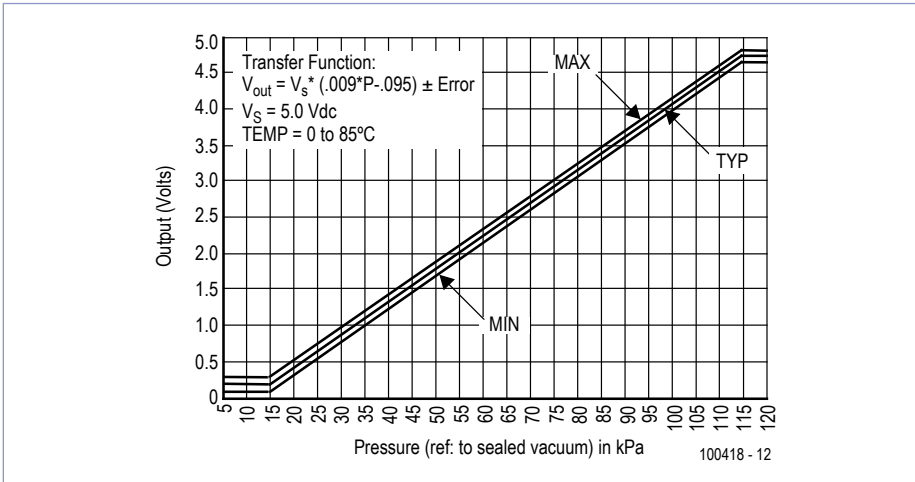


Bild 3. Zusammenhang zwischen Sensor-Ausgangsspannung und Luftdruck.

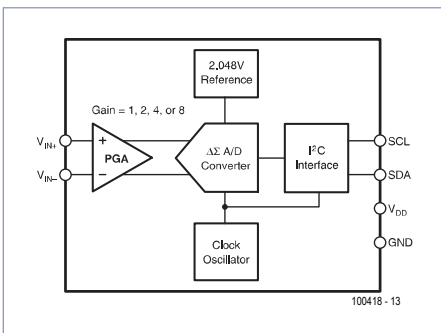


Bild 4a. Blockdiagramm des A/D-Wandlers.

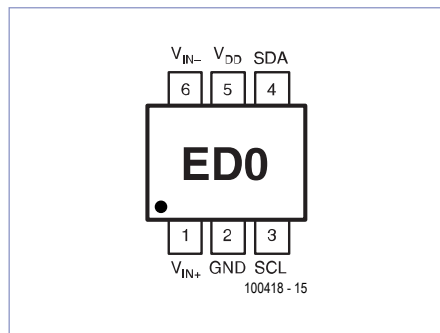


Bild 4b. Pin 1 findet man mit der Lupe...

lerprogramm des Höhenmessers benutzt. Eine Kalibrierung ist nicht erforderlich, da hier nicht der absolute Druck von Interesse ist, sondern Druckunterschiede. Allerdings ließe sich die Gleichung leicht anpassen, wenn man ein Barometer als Vergleichs-

maßstab benutzt. Der Mikrocontroller PIC16F88 (IC1) wird durch den internen 8-MHz-Oszillator getaktet, ein externer Quarz entfällt daher. IC1 verwaltet hauptsächlich den I²C-Bus, also das Lesen der Luftdruckdaten und Ablegen

Messungen/s (SPS)	Bits	Minimalwert	Maximalwert
15	16	-32 768	32 767
30	15	-16 384	16 383
60	14	-8 192	8 191
240	12	-2 048	2 047

im EEPROM IC4. An K2 und K3 liegen die Signale der seriellen Schnittstelle an, was ein Wiederauslesen von Daten aus dem Speicher erlaubt. An K2 findet man auch einen Jumper für den Konfigurations-Modus (Mode).

Beim Einschalten wird zunächst Pin B0 abgefragt, um den Betriebsmodus zu ermitteln:

- RB0 an 5 V : Run, Abfrage der Daten und Speichern im EEPROM.
- RB0 an Masse : Auswertung, Auslesen der gespeicherten Luftdruckdaten und Konfiguration (im Dialog mit einem Rechner über RS232).

Für die Anpassung an die RS232-Pegel sorgt ein Adapter mit IC5, einem ICL232, welcher ebenfalls durch die Batterie des Höhenmessers versorgt wird (Bild 5). Um das Gewicht der Schaltung zu minimieren, wird dieser Adapter nur während des Auslesens der Daten und der Konfiguration mit der Schaltung verbunden.



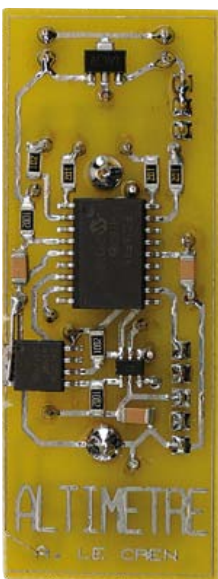
Aufbau der Schaltung

Achtung, die Datei „firmware_altimetre.hex“ muss **vor dem Einlöten** in den PIC16F88 geladen werden (Datei erhältlich auf der Internetseite zum Artikel [1])! Verwenden Sie einen DIL-SOIC-Adapter für Ihr Programmiergerät.

Benutzen Sie einen LötKolben mit feiner Spitze. Die Bestückung der beiden Platineisen beginnen Sie am besten auf der Kupferseite mit IC3 (dem ADC), weil es am schwierigsten zu löten ist. Pin1 (Markierung) findet man unter Zuhilfenahme einer Lupe (Bild 4b). Um einer späteren (aufwendigen!) Fehlersuche zu entgehen, sollte man zwischen allen Pins auf Lötbrü-

cken testen und stets prüfen, ob ein Kurzschluss zwischen 5 V und Masse aufgetreten ist. Danach sind die anderen ICs an der Reihe (Einbaurichtung!), der Spannungsregler, die SMD-Widerstände von 1 k Ω (bezeichnet mit 102) und von 10 k Ω (bez. 1002 oder 103) und - als letztes auf dieser Seite - der SMD-Kondensator.

Auf der zweiten Seite (Bauteilseite) beginnen wir mit dem Mikrocontroller, den vier LEDs und den beiden Kondensatoren. Die Einbaulage des Drucksensors ist schwierig zu ermitteln, nur bei genauem Hinsehen erkennt man die abgeschrägte Kante an Pin 1 (**Bild 2**).



Jetzt bleiben nur noch die beiden Stützkondensatoren des Reglers und die Stiftleiste. Die 12-V-Batterie wird ohne Halterung, einfach wie ein klassischer Widerstand, in die Mitte der Platine gelötet. Die Bestückung des RS232-Adapters bereitet keinerlei Probleme, man muss lediglich darauf achten, dass die Buchsenleiste auf die Kupferseite kommt, falls man die beiden Platinen später zusammenstecken möchte.

Software

Das Programm wurde mit Flowcode V4 geschrieben. Die Hex-Datei enthält den Tiny PIC Bootloader [2]. Hiermit können Sie den Mikrocontroller sehr leicht für Ihre Bedürfnisse konfigurieren.

Starten Sie hierfür das Programm tinybld-Win.exe. Wählen Sie die Datei Altimetre.hex aus, 19200 als Baudrate und den verwendeten COM-Port. Setzen Sie dann die Schaltung mit eingestecktem RS232-Adapter unter Spannung und klicken auf Write-Flash. Das Programm sollte dann sofort in den PIC geschrieben werden (**Bild 6**).

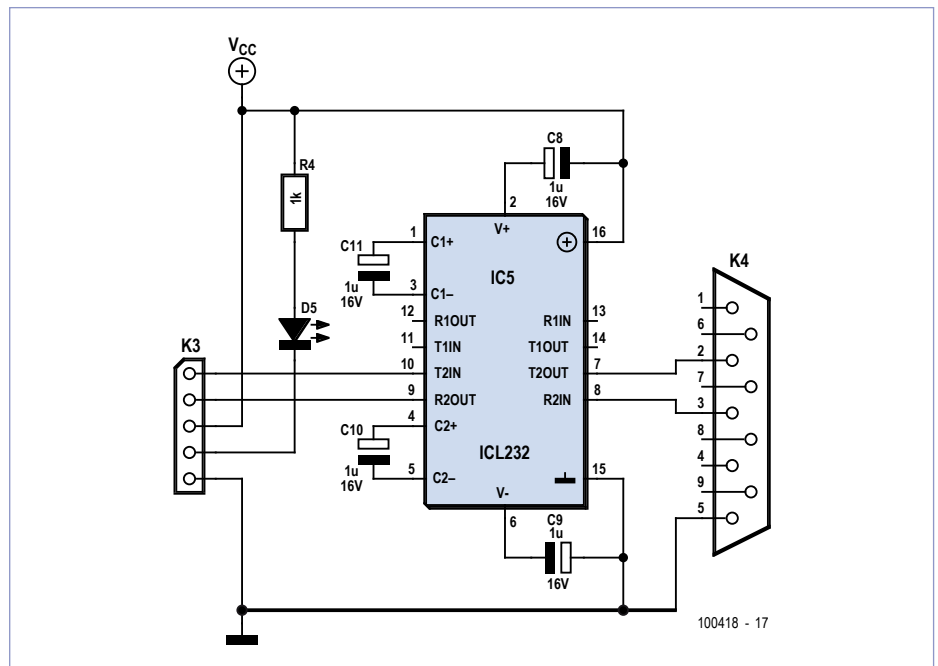
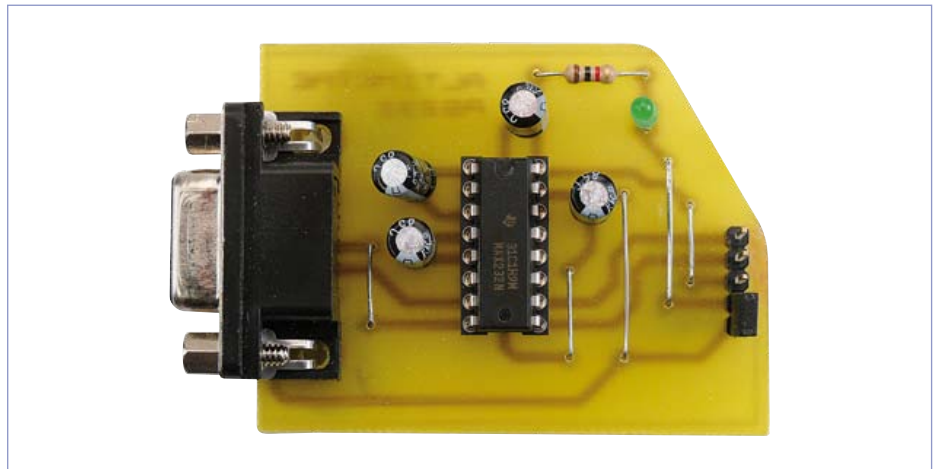


