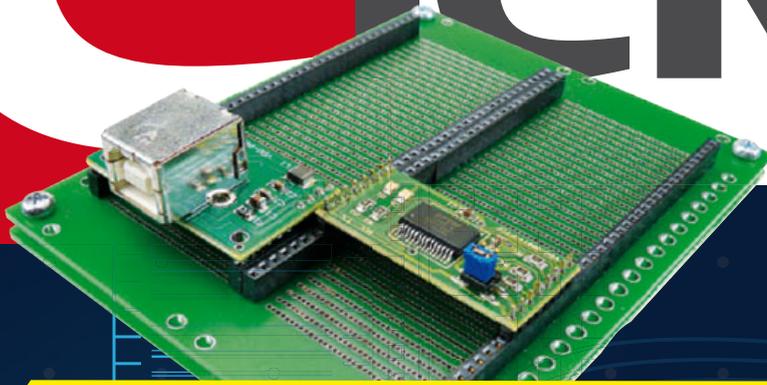


**Messen mit
Gas-Sensoren**

G3078 E November 2010 (D) € 7,20 • CHF 13,90 • (A, B, L) € 7,95

+ Der 5532-Power-OpAmp – Teil 2

Elektor



+ ATM18-Flugschreiber für Flugmodelle

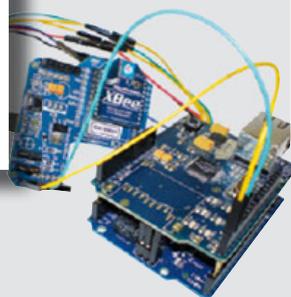
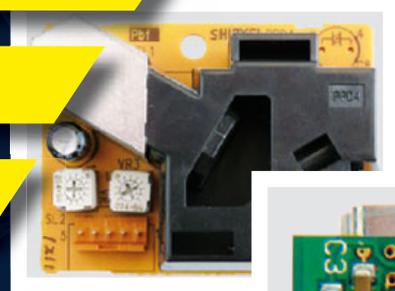
+ Sensorlose Motor-Drehzahlmessung

+ Bildverarbeitung leicht gemacht

+ Portabler Sauerstoffmesser

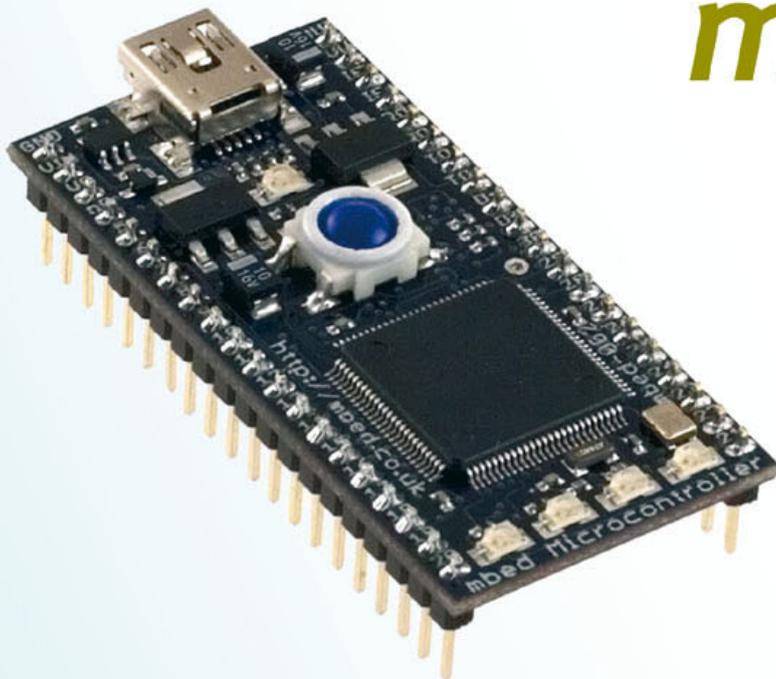
+ Funk-Messnetzwerk

+ Audio-DSP-Modul





Start prototyping the *mbed way!*



Redefine the way people build prototypes! NXP and ARM/mbed are challenging you to use the mbed NXP LPC1768 prototyping board and mbed online "Cloud" compiler to develop an innovative hardware- or software-based application. Succeed, and you could walk away with part of a prize pool worth \$10,000!