Bild 5. Der RS232-Adapter bleibt immer am Boden – und wurde deswegen auf einer eigenen Platine untergebracht.



Nach dem Start der Rakete nimmt die Höhe zu (falls alles gut geht ;-)) und der Luftdruck ab. Sobald das Programm einen genügend großen Druckunterschied erkennt, startet die Datenerfassung automatisch für einen Zeitraum, der ganze Vielfache von 3,2 Sekunden beträgt.

Sie können den Luftdruck-Schwellenwert (welcher die Datenerfassung) auslöst, und die Aufzeichnungsdauer mittels HyperTerminal (**Bild 7**) einstellen. LED D4 leuchtet während der Konfiguration. Drücken Sie die Leertaste, um das Menü anzuzeigen. Wählen Sie das Konfigurationsmenü und geben Sie die Aufzeichnungsdauer dreistellig ein (hier 010, für 10 x 3,2 = 32 s). Fahren Sie danach mit der Eingabe des Schwellen-

wertes zwischen 1 und 9 dPa (**Dezipascal**) fort, wobei die abgebildete „5“ für eine erreichte Höhe von etwa vier Metern steht (1 dPa = 0,83 m).

Raketenstart und Auswertung der Daten

Den Höhenmesser kann man zuerst auch mit einem Schaumstoffball, einem Flugdrachen oder ähnlichem testen. Die einzige Schwierigkeit besteht wohl darin, den Schwellenwert in Abhängigkeit von der Wetterlage festzulegen. Falls sich der Sensor im Freien befindet, kann schon der Wind einen Messvorgang auslösen. Der Kniff besteht darin, den Sensor wie ein Mikrophon zu schützen oder das Ganze in ein Gehäuse einzubauen, allerdings erhöhen

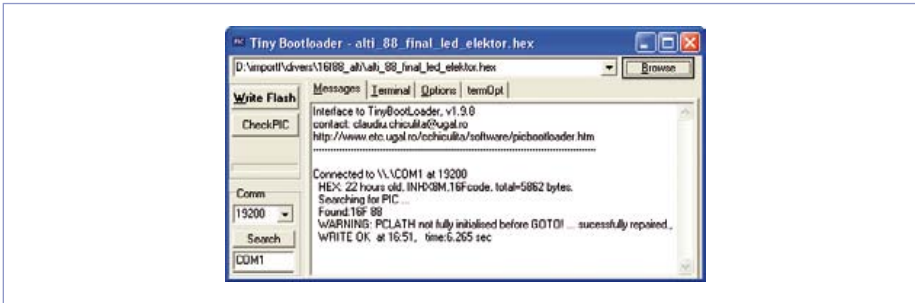


Bild 6. Einfache Programmierung des PICs dank Tiny PIC Bootloader.

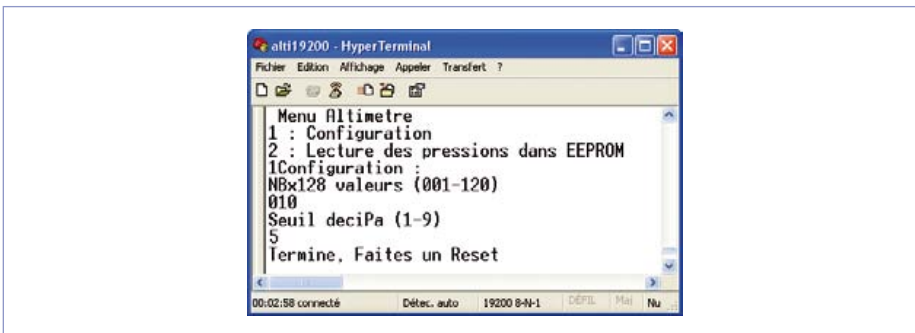


Bild 7. Konfiguration des Höhenmessers mittels HyperTerminal.

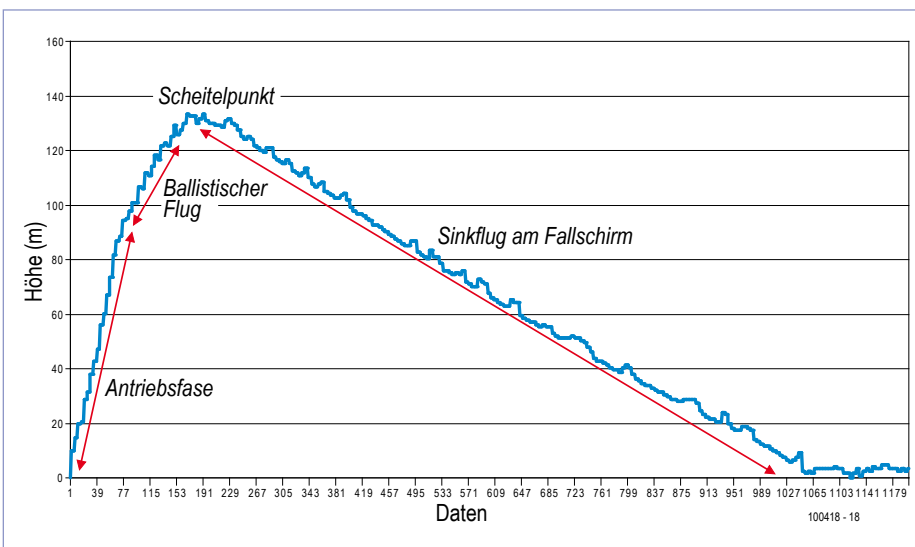


Bild 8. Die während des Fluges gewonnenen Daten sind hier als Höhenprofil dargestellt. Gut zu erkennen sind die verschiedenen Flugphasen.

solche Maßnahmen das Gesamtgewicht. Sobald der fertig konfigurierte Höhenmesser in das Fluggerät eingebaut ist, können Sie ihn mittels Jumper K1 unter Spannung setzen. Die LED D3 leuchtet für 3 Sekunden auf und zeigt damit an, dass eine Messung des Luftdrucks am Boden als Referenz vorgenommen wird. Danach leuchtet die LED D2, um die Aufnahmebereitschaft anzuzeigen. Leichtes Klopfen auf den Sensor kann eine große Druckänderung simulieren. Die LEDs D1 und D2 blinken während der gesamten Datenerfassung.

Um die gewonnenen Daten aus dem EEPROM auszulesen, öffnen Sie HyperTerminal auf dem PC und starten die Datenübertragung im Menü „Transfer“. Sobald die Daten auf dem Schirm zu sehen sind, nehmen Sie diese mit „Copy“ in die Zwischenablage auf. Öffnen Sie ein neues Spreadsheet (mit dem Programm Ihres Vertrauens) und fügen Sie die soeben gewonnenen Text-Daten ein („Paste“). Jetzt muss nur noch die Flughöhe nach Formel berechnet und die Flugbahn als Diagramm angezeigt werden (Bild 8). Ein Beispiel findet sich in der Datei „trace.ods“ [1] (Altitude=Flughöhe):

$$\text{Höhe} = \frac{288,15}{0,0065} \times \left(1 - \left(\frac{P_h}{P_a} \right)^{0,19} \right)$$

mit :

- P_h : Höhenluftdruck
- P_a : Bodenluftdruck (erste Messung)
- 288,15 : Lufttemperatur in Kelvin, in diesem Fall 15°C (288,15-273,15)

(100418)

Weblinks

- [1] www.elektor.de/100418
- [2] www.etc.ugal.ro/cchiculita/software/picbootloader.htm

Hexadoku

Sudoku für Elektroniker

Nach der speziellen Hexadoku-Version aus dem Märzheft ist es nun wieder Zeit für unser „ganz normales“ Rätsel. So wie Sie es gewohnt sind, besteht es aus 16 mal 16 Kästchen und ist mit hexadezimalen Ziffern aufzufüllen. Die Lösung sind die Zahlen/Buchstaben in den grauen Kästchen. Wer uns diese einschickt, kann einen von vier schönen Elektor-Gutscheinen gewinnen!