**Deadline for entries is
February 28, 2011**

Register for the challenge at
www.circuitcellar.com/nxpmbeddesignchallenge

NXP mbed Design Challenge empowered by:



SAVE YOUR POWER WITH

Unterstützung durch mikroC, mikroBASIC und mikroPASCAL PRO für dsPIC30/33 und PIC24 Compiler

POWERED BY PIC24F16KA102 MIT XLP TECHNOLOGIE

6 JAHRE FORTWÄHREND VERBESSERT

WIRELESS-ANBINDUNG

Berührungsempfindliche Tasten

- PIC24/dsPIC33
- USB 2.0
- IN-CIRCUIT PROGRAMMER
- mikro ICD IN-CIRCUIT DEBUGGER
- TOUCH SENSITIVE
- WIRELESS

Easy24-33 v6

Das Easy24-33 v6 Entwicklungssystem unterstützt 14-, 18-, 20- und 28-Pin PIC24 und dsPIC33 Controller von Microchip. Mitgeliefert wird ein PIC24F16KA102. Dieser 16-bit-Mikrocontroller ist mit der nanoWatt XLP™ (eXtreme Low Power) Technologie ausgestattet, die einen Einsatz in batteriebetriebenen Applikationen erlaubt (oder anderen Anwendungen, bei denen es auf einen niedrigen Stromverbrauch ankommt). Mit an Bord sind ein USB 2.0 Programmer mit mikroICD-Debugger und viel Peripherie wie berührungsempfindliche Tasten, Serial RAM, EEPROM und mehr – für Low-power-, Sensor- und Wireless-Anwendungen!

OPTIONAL ERHÄLTlich:

Viele kompatible Erweiterungsboards!



DER EINFACHSTE WEG ZUR EIGENEN LOW-POWER-ANWENDUNG

MikroElektronika
DEVELOPMENT TOOLS | COMPILERS | BOOKS

...making it simple

GET IT NOW
www.mikroe.com

Alle Räder stehen still...

...wenn niemand mehr Ingenieur werden will.

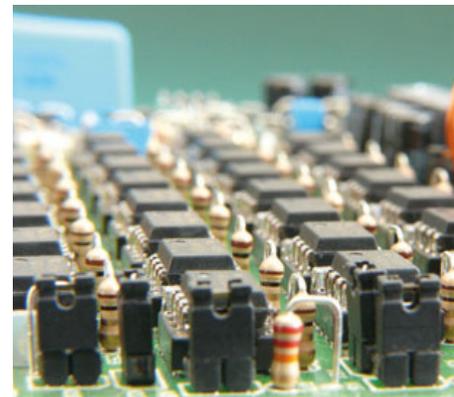
Was bei den Fluglotsen bereits zu Kapazitätsengpässen führt, zeichnet sich einer aktuellen VDE-Studie zufolge besonders bei den Elektroingenieuren ab. In diesem Jahr wird mit etwa 8.500 Absolventen gerechnet, denen aber laut VDE ein Bedarf von etwa 12.000 Ingenieuren dieser Fachrichtung gegenübersteht. Alleine durch altersbedingtes Ausscheiden sind in diesem Jahr 7.500 Ingenieursstellen neu zu besetzen, und der Bedarf wird weiter steigen. Dazu trägt neben der demographischen auch die technische Entwicklung wesentlich bei: Beim Umbruch in der Automobilindustrie (Elektromobilität), der Energieversorgung (Smart Grid) und im Pflegesektor (Ambient Assisted Living) spielt unser Fach eine Schlüsselrolle. Schon heute hängen 50 % der gesamten deutschen Industrieproduktion und 80 % der Exporte von der Elektro- und Informationstechnik (und damit von der Elektronik) ab. Gute Zeiten für E-Technik-Absolventen: 42.000 € mittleres Einstiegsgehalt nach durchschnittlich nur ein bis zwei Bewerbungsgesprächen und gute Aussichten auf Führungspositionen und 50 % mehr Gehalt innerhalb der ersten sieben Berufsjahre, so der VDE. Weniger rosig sieht es aber beim Studium selbst aus: Die Studienabbrucher-Quote ist mit 50 Prozent an den Universitäten und knapp 40 Prozent an Fachhochschulen extrem hoch, der Frauenanteil ist mit 7 % an FHs und 10 % an TUs hingegen immer noch extrem niedrig. Der Ausländeranteil liegt mit 17 % (FH) und 30 % (TU) zwar deutlich höher, es bleiben aber viel weniger Absolventen im Land als zum Beispiel in den USA.