Die Regeln dieses Rätsels sind ganz einfach zu verstehen: Bei einem Hexadoku werden die Hexadezimalzahlen 0 bis F verwendet, was für Elektroniker und Programmierer ja durchaus passend ist. Füllen Sie das Diagramm mit seinen 16 x 16 Kästchen so aus, dass **alle** Hexadezimalzahlen von 0 bis F (also 0 bis 9 und A bis F) in jeder Reihe, jeder Spalte und in jedem Fach mit 4 x 4 Kästchen (markiert

durch die dickeren schwarzen Linien) **genau einmal** vorkommen. Einige Zahlen sind bereits eingetragen, was die Ausgangssituation des Rätsels bestimmt.

Wer das Rätsel löst - sprich die Zahlen in den grauen Kästchen herausfindet - kann wie jeden Monat einen Hauptpreis oder einen von drei Trostpreisen gewinnen!

Mitmachen und gewinnen!

Unter allen internationalen Einsendern mit der richtigen Lösung verlosen wir einen ELEKTOR-Gutschein im Wert von 100 € und drei ELEKTOR-Gutscheine im Wert von je 50 €.

Einsenden

Schicken Sie die Lösung (die Zahlen in den grauen Kästchen) per E-Mail, Fax oder Post an:
 Elektor – Redaktion Süsterfeldstr. 25 52072 Aachen
 Fax: 0241 / 88 909-77 E-Mail: hexadoku@elektor.de
 Als Betreff bitte nur die Ziffern der Lösung angeben!
 Einsendeschluss ist der 30. April 2011!

Die Gewinner des Hexadokus aus dem Februarheft stehen fest!

Die richtige Lösung ist: 9084B.

Der Elektor-Gutschein über 100 € geht an: H.A. Stuuat aus Apeldoorn (NL).

Einen Elektor-Gutschein über je 50 € haben gewonnen: Knut I. Bakke, Joachim Hey und Moses McKnight.

Herzlichen Glückwunsch!

		F	B			4	8		D		2	6	9		
	2	0			C		6				4		1		5
3	5					E	0	8	9		1		C		
C			E	7	F			A							
			F			C	E								
	0		D		3	F							1		4
B		9		4	0				8		F	3	E	C	6
2	4	7		9								F	0	5	
		D	0						2	9	A	C			
1		3				6		0				A	4		E
								4		1		0		2	
9	8	B				3		F			E		D	6	
5					8	D	1	2	7	C		9		A	3
0	D	1				2	F		E		B				4
					A	7	3			F	8	D		1	
	F					0			1			2	7		

9	C	F	8	4	D	7	3	A	E	2	5	B	1	0	6
1	E	4	B	2	A	6	C	7	0	8	D	5	3	9	F
0	7	2	D	1	B	5	F	6	9	C	3	8	E	A	4
3	A	5	6	E	9	0	8	4	B	F	1	C	D	2	7
4	F	8	3	5	C	2	9	0	6	E	A	D	7	B	1
A	9	D	0	B	7	E	6	3	C	1	2	4	F	5	8
7	1	6	E	8	4	F	A	B	D	5	9	3	0	C	2
B	2	C	5	D	0	3	1	F	4	7	8	9	A	6	E
D	8	3	9	F	1	4	0	C	A	B	6	E	2	7	5
5	B	A	7	3	6	C	2	8	1	9	E	F	4	D	0
E	4	1	2	7	5	9	B	D	3	0	F	A	6	8	C
C	6	0	F	A	8	D	E	5	2	4	7	1	9	3	B
F	D	7	1	0	E	A	5	9	8	6	C	2	B	4	3
6	3	E	4	C	2	8	D	1	7	A	B	0	5	F	9
2	5	9	C	6	3	B	4	E	F	D	0	7	8	1	A
8	0	B	A	9	F	1	7	2	5	3	4	6	C	E	D

Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Mitarbeiter der in der Unternehmensgruppe Elektor International Media B.V. zusammengeschlossenen Verlage und deren Angehörige sind von der Teilnahme ausgeschlossen.

137 Jahre Halbleitertechnik

Von Andrew Emmerson (UK)

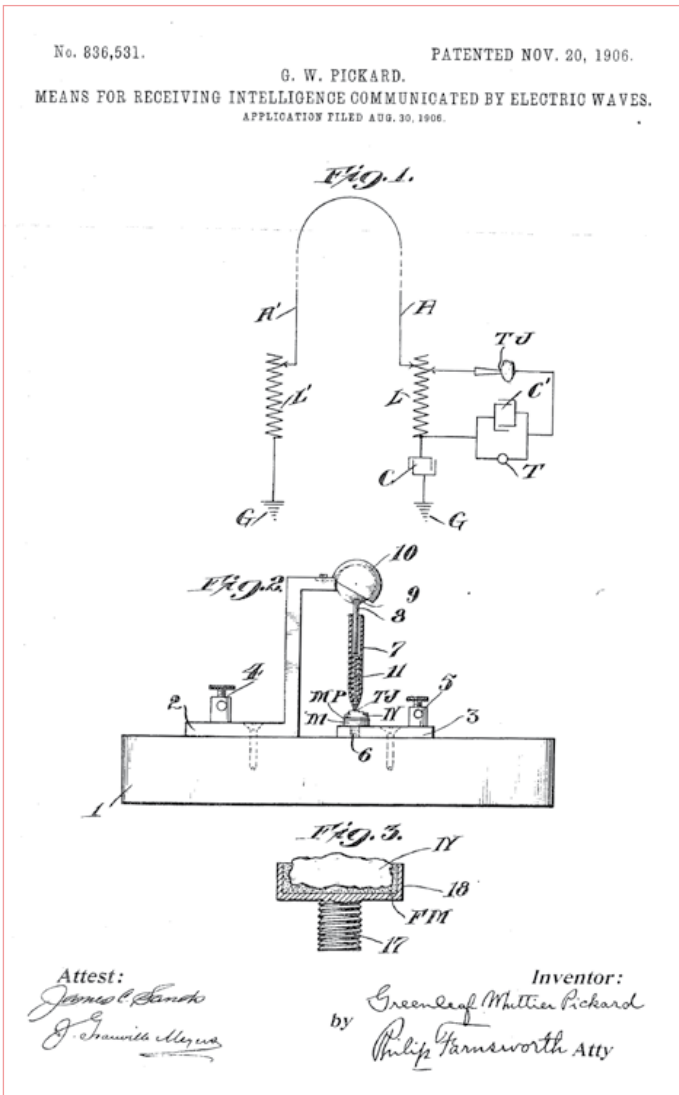


Bild 1. Patent von 1906 für Greenleaf Pickards verbesserte Kristall-Diode.

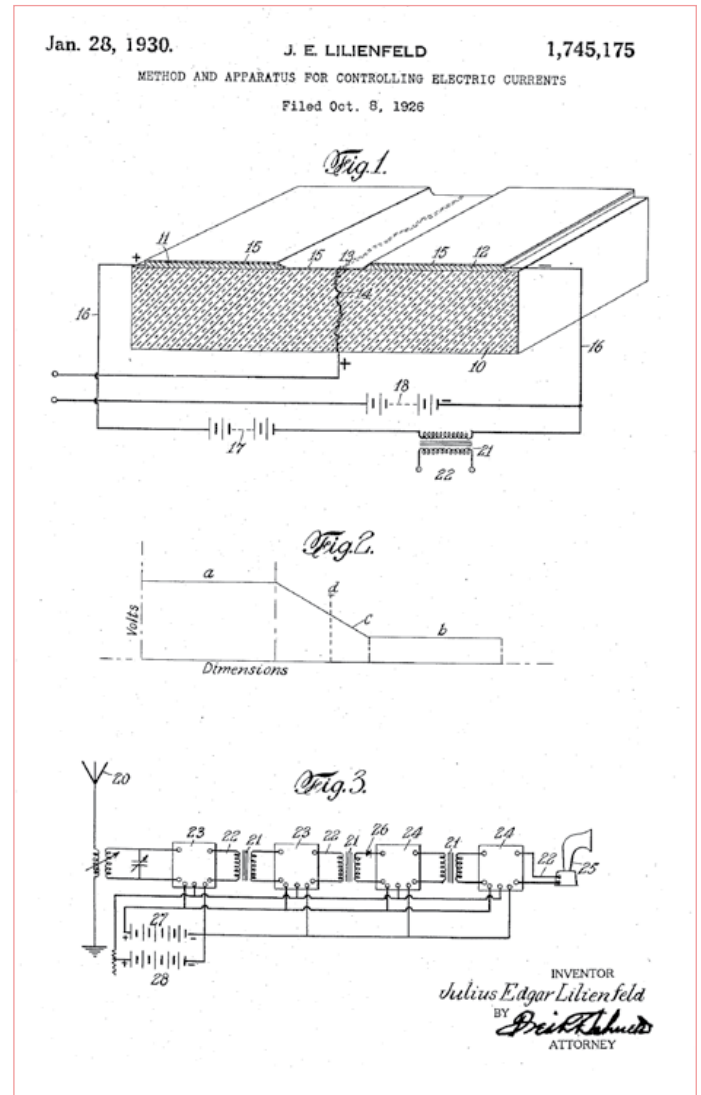


Bild 2. Das 1926er-Patent von Lilienfeld zu „Method and Apparatus for controlling Electric Currents“.