In den nächsten Jahren wird es an den Hochschulen nicht einfacher werden. Durch das G8-Abitur und möglicherweise auch durch die attraktiven Karriereaussichten ist kurzfristig mit mehr Studienanfängern zu rechnen – aber nicht unbedingt auch mit mehr wirklich Elektronik-Interessierten.

Mit noch mehr Studienabbrechern ist niemandem gedient. Entscheidend ist meiner Meinung nach, das Interesse an der Elektronik möglichst früh – und nachhaltig – zu fördern. Es wird höchste Zeit, die vom VDE ab 2020 erwartete „drastische Ingenieurücke“ zu verhindern.

Ernst Krempelsauer

- 6 Impressum**
Who is who bei Elektor
- 8 Mailbox**
Briefe, E-Mails und Ideen
- 10 News**
Neuheiten, Nachrichten und Termine
- 11 Gestatten: mbed**
Mit dem mbed-Mikrocontroller und seinen Tools wird Prototyping geradezu zum Kinderspiel. Simon Ford stellt mbed vor.
- 16 Es liegt was in der Luft!**
In vielen Bereichen - von der Medizin bis zur Petrochemie - gehört das Messen und Analysieren von Gasen zur täglichen Praxis. An den Beispielen des Sauerstoffs und der Kohlenwasserstoff-Verbindungen geben wir einen Einblick die Verfahren der Echtzeit-Gasmessung.
- 20 Mikro-Brennstoffzelle misst Sauerstoff**
Mobiles O₂-Messgerät mit dem Minimod18 .
- 24 Der 5532-Power-OpAmplifier (2)**
Konstruktion, Brückenbetrieb und Testergebnisse.
- 32 Flugschreiber**
Black-Box für Flugmodelle mit dem ATM18-Controllermodul.
- 38 Funk-Messnetzwerk**
Die Arduino-Plattform und die XBee-Module von MaxStream machen es recht einfach, ein drahtloses Messnetzwerk zu realisieren. Mit einem zusätzlichen Arduino-Board, das Ethernet „versteh“, lassen sich die Daten dann sogar im Internet präsentieren.
- 43 Labcenter**
JTAG Live Buzz
USB im 9-poligen SUB-D-Steckverbinder
Minutenschnell zum Prototyp
- 48 Bildverarbeitung leicht gemacht**
Bewegungserkennung per Webcam mit Visual Studio Express.



INHALT

41. Jahrgang
November 2010
Nr. 479



20 Mikro-Brennstoffzelle misst Sauerstoff

Mobiles O₂-Messgerät mit dem Minimod18

Für Taucher und Höhlenforscher ist es ein „Muss“, den aktuellen Sauerstoffgehalt der Atem- oder Umgebungsluft zu kennen. Nachdem in Elektor bereits CO₂-Messgeräte mit chemischen und optischen Sensoren vorgestellt wurden, darf deshalb auch ein O₂-Messgerät nicht fehlen. Basis unseres Projekts ist das mit einem ATmega328 und einem zweizeiligen LCD bestückte Minimod18.