Ist Ihnen bewusst, dass Halbleiter so neu gar nicht sind? Die ersten Halbleiter stammen nämlich aus dem Jahre 1874, als Ferdinand Braun den ersten Gleichrichter in Form eines Bleisulfidkristalls mit Spitzenkontakt erfand. Doch die Lorbeeren für den Beginn der Halbleiter-Revolution sollten besser an Greenleaf Pickard aus Massachusetts gehen, da ihm die Entdeckung der Wirkung metallischer Spitzenkontakte an der Oberfläche diverser Kristalle (darunter Silizium) zu verdanken ist. Mit seinen Gleichrichtern konnte man sehr gut die durch eine Antenne empfangenen Radiowellen detektieren. Pickard perfektionierte 1906 den Kristalldetektor (den er „wave-

interceptor“ nannte) und erhielt ein Patent für Silizium-Detektoren (Bild 1). Dieser Spitzengleichrichter war Basis unzähliger Detektor-Empfänger, die bis zur Erfindung der (besseren) geheizten Trioden-Röhre sehr populär waren. Diese Diode war allerdings ein relativ passives Teil. Von daher würde man eher jemanden als Vater der Halbleitertechnik bezeichnen, der mit Kristallen eine Verstärkung bewerkstelligen konnte. Und das dauert nicht lange: Schon 1910 konnte Dr. W.H. Eccles laut einer Schrift der Physical Society of London mit Galenit-Kristallen (Bleiglanz) ungedämpfte Schwingungen erzeugen. Trotzdem ver-

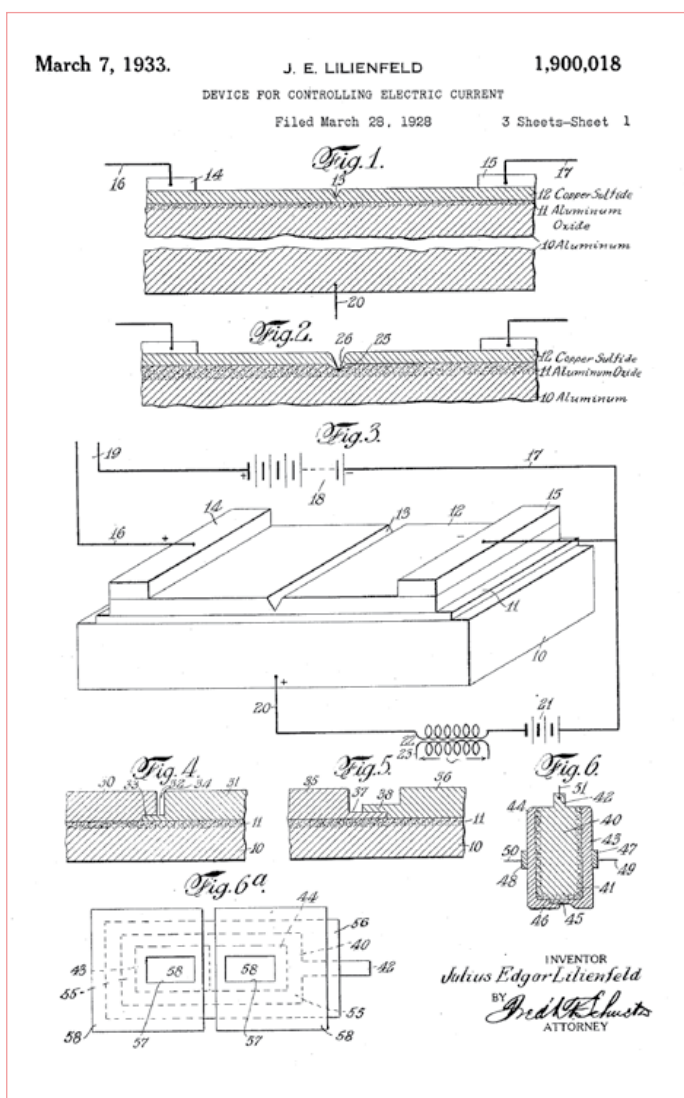


Bild 3. Das Lilienfeldsche Patent von 1933 beschreibt das Prinzip eines Feldeffekt-Transistors und seine Vorteile gegenüber „umständlichen Vakuum-Röhren“.

diente sich eher Oleg Losev aus Russland die Meriten für den ersten praktisch funktionierenden Halbleiter-Verstärker. Er verwendete Zinkit (Zinkoxid) und einen Spitzenkontakt plus Vorspannung, um in den frühen 1920ern einen Oszillator zu bauen, der sogar als Sender kleiner Leistung arbeitete. Bis heute ist nicht geklärt, ob Losev etwas von Eccles Vorarbeiten eine Dekade früher mitbekommen hatte. Die Arbeiten von Losev wurden detailliert in der September-

Ausgabe 1924 der Zeitschrift *Radio News* und dann am 1. und 8. Oktober jenes Jahres in der Zeitschrift *Wireless World* beschrieben. Hugo Gernsback, der Herausgeber von *Radio News*, sagte damals übrigens korrekt voraus, dass Kristalle eines Tages die Röhren in der Elektronik ersetzen würden. Die Mehrzahl dieser frühen Experimente wurden übrigens von modernen Forschern repliziert^[1,2]. Außerdem steht neuerdings eine Ausgabe von *Popular Wireless* aus dem Jahre 1925 online zur Verfügung^[3] - Information aus erster Hand zu vielen Details der damals eingesetzten Techniken.

Falsche Geschichte

Aber der Transistor wurde doch 1947 in den Bell Laboratorien in den USA erfunden, oder? Nein. Das ist lediglich ein Beleg dafür, wie einfach es ist, Geschichte zu fälschen. Tatsächlich wurde bei Bell lediglich eine Variante eines früher erfundenen und schon patentierten Bauteils kreiert. Ob dabei die schon ein viertel Jahrhundert alte ‚prior art‘ übersehen oder gar bewusst ignoriert wurde, ist heute nicht mehr nachvollziehbar. Fakt ist aber, dass ein Dr. Julius Lilienfeld aus Deutschland 1926 ein US-Patent (**Bild 2**) für seine Erfindung erhielt: Er beschrieb, wie das Anlegen einer Spannung an ein schlecht leitendes Material dessen Leitfähigkeit erhöht und somit auch eine Verstärkung möglich macht. Er demonstrierte seinen bemerkenswerten „röhrenlosen“ Radioempfänger bei vielen Gelegenheiten - erfolglos, da seine Erfindung die Position der Röhrenindustrie bedrohte. Mit dem Patent von 1933 (**Bild 3**) erweiterte er sein ursprüngliches Patent (Method and Apparatus for controlling Electric Currents). Der Radio-Historiker David Topham (GM3WKB) merkt dazu an: „Das US-Patent 1,900,018 beschreibt eindeutig einen Feldeffekt-Transistor, der mit Dünnschichttechniken realisiert wurde, die erst mit dem MOSFET zum Standard wurden, was allerdings noch gut 30 Jahre dauerte. Das Patent beschreibt dessen Vorteile gegenüber ‚umständlichen Vakuum-Röhren‘.“

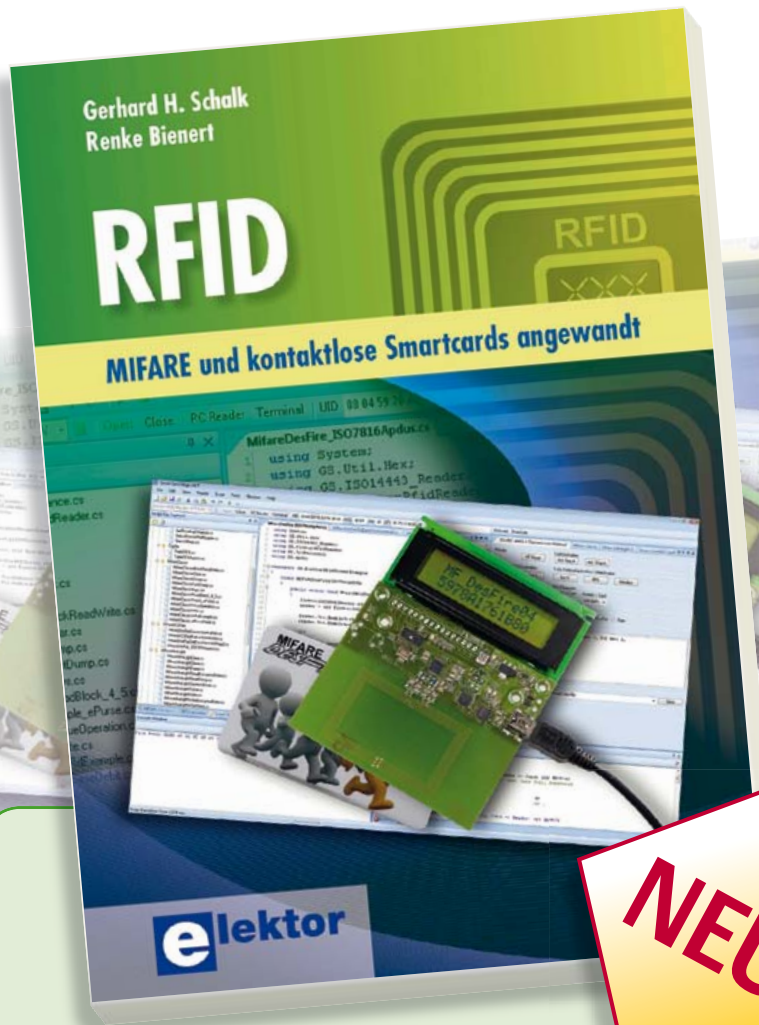
(110020)

Weblinks

- [1] Nyle Steiner repliziert Losevs Oszillator-Kristalle:
<http://home.earthlink.net/~lenyr/iposc.htm>
- [2] David Glass erzeugt Tonschwingungen mit Pyrit:
<http://pw1.netcom.com/~wa4qal/crystal2.htm>
- [3] Popular Wireless: Crystal Experimenters Handbook, Oktober 1925:
http://docs.google.com/viewer?url=http://earlywireless.com/pdf/pw_xtal_experimenter_hdbk.pdf
- [4] Volltext-Suchmaschine für US-Patente von 1790 bis heute:
<http://patft.uspto.gov/netahtml/PTO/search-bool.html>

Starke Stücke

Die ganze Welt der Elektronik in einem Shop!