24 Der 5532-Power-OpAmp (2)

Konstruktion, Brückenbetrieb und Testergebnisse

Mit diesem zweiten Teil schließen wir das Projekt eines aus vielen parallelen NE5532-Opamps komponierten Leistungsverstärkers ab. Er überrascht mit exzellenten Daten, vor allem bei den Verzerrungen. Außerdem gibt es noch zwei Upgrade-Möglichkeiten: Den Brückenbetrieb für höhere Ausgangsleistung und die Erweiterung für 4-Ω-Lautsprechern.



32 Flugschreiber

Black Box mit ATM18

Das bekannte ATM18-Mikrocontroller-Modul startet hier zu seinem Erstflug - und sammelt während des Fluges mit einem ferngesteuerten Modell GPS-, Geschwindigkeits- und Höhendaten. Das Projekt ist aber auch als GPS-Datenlogger für Wander- und Kletterfreunde zu nutzen - inklusive Visualisierung per Google Earth.



48 Bildverarbeitung leicht gemacht

Bewegungserkennung per Webcam

Wenn sich Elektor mit dem Thema Sensorik auseinandersetzt, darf ein Artikel zur Bildverarbeitung natürlich nicht fehlen. Jedoch ist dieses sehr interessante Gebiet als überaus kompliziert verschrien. Zu Unrecht, wie wir an einem einfachen Beispiel beweisen. Eine Webcam und ein paar einfache Algorithmen genügen für erste Experimente!

54 Video-Switch

Vier Kameras störungsfrei zu multiplexen, ist gar nicht so einfach. Der Video-Switch löst das Problem mit einem Sync-Separator LM1881 pro Kanal einem in Basic programmierten PICAXE-Controller.

60 Klasse-D-Entwicklungen

Neue Entwicklungen ermöglichen Klasse-D-Verstärker, die mit weniger hochfrequentem Störpotential aufwarten, obwohl sie auf klassische Ausgangsfilter verzichten.

62 Jonglieren mit Audio-Bits

Mit neuen DSP-Modulen lassen sich ohne langwieriges Einarbeiten in die Digitale Signalverarbeitung auch komplexe Audio-Funktionen realisieren. Damit können Audio-Individualisten jetzt zum Beispiel digitale Frequenzweichen auch ohne fundierte DSP-Kenntnisse selbst programmieren.

68 Alternatives Drehzahlmessen

Wir beschreiben diese vielseitig verwendbare Methode zur Realisierung eines Messsystems, das die Drehzahl eines Gleichstrommotors aus dem Motorstrom ableitet.

72 Entwicklungstipp

Resistives Bolometer

74 Mini-Projekt

Leuchtturmfeuer: Drehlicht ohne Drehen

76 Retronik

Das astatiche Präzisions-Wattmeter MD7 von Chauvin-Arnoux

78 Hexadoku

Sudoku für Elektroniker

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.

The main graphic features a blue globe with a grid pattern. A horizontal strip of flags (UK, Netherlands, Germany, France, USA, Spain) is positioned across the middle of the globe. To the left of the globe is a large cover of the Elektor magazine, November 2010 issue. The cover includes the title 'elektor' in a large, stylized font, and several headlines in yellow boxes: 'Messen mit Gas-Sensoren', 'Der 5532-Power-OpAmp - Teil 2', 'ATM18-Flugschreiber für Flugmodelle', 'Sensorlose Motor-Drehzahlmessung', 'Bildverarbeitung leicht gemacht', 'Portabler Sauerstoffmesser', 'Funk-Messnetzwerk', and 'Audio-DSP-Modul'. Below the globe, the text 'ANALOG • DIGITAL EMBEDDED • MIKROCONTROLLER AUDIO • MESSTECHNIK' is displayed in a bold, sans-serif font.

IMPRESSUM
 41. Jahrgang, Nr. 479 November 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.), Ton Giesberts, Luc Lemmens, Jan Visser

Grafische Gestaltung und Layout
Giel Dols, Mart Schroyen

Elektor-PCB-Service

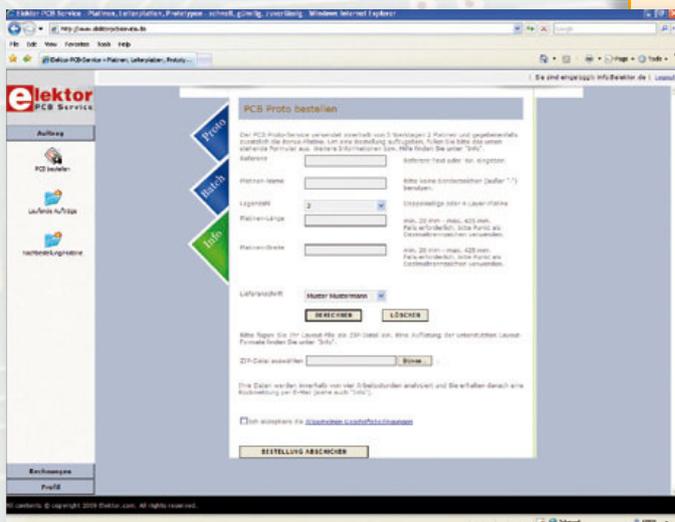


Die neue Adresse für Platinen, Prototypen und Multilayer

**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!**

Elektor-PCB-Service ist der neue 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 neue Website Ihr Platinenlayout zusenden.

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



Überzeugen Sie sich selbst vom neuen Elektor-Leiterplatten-Service – jetzt unter [www.elektorpcbservice.de!](http://www.elektorpcbservice.de)

Geschäftsführer/Herausgeber: Paul Snackers

Marketing/Vertrieb (Leitung): Carlo van Nistelrooy

Anzeigen (verantwortlich): Irmgard Ditzgen
ID Medienservice

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

E-Mail: service@id-medienservice.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 Send- 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.

© 2010 elektor international media b.v.

Druck: Senefelder Misset, Doetinchem (NL)



ISSN 0932-5468

Doch schon früher...

Der 5532-Power-OpAmp, *Elektron* 10/2010, S. 22 (10124)

Etwa 2002 habe ich im Internet den an diese Mail angehängten Artikel gefunden und mir ausgedruckt. Es wird ein Audio-Verstärker mit 44 Opamps vom Typ LM6171 pro Kanal beschrieben. Bemerkenswert sind die 24 unterschiedlichen Schaltungspunkte für die Opamps ...

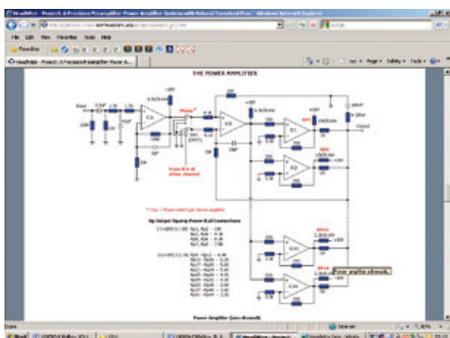
Ob man das hört?

Leider steht der Artikel nicht mehr im Netz. Aber die Suche nach dem Autor (Jan Meier) führt auf seine aktuelle Seite mit anderen interessanten Projekten bzw. Angeboten.

Vielleicht haben Sie Freude an dieser etwas anderen Lösung.

Thomas Nastvogel

Diese Lösung ist tatsächlich sehr interessant, auch schon deshalb, weil wir sie bisher noch nicht kannten. Wenn man nach „LM6171 Opamp“ googelt, findet man den Artikel von Jan Meier auch heute noch im Internet, und zwar auf der Website von HeadWize (www.headwize.com), die sich vorwiegend mit dem Thema „Kopfhörer“ beschäftigt. Der genaue Titel ist: „A Precision Preamplifier-Power Amplifier System with Natural Crossfeed Processing“. Der LM6171 ist auch heute noch lieferbar (zum Beispiel bei Distrelec-Schuricht) und kostet etwa 10-mal so viel wie ein NE5532. Dafür bekommt man aber auch einen Opamp, der 10-mal so viel Strom liefern kann, nämlich bis zu 150 mA. Bei 44 Opamps pro Kanal liefert der Verstärker von Jan Meier maximal 6,6 A Ausgangsstrom und eine Ausgangsleistung von 16 W an 8 Ω und von



32 W an 4 Ω. In Brückenschaltung sind sogar 64 W an 8 Ω möglich. Abgesehen vom hohen finanziellen Aufwand dürfte sich der Nachbau ohne Platinen und Support nicht gerade einfach gestalten, worauf der Autor übrigens auch selbst hinweist. Es gebührt ihm aber die Ehre, das Konzept eines nur mit parallel geschalteten Opamps aufgebauten Leistungsverstärkers bereits 2002 veröffentlicht zu haben.