NEU!

MIFARE und kontaktlose Smartcards angewandt

RFID

Die RFID-Technologie erobert viele Bereiche, in denen bisher Barcodes, Magnetstreifen und kontaktbehaftete Smartcards im Einsatz waren. Anwendungen aus dem täglichen Leben wie elektronische Fahrscheine, Zutrittskarten, Bankkarten oder elektronische Ausweisdokumente wären ohne diese Technik nicht denkbar.

MIFARE ist die weltweit meistgenutzte RFID-Technologie. Dieses neue Buch bietet einen praxisorientierten und umfassenden Einstieg in diese Technologie. Die einleitenden Kapitel behandeln u. a. die physikalischen Grundlagen, die relevanten Normen, das RFID-Antennendesign, die Sicherheitsaspekte und die Kryptografie. Das vollständige Hardware- und Softwaredesign eines Readers ist ausführlich beschrieben. Die Readerfirmware und die PC-Software unterstützen die Programmierung in einer beliebigen .NET-Sprache.

464 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-219-2 • € 56,00 • CHF 76,20



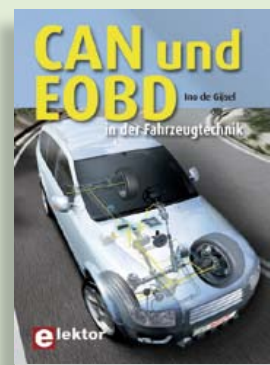
Topseller

Mikrocontroller selber programmieren

Das MSP430 Mikrocontroller Buch

Moderne Mikrocontroller werden immer leistungsfähiger und können vielfältige Aufgaben übernehmen, für die vor wenigen Jahren noch ein kompletter Computer nötig gewesen wäre. Dieses Buch eröffnet einen schrittweisen Einstieg in die Welt der Mikrocontrollerprogrammierung und führt mit ausführlichen Anwendungsbeispielen in die Fähigkeiten dieser außergewöhnlichen Prozessorfamilie ein.

296 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-236-9
€ 42,00 • CHF 57,20

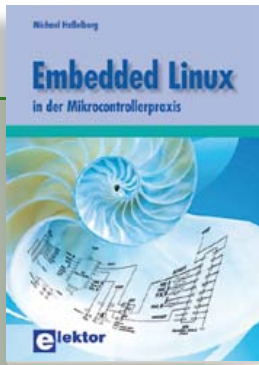


Professionelle Kfz-Fehlerdiagnose

CAN und EOBD in der Fahrzeugtechnik

In diesem Buch werden Funktion und Aufbau des CAN-Protokolls sowohl im Hard- als auch im Software-Bereich ausführlich beschrieben. Dabei kommen die damit verbundenen Themen wie „Aufbau eines CAN-Berichtes“, „Prioritätsregelung“ und „physikalische Verbindung“ nicht zu kurz. Neben dem CAN-Bus ist EOBD-via-CAN ein vorherrschendes Thema. Wie funktioniert EOBD und welche diagnostischen Gegebenheiten sind mithilfe eines Diagnosetesters zugänglich?

275 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-242-0
€ 39,00 • CHF 53,10



Linux goes Embedded

Embedded Linux in der Mikrocontrollertechnik

Linux auf dem Desktop – das ist heute leicht und einfach möglich. Embedded Linux ebenso, auch wenn es kompliziert erscheint. Dieses Buch gibt allen Interessierten Hilfestellung, die Linux auf einer Embedded-Plattform installieren und nutzen möchten. Das im Buch vorgestellte System arbeitet mit der Toshiba-ARM9-Familie.

304 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-208-6
€ 44,00 • CHF 59,90



Callbacks, Fließkommafunktionen und BCD-Arithmetik

Systemprogrammierung II für AVR-Mikrocontroller

Mit jeder neuen Controllergeneration nimmt die Anzahl der bereitgestellten Interrupts zu. Eine Möglichkeit Interrupts zu organisieren, um dieser Zunahme Herr zu werden, nämlich der Einsatz von Callbacks und Callback Chains, wird im ersten Teil des Buches vorgestellt. Es folgt die Ergänzung und Erweiterung der Fließkommaarithmetik aus dem ersten Buch der Reihe „Systemprogrammierung“ mit den wichtigsten mathematischen Funktionen.

319 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-243-7
€ 42,00 • CHF 57,20



Konzeption – Realisation – Evaluation

Der Entwurf von Röhrenverstärkern

Auch heute noch klingen Röhrenverstärker zweifellos phantastisch. Gegenwärtig verfügen wir über moderne Bauteile und Materialien, wie z.B. Ringkern-Ausgangsübertrager, hochwertige Widerstände, Kondensatoren und allerlei, die Übertragungseigenschaften nicht beeinflussende Drahtsorten. Dieses Buch behandelt nicht nur die Theorie, sondern richtet die Aufmerksamkeit auf die Entwurfsphase von Verstärkern, innerhalb derer die projektierten Eigenschaften und gestellten Anforderungen formuliert werden müssen.

187 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-237-6
€ 38,00 • CHF 51,70

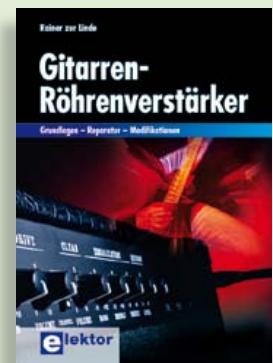


Statische Datenstrukturen –

vom Bit zur mehrdimensionalen Tabelle AVR-Programmierung 2

Das zweite Buch der Reihe zur Programmierung von AVR-Mikrocontrollern ist den statischen Datenstrukturen gewidmet. Dazu zählen die ein- und zweidimensionalen Tabellen. Breiter Raum ist aber auch den Datenstrukturen mit Bits gegeben, die nicht nur auf klassische Weise zur Implementierung von Mengen, sondern sogar zur Realisierung von Methoden der Graphentheorie eingesetzt werden.

332 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-230-7
€ 46,00 • CHF 62,60



Grundlagen – Reparatur – Modifikationen

Gitarren-Röhrenverstärker

Obwohl subjektive Qualitätskriterien für „guten Sound“ rational kaum fassbar sind, sind die technischen Zusammenhänge eindeutig. Dieses Buch deckt diese Zusammenhänge in Theorie und Praxis auf. Es richtet sich an den technisch ambitionierten Musiker ebenso wie an denjenigen, der sich mit dieser außerordentlich interessanten Verstärkertechnik näher befassen möchte. Neben unverzichtbaren Funktionsbeschreibungen findet der Leser Anleitungen zur Fehlersuche und Instandsetzungstechnik.

253 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-241-3
€ 42,00 • CHF 57,20

Weitere Informationen
zu unseren Produkten
sowie das gesamte
Verlagssortiment finden Sie
auf der Elektor-Website:

www.elektor.de

Elektor-Verlag GmbH
Süsterfeldstr. 25
52072 Aachen
Tel. +49 (0)241 88 909-0
Fax +49 (0)241 88 909-77
E-Mail: bestellung@elektor.de





NEU!

Kompletter Elektor-Jahrgang 2010 auf DVD

Elektor-DVD 2010

Die neue Elektor-Jahrgangs-DVD enthält alle Artikel des Jahrgangs 2010. Sie verfügt über eine sehr übersichtlich gestaltete Benutzeroberfläche. Mit der Elektor-DVD 2010 können Sie: Platinenlayouts in perfekter Qualität drucken; diese Layouts mit einem Zeichenprogramm verändern; die Schnellsuchfunktion benutzen, mit der Sie in den einzelnen Artikeln oder im ganzen Jahrgang nach Wörtern, Bauteilen oder Titeln suchen können; Schaltbilder, Platinenlayouts, Illustrationen, Fotos und Texte exportieren.

ISBN 978-90-5381-267-9 • € 27,50 • CHF 37,40



NEU!

Mikrocontroller-Programmierung leicht gemacht

ATM18-Collection

Diese CD-ROM enthält alle Artikel der populären Elektor-Serie „CC2-AVR-Projekt“ mit mehr als 25 Projekten mit dem ATM18-Board inkl. der benötigten Software und Platinenlayouts sowie weiteren Zusatzinformationen. Des Weiteren umfasst die CD auch den kompletten 6-teiligen Elektor-BASCOM-AVR-Kurs.

ISBN 978-0-905705-92-7 • € 29,50 • CHF 40,20



NEU!

SatFinder

(Elektor März 2010)

Wer regelmäßig eine Satellitenschüssel neu ausrichten muss (zum Beispiel, wenn ein Camper oder ein Boot damit ausgestattet ist), steht immer vor dem Problem, die jeweilige Satellitenposition zu ermitteln. Der GPS-basierte SatFinder verfügt über eine Datenbank mit den beliebtesten TV-Satelliten und berechnet mit Hilfe der GPS-Standortdaten alles, was man zum Ausrichten der Antenne auf den Satelliten braucht.

Bausatz inkl. progr. Controller, Display und Platine (europäische Version)

Art.-Nr. 100699-71 • € 79,95 • CHF 108,80



Netzer

(Elektor Dezember 2010)

Diese Schaltung ist rund um einen PIC 18-Controller aufgebaut, der mit einem integrierten Ethernet-Transceiver ausgestattet ist. Die frei erhältliche C-Software-bibliothek zur Implementierung des TCP/IP-Stacks wurde noch um einige Funktionen erweitert. Außerdem gehört zu diesem Projekt noch ein µC-Webserver, der Zustände an den Pins signalisieren und ändern kann, womit sich über das Internet schalten und walten lässt. Darüber hinaus lässt sich das Modul aber auch als „NetzwerkModem“ für einen anderen Controller nutzen. Für fortgeschrittene User gibt's SPI-Kommunikation, PoE und mehr.

Bestückte und getestete Platine

Art.-Nr. 100552-91 • € 59,95 • CHF 81,60



Digitales Multi-Effektgerät

(Elektor September 2010)

Mit dem richtigen Audioeffekt klingt jede Aufnahme einfach besser. Dass man Hall, Chorus, Flanger und vieles mehr digital erzeugen kann, ohne einen DSP auf dem Zahnfleisch programmieren zu müssen, beweisen wir mit diesem Gerät. Dieses Projekt ist rund um einen hochintegrierten Effekt-Chip aufgebaut und verfügt über ein intelligentes User-Interface mit LCD.

Bausatz mit allen Bauteilen, inkl. Platinen und progr. Controllern und EEPROM

Art.-Nr. 090835-71 • € 185,00 • CHF 251,60



Elektor-DSP-Radio

(Elektor Juli/August 2010)

Ein Weltempfänger ohne Abgleich? Digital Signal Processing (DSP) macht's möglich. Alle wesentlichen Funktionsgruppen befinden sich im DSP-Radiochip Si4735 auf einer Fläche von nur 3 mm x 3 mm. Dazu kommen ein Bauteil mit LCD, ein Stereo-NF-Verstärker und die erforderlichen Schnittstellen, damit der Empfänger optional auch über den PC gesteuert werden kann.

Bestückte und getestete Platine

Art.-Nr. 100126-91 • € 164,00 • CHF 223,10

April 2011 (Nr. 484) €

+++ Das Lieferprogramm zu dieser Ausgabe finden Sie auf www.elektor.de +++

März 2011 (Nr. 483)

SatFinder

- 100699-1 Platine 12,95
- 100699-41 Progr. Controller ATMEGA8A-PU (europäische Version) ... 9,95
- 100699-71 Bausatz inkl. progr. Controller, Display und Platine (europäische Version) 79,95

Zweifache lineare Stromversorgung für Flugmodelle

- 081064-1 Platine 16,95

Eine Lichterkette mit 160 RGB-LEDs

- 071035-91 SMD-bestückte Platine mit allen Bauteilen (ATM18-Controllermodul) 12,50
- 071035-92 SMD-bestückte Platine mit allen Bauteilen (ATM18-Testboard)..... 37,50
- 071035-93 SMD-bestücktes LCD-Board mit allen Bauteilen und Stiftleisten inkl. 4x20-LCD 29,95
- 100743-1 Platine 12,90

Februar 2011 (Nr. 482)

Wecken mit Licht

- 080850-1 Platine 32,50
- 080850-41 Prog. ATmega168-20PU..... 9,95

Mini-Webserver mit BASCOM-AVR

- 090773-91 Minimod 18: SMD-bestückte Platine inkl. vorprogr. Controller mit Bootloader 62,95

Ultimative Morsetaste(n)

- 100087-41 Prog. PIC16F688-I/P 9,95

TimeClick

- 100371-1 Platine 64,75
- 100371-41 Prog. ATtiny861-20SU 11,95

Telefon/VoIP-Adapter mit Linux

- 100761-1 Platine 9,15
- 100761-41 Prog. PIC18F2550-I/SO 15,00

MIAC-gesteuerte Fußbodenheizung

- MI0235 MIAC-Modul inkl. Software „Flowcode 3 für PIC“ 185,00
- MI1472 MIAC-Modul inkl. Software „Flowcode 4 für PIC“ 309,00
- MI3487 3 MIAC-Module inkl. Software „Flowcode 4 für PIC“ 669,95

Januar 2011 (Nr. 481)

Stimmenverzerrer

- 070859-41 Progr. Controller 6,50

EKG drahtlos

- 080805-1 Platine 9,95

Nixie-Thermometer

- 090784-1 Platine 13,95
- 090784-41 Progr. Controller AT89C2051/24PU 9,95

Motherboard für Arduino Nano

- 100396-1 Platine 19,95

Kopfhörerverstärker mit Standard-Bauteilen

- 100500-71 Gehäuse „ProjectCase“ 17,80
- 100701-1 Platine 9,95

ATM18-Lehrplatine

- 100742-1 Platine 29,95

Dezember 2010 (Nr. 480)

ARM-Fernbedienung

- 080632-91 ECRM40-Modul (bestückt und getestet) 44,50

Heizungs-Wärmemesser

- 090328-41 Progr. Controller ATmega328-20AU (TQFP32-08) 12,95

Fan-Flash

- 100127-1 Platine 4,95
- 100127-41 Progr. Controller ATtiny2313 9,95

Netzer

- 100552-91 Bestückte und getestete Platine 59,95

Drehzahlregler für kleinen Gleichstrommotor

- 100571-41 Progr. Controller ATtiny44-20PU 9,95

Modulare LED-Laufschrift

- 100664-41 Progr. Controller MC9S08SH32CWL 9,95

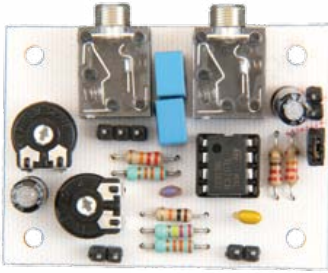
Bestseller

Bücher	1 Das MSP430 Mikrocontroller Buch ISBN 978-3-89576-236-9 € 42,00 CHF 57,20
	2 Systemprogrammierung II für AVR-Mikrocontroller ISBN 978-3-89576-243-7 € 42,00 CHF 57,20
	3 AVR-Programmierung 2 ISBN 978-3-89576-230-7 € 46,00 CHF 62,60
	4 Embedded Linux in der Mikrocontrollertechnik ISBN 978-3-89576-208-6 € 44,00 CHF 59,90
	5 Gitarren-Röhrenverstärker ISBN 978-3-89576-241-3 € 42,00 CHF 57,20
CD- & DVD-ROMs	1 Elektor-DVD 2010 ISBN 978-90-5381-267-9 € 27,50 CHF 37,40
	2 Wireless-Toolbox ISBN 978-90-5381-268-6 € 32,50 CHF 44,20
	3 The Audio Collection 3 ISBN 978-90-5381-263-1 € 21,50 CHF 29,30
	4 The Power Supply Collection 1 ISBN 978-90-5381-265-5 € 21,50 CHF 29,30
	5 Workshop-DVD Röhren 2 ISBN 978-3-89576-235-2 € 29,80 CHF 40,60
Bausätze & Module	1 SatFinder Art.-Nr. 100699-71 € 79,95 ... CHF 108,80
	2 Netzer Art.-Nr. 100552-91 € 59,95 CHF 81,60
	3 Geschaltetes Labornetzteil Art.-Nr. 090786-71 € 71,50 CHF 97,30
	4 Bluetooth für OBD-2-Analyser NG Art.-Nr. 090918-71 € 29,95 CHF 40,80
	5 Elektor-DSP-Radio Art.-Nr. 100126-91 € 164,00 ... CHF 223,10

Bestellen Sie jetzt einfach und bequem online unter www.elektor.de/shop oder mit der portofreien Bestellkarte am Heftende!

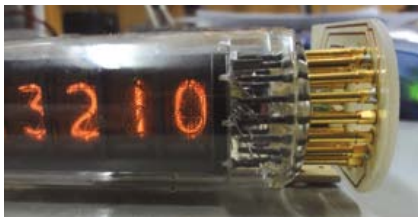


Elektor-Verlag GmbH
 Süsterfeldstr. 25, 52072 Aachen
 Tel. +49 (0)241 88 909-0
 Fax +49 (0)241 88 909-77
 E-Mail: bestellung@elektor.de



Konferenz-Mikrofon-System

Immer mehr Betriebe und Organisationen nutzen die Möglichkeit von Online-(Video-) Konferenzen. Ein Problem dabei ist oft die Tonqualität. Es ist kaum möglich, der Diskussion in einer Gruppe über ein einziges (Laptop-)Mikrofon zu folgen. Natürlich ist die Qualität des Mikrofons wichtig, aber mit nur einem einzigen Mikrofon wird es in größeren Räumen immer ein Problem geben. Hier hilft nur eine Konferenzschaltung mit mehreren Mikrofonen, wie wir sie im nächsten Heft vorstellen.



Nixie-Röhren

Nixie-Röhren verbreiten eine ganz besondere Atmosphäre. Das rötliche Leuchten strahlt eine gewisse Wärme aus und weckt bei vielen Elektronikern nostalgische Gefühle. In der Mai-Ausgabe lassen wir Nixie-Sammler Jens Boos zu Wort kommen. Er stellt nicht nur die interessantesten Exemplare seiner in der ganzen Welt zusammengetragenen Sammlung vor, sondern informiert auch über die Geschichte, die Technik, die Ansteuerung und die Anwendung dieser Anzeigeröhren. (Foto: Hans Michielsen)



VGA-Karte für Mikrocontroller

In den meisten Fällen wird in Mikrocontroller-Systemen ein kleines LCD-Modul als Anzeigeeinheit verwendet. Wenn ein größeres Display benötigt wird, kann man auch auf einen preiswerten PC-Monitor mit VGA-Eingang zurückgreifen. Eine sehr einfach zu verwendende Lösung stellt der im nächsten Heft vorgestellte Seriell-zu-VGA-Konverter dar. Die Darstellung ist zwar monochrom, dafür besteht die Schaltung aber im Wesentlichen auch nur aus einem dsPIC30F3011-Mikrocontroller.



Elektor Mai erscheint am 20.04.2011.

Elektor gibt es im Bahnhofsbuchhandel, Elektronik-Fachhandel, an ausgewählten Kiosken und garantiert beim Presse-Fachhändler. Ein Verzeichnis finden Sie unter www.blauerglobus.de. Sie können Elektor auch direkt bei www.elektor.de bestellen.

Änderungen vorbehalten!



Abo-Service: Marleen Brouwer
E-Mail: abo@elektor.de

Bestellannahme und Bestellservice: Peter Custers
E-Mail: bestellung@elektor.de
Tel. +49 241 88 909-66

Geschäftszeiten
Montag – Donnerstag von 08:30 bis 17:00 Uhr
Freitag von 08:30 bis 12:30 Uhr
Tel. +49 241 88 909-0
Fax +49 241 88 909-77

Unser Kundenservice berät Sie bei allen Fragen zu Bestellungen, Lieferterminen und Abonnements. Änderungen, Reklamationen oder besondere Wünsche (wie z. B. Geschenkabonnement) richten Sie ebenfalls an den Kundenservice. Vergessen Sie bitte nicht, Ihre Kundennummer anzugeben – falls vorhanden.

Einzelheft

Deutschland	€ 7,40
Österreich, Belgien, Luxemburg	€ 8,20
Schweiz	CHF 14,30

Jahresabonnement-Standard

Deutschland	€ 77,50
Österreich, Belgien, Luxemburg	€ 84,50
Schweiz	€ 97,50
Andere Länder	€ 102,50

Jahresabonnement-PLUS

Deutschland	€ 95,00
Österreich, Belgien, Luxemburg	€ 102,00
Schweiz	€ 115,00
Andere Länder	€ 120,00

Probeabonnement

Alle Länder (zzgl. Porto)	€ 14,90
---------------------------	---------

Studentenabo-Standard

Deutschland	€ 62,00
Österreich	€ 67,60
Schweiz	€ 78,00

Studentenabo-PLUS

Deutschland	€ 79,50
Österreich	€ 85,10
Schweiz	€ 95,50

Upgrade zum Abo-PLUS

Alle Länder	€ 17,50
-------------	---------

Jahres- und Studentenabonnements (11 Hefte) dauern immer 1 Jahr und verlängern sich automatisch um weitere 12 Monate, wenn nicht spätestens 2 Monate vor Ablauf schriftlich gekündigt wird.

Änderungen und Irrtümer vorbehalten.

Bankverbindungen

Commerzbank Aachen
Konto 1 201 102 (BLZ 390 400 13)
IBAN: DE89 3904 0013 0120 1102 00
BIC: COBADEFFXXX

Postgiro Köln
Konto 229 744-507 (BLZ 370 100 50)
IBAN: DE17 3701 0050 0229 7445 07
BIC: PBNKDEFF

Ja, ich möchte Elektor im Jahresabonnement

04/2011

(11 Hefte / inkl. Doppelheft Juli/August) pünktlich und zuverlässig frei Haus beziehen.
Im Vergleich zum Einzelheftkauf am Kiosk spare ich beim Standard-Abonnement € 10,00 (bei der PLUS-Variante sogar € 25,00). Als Dankeschön erhalte ich das Elektor-Buch "Software Defined Radio" (sofort nach Zahlung der Abonnementrechnung) gratis zugeschickt.

Bitte wählen Sie Ihr Jahresabonnement aus:

Jahresabonnement-Standard für nur € 77,50

Jahresabonnement-PLUS (inkl. Jahrgangs-DVD 2011 ** + exklusiver Online-Zugang zu Elektor-Plus.de) für nur € 95,00

TIPP

Zahlungsweise Rechnung Bankeinzug (gilt nur für D)

Bank _____

Konto _____

BLZ _____

Datum, Unterschrift _____

* Das Abonnement verlängert sich automatisch um 12 Monate, wenn nicht spätestens zwei Monate vor Ablauf schriftlich gekündigt wird.
** Diese DVD-ROM wird Ihnen sofort nach Erscheinen (Februar 2012) zugeschickt.

Ja, ich möchte Elektor kennenlernen!

04/2011

Ich erhalte die nächsten 3 Ausgaben für nur € 14,90 pünktlich und zuverlässig frei Haus.*

Wenn Sie innerhalb von 1 Woche nach Erhalt der dritten Ausgabe nichts von mir hören, möchte ich Elektor im Jahresabonnement für nur € 77,50 weiter beziehen.

Zahlungsweise Rechnung Bankeinzug (gilt nur für D)

Bank _____

Konto _____

BLZ _____

Datum, Unterschrift _____



* Dieses Angebot gilt nur, wenn Sie während der letzten 12 Monate noch nicht Abonnent waren.

Elektor-Bestellkarte

04/2011

Ich bestelle folgende Elektor-Produkte:

Diesen Streifen an den unten stehenden
Streifen kleben!

Bezeichnung	Preis	Anzahl	Gesamtpreis
RFID	€ 56,00		
CD ATM+8-Collection	€ 29,50		
DVD Wireless-Toolbox	€ 32,50		
Elektor-DVD 2010	€ 27,50		
Das MSP430 Mikrocontroller Buch	€ 42,00		
Systemprogrammierung II für AVR-Mikrocontroller	€ 42,00		
Gitarren-Röhrenverstärker	€ 42,00		
The Power Supply Collection 1	€ 21,50		

zzgl. Porto- und Versandkosten € 5,00

Gesamtbetrag €

Datum: _____ Unterschrift: _____

Tragen Sie bitte Ihre Anschrift auf der Rückseite ein!

Diesen Streifen an den oberen
Streifen kleben!

Elektor-PCB-Service

Die Adresse für Platinen, Prototypen und Multilayer

Möchten Sie Ihre selbst entworfene Platine schnell und zuverlässig geliefert bekommen? In Kleinserie und dabei zu einem unschlagbar günstigen Preis? Bestellen Sie jetzt Ihre individuelle Platine beim Elektor-PCB-Service!



Überzeugen Sie sich selbst vom Elektor-Leiterplatten-Service – jetzt unter

www.elektorpcbservice.de

Elektor-PCB-Service ist der Leiterplatten-Service von Elektor! Über die Website www.elektorpcbservice.de können Sie Ihren Entwurf als professionelle Platine herstellen lassen. Der Elektor-PCB-Service ist die richtige Adresse für Prototypen von neu entwickelten Platinen und für die Produktion modifizierter Elektor-Platinen.

Brauchen Sie kurzfristig einige Muster (Protos) oder eine Kleinserie (Batch), bestehend aus 5 bis 50 Exemplaren? Der Elektor-PCB-Service bietet jetzt beides zu einem günstigen Preis. Sie müssen uns nur über unsere Website Ihr Platinenlayout zusenden.

- Höchste Präzision und Industrie-Qualität zum günstigen Preis
- Kein Mindestbestellwert
- Keine Film- oder Einrichtungskosten
- Keine versteckten Kosten
- Online-Preisrechner
- Versand innerhalb von 5 Werktagen

Hier ist meine Anschrift:

Firma _____

Vorname _____

Name _____

Straße, Nr. _____

PLZ, Ort _____

Land **DE**

Kunden-Nr. _____

E-Mail _____

Antwort

Elektor-Verlag GmbH
Süsterfeldstr. 25
52072 Aachen

Innerhalb
Deutschlands
kein Porto
nötig!

Hier ist meine Anschrift:

Firma _____

Vorname _____

Name _____

Straße, Nr. _____

PLZ, Ort _____

Land **DE**

Kunden-Nr. _____

E-Mail _____

Antwort

Elektor-Verlag GmbH
Süsterfeldstr. 25
52072 Aachen

Hier ist meine Anschrift:

Firma _____

Vorname _____

Name _____

Straße, Nr. _____

PLZ, Ort _____

Land **DE**

Kunden-Nr. _____

E-Mail _____

Antwort

Elektor-Verlag GmbH
Süsterfeldstr. 25
52072 Aachen

Innerhalb
Deutschlands
kein Porto
nötig!

The Audio Collection 3



Mehr als 75 Audio-Selbstbauschalungen

Diese DVD-ROM enthält mehr als 75 verschiedene Audio-Projekte aus den Erscheinungsjahren 2002-2008 der Elektronik-Zeitschrift Elektor – mit Artikeln über Mess- und Test-geräte, Verstärker, Röhren, Digital-Audio und Lautsprecher-technik.



ISBN 978-90-5381-263-1
€ 21,50 • CHF 29,30

Einige der Highlights: ClariTy 2x300 W Klasse-T-Verstärker, Röhren-Endverstärker, High-End Poweramp, Drahtlose Audio-Übertragung, Paraphase-Klangeinsteller, Aktiver Subwoofer, Stereo-LED-VU für Autoradios, Hybrid-Audioverstärker, MP3-Adapter für TV-Geräte und HiFi-Röhrenendstufe.

Weitere Infos & Bestellung unter www.elektor.de/shop

INSERENTENVERZEICHNIS APRIL 2011

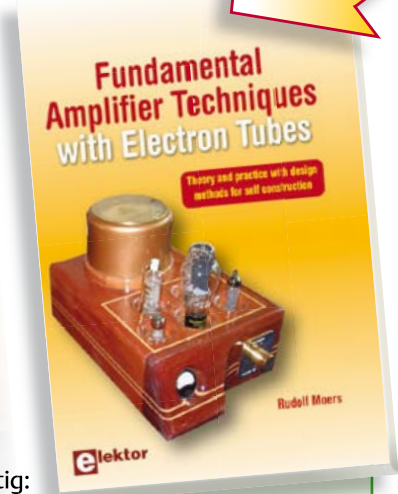
Beta Layout	www.beta-layout.com	12
Cadsoft Computer	www.cadsoft.de	13
Embedded Projects	www.embedded-projects.net	31
Emtron	www.emtron.de	31
Eurocircuits	www.eurocircuits.de	61
Franzis Verlag	www.franzis.de	47
Good Will Instruments	www.gwinstek.com	35
Ikalogic	www.ikalogic.com/scanlogic2/	47
Jackaltac	www.jackaltac.com	11
LeitOn	www.leiton.de	47
Markt		67
mikroElektronika	www.mikroe.com	3
NXP Product	www.nxp.com/cortex.m0	2
Reichelt	www.reichelt.de	88
Siemens	www.siemens.com/careers	9
Telemeter	www.telemeter.info	31

Fundamental Amplifier Techniques with Electron Tubes



Neue Röhren-Fibel in englischer Originalsprache!

Schon seit Jahren befand sich der Autor Rudolf Moers auf der Suche nach einem Buch, das beschreibt, wie man Verstärker mit Röhren entwirft, und das über reines Basiswissen hinausgeht. Da er solch ein Buch nicht finden konnte, beschloss er irgendwann, genau so ein Buch zu schreiben, das er selbst gerne gekauft hätte. Zu diesem Zwecke arbeitete er sich durch viel Literatur zu diesem Thema und führt viele Messungen selbst durch. Anschließend folgte die Organisation all dieser Informationen, die Erstellung von Zeichnungen und Formeln sowie die textliche Aufarbeitung. Und diese Mühe hat sich gelohnt: Heraus kam eine große Sammlung an Wissen über Röhrenelektronik, von der etliche Aspekte sogar schon in Gefahr standen, in Vergessenheit zu geraten. Zwei Aspekte an einem technischen Buch sind Lesern erfahrungsgemäß besonders wichtig: Genauigkeit und leichte Lesbarkeit. Beide zugleich findet man leider nur selten vereint. Gerade Leser ohne tiefen mathematischen Hintergrund sind eher an funktionierenden Rezepten ganz wie in einem Kochbuch interessiert. Dieses Buch erfüllt sogar diese Ansprüche, ohne die Lesbarkeit zu beeinträchtigen.



834 Seiten (geb.)
Format 21 x 28,5 cm
ISBN 978-0-905705-93-4
€ 75,00 • CHF 102,00

Weitere Infos & Bestellung unter www.elektor.de/shop



NSP 3630
99.95

Labor-Kompaktnetzgerät

- 4-stelliges, hintergrundbeleuchtetes LC-Display
- hochwertiger Drehimpulsgeber
- präzise Einstellung und Anzeige von Spannung und Strom mit einer Genauigkeit: $\pm 0,5\%$ bei 5 V sowie $\pm 0,5\%$ bei 1 A

1-36 VDC
 0,05-3 A

nur 7 cm

Programmierbares Labornetzgerät

- Fernsteuer-Anschluss für Spannung und Strom, Lastausgang
- Schutz vor Kurzschluss, Überlast, Überspannung und Übertemperatur
- zwei LED-Anzeigen
- drei, frei programmierbare Presets
- thermisch gesteuerter Lüfter
- Restwelligkeit: 5/50 mV

1-30VDC
 0-15A



HCS 3302
145.00

Markenqualität - Top-Service - günstige Preise!



Katalog kostenlos!
 Tagesaktuelle Preise:
www.reichelt.de

<p>Kippschalter mit Nylonhebel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schaltleistung: 16(4)A 250V~ • Anschluss: Faston 6,3 x 0,8 • Maße (LxBxH): 26 x 14 x 12 mm  <p>Arcoelectric</p> <p>KS C1710 1.45 Ein / Ein KS C1720 1.65 Ein / Aus / Ein</p>	<p>Drucktaster, vandalismussicher</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 Arbeitskontakt • Ø 22 mm, 2 A 48 V- • feuerbeständig • nicht ausreißbar  <p>APEM</p> <p>AV 09-00 6.90 Knopf Ø 15 mm, flach AV 19-00 6.95 Ø 15 mm, gewölbt</p>	<p>Wippschalter</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1-polige Ausschalter • 10(4) A / 250 V~ • Maße (LxBxH): 21 x 15 x 21  <p>MARQUARDT</p> <p>WIPPE 1801.1102 1.05 Wippe ohne Aufdruck WIPPE 1801.1119 0.96 roter Balken WIPPE 1801.1146 1.00 0 - I Aufdruck</p>	<p>Wippschalter</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1-polig, unbeleuchtet, Ø 23 mm • Schaltleistung: 10(4) A 250 V~ • Schaltfolge: Ein - Aus • Aufdruck: 0 - I  <p>Arcoelectric</p> <p>WS R13-112 AAAA 0.69 Gehäuse schwarz WS R13-112 AAAB 0.84 weiß</p>
<p>Kippschalter mit Metallhebel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schaltleistung: 16(4)A 250V~ • Anschluss: Faston 6,3 x 0,8 • Maße (LxBxH): 30 x 14 x 17 mm  <p>Arcoelectric</p> <p>KS C3900 3.85 Ein / Aus KS C3920 5.00 Ein / Aus / Ein</p>	<p>Druckschalter, vandalismussicher</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ø 22 mm, 2 A 48 V- • feuerbeständig • nicht ausreißbar  <p>APEM</p> <p>AV 09-100 EA2 10.95 Knopf Ø 15 mm, flach AV 19-100 EA2 11.20 Ø 15 mm, gewölbt</p>	<p>Wippschalter</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2-polige Ausschalter • 20(4) A / 250 V~ • 6,3-mm-Steckkontakt  <p>MARQUARDT</p> <p>WIPPE 1835.3112 3.30 Wippe rot, 0 - I Aufdruck WIPPE 1835.3118 3.20 grün, 0 - I Aufdruck</p>	<p>Wippschalter</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2-polig, beleuchtet, Ø 23,5 mm • Schaltleistung: 10 A 250 V~ • Schaltfolge: Ein - Ein  <p>SCI</p> <p>WS R13-244 B-RT 1.10 Beleuchtung rot (230V) WS R13-244 B-GN 1.10 grün (230V)</p>
<p>Schutzkappe</p> <ul style="list-style-type: none"> • für Kippschalter der Serie KS C3900 • Verhindert unbeabsichtigtes Betätigen  <p>Arcoelectric</p> <p>GUARD R17-10 3.50 rot</p>	<p>Druckschalter/-taster, vandalismussicher</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 x Ein • 16(4)A 250VAC • IP 66  <p>Arcoelectric</p> <p>H 8350RP 9.35 Druckschalter H 8351RP 9.35 Drucktaster</p>	<p>Schiebeschalter, 2-polig</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schaltleistung: 16 A/250 V~ • Maße (BxH): 14 x 11 mm  <p>SS</p> <p>SS X22200 0.90 2x Ein-Ein SS X23200 1.10 2x Ein-Ein-Ein SS X24200 0.96 2x Ein-Ein-Ein-Ein</p>	<p>Wippschalter, IP65</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1-polig, unbeleuchtet, Ø 23 mm • Schaltleistung: 10 (4) A 250 V~ • Schaltfolge: Ein - Aus  <p>SCI</p> <p>WS R13-112 A-SW 1.10 Wippe 0 - I WS R13-112 N-GN 1.35 grün, ohne</p>

Grenzen überschreiten und neue Maßstäbe setzen – das gilt nicht nur für unser Produktportfolio, sondern auch einmal mehr für unsere Logistik.

Mindestbestellwert gesenkt!

Für Aufträge aus Deutschland, den EU-Ländern und der Schweiz beträgt der Mindestbestellwert jetzt nur noch 10,00 €.

Weitere Informationen unter:
<http://versandkosten.reichelt.de>



Wippschalter, IP65

- einpolig, Ein - Aus**
- Schaltleistung: 16(8)A 250V~
 - Löt-/Steckanschluss: Faston 6,3 x 0,8
 - Maße: 36,6 x 29,9 mm
 - Ausschnitt: 30,6 x 22 mm
 - Approbationen: ENEC, UL US CSA



Die ideale Lösung für Outdooranwendungen!

B4MASK 48N-RT **1.75** beleuchtet, rot
 B4MASK 48N-GN **1.75** beleuchtet, grün