Kostenloser AVR-Assembler-Kurs

Auf meiner Website www.weigu.lu stelle ich einen Assemblerkurs für AVR-Mikrocontroller kostenlos zur Verfügung, der auch für *Elektron*-Leser interessant sein dürfte. Der Kurs von fast 300 Seiten mit vielen neuen Grafiken eignet sich sehr gut für das Selbststudium und wird in Luxemburg in der Techniker Ausbildung verwendet.

Guy WEILER



Weiterschwingen

Schwing das Zepter! (ARM7-Board), *Elektron* 03/2010, S. 18 (090559)

Wenn „Schwing das Zepter“ ein Open-Source-Projekt zur Weiterentwicklung sein soll, möchte ich einige Fragen dazu stellen und Anregungen geben.

Warum ist die JTAG-Debug-Schnittstelle nicht in Standardbelegung für handelsübliche JTAG-Debugger wie Keil ulink, Hitex Tantino oder IAR bzw. Segger ausgeführt? Das war bei dem Armee-Board (aus *Elektron*

5/2005!) immerhin schon der Fall!

Die dazu notwendigen Signale sind beim „Zepter“ zwar auf die Stiftleisten K7 und K9 herausgeführt, aber unglücklich verteilt:

- TRST_N (P1.31) an K9 Pin4
- TDI (P1.28) an K7 Pin8
- TMS (P1.30) an K7 Pin1
- TCK (P1.29) an K7 Pin5
- RTCK (P1.26) an K9 Pin7
- TDO (P1.27) an K7 Pin9
- RESET_N an K7 Pin6

Daher muss man sich also erst mal ein Adapterkabel basteln!

Weiter sollten die verteilten Stiftleisten alle über mindestens je einen Masse- und Versorgungsanschluss verfügen. Will man beispielsweise die Portpins an K8 nutzen, muss man sich mindestens die Masse von einer anderen Stiftleiste holen. Das ergibt dann schon zwei Steckverbindungen für nur eine Peripherie, die man anschließen möchte.

Zur Dokumentation:

Aus eigener Erfahrung mit Controllerprojekten hat sich zusätzlich zum Schaltplan eine tabellarische Auflistung der Portpins und Stiftleisten bewährt. In eine solche Tabelle gehören:

- Name (vollständig) des Controllerpins
- Pinnummer am Controller IC
- Stiftleiste und Pin-Nr.
- individuelle Verwendung und/oder Bemerkung

Für die obige Debugschnittstelle sieht das dann so aus:

P1.31/TRST_N,	20,	K9 Pin4,	TRST_N
P1.30/TMS,	52,	K7 Pin1,	TMS
P1.29/TCK,	56,	K7 Pin5,	TCK
P1.28/TDI,	60,	K7 Pin8,	TDI
P1.27/TDO,	64,	K7 Pin9,	TDO
P1.26/RTCK,	24,	K9 Pin7,	RTCK

Diese Tabelle ist bis auf die letzte Spalte durch die Schaltung bestimmt und ersetzt beim Festlegen einer Port- oder Peripherienutzung und beim Programmieren weitgehend den Schaltplan. Die letzte Spalte stellt die individuelle Portnutzung - hier JTAG - dar. Werden diese Pins in einer anderen Anwendung als I/Os genutzt, werden diese hier eingetragen und man hat wieder eine vollständige individuelle

MailBox

In dieser Rubrik veröffentlichen wir Kritik, Meinungen, Anregungen, Wünsche oder Fragen unserer Leser. Die Redaktion trifft die Auswahl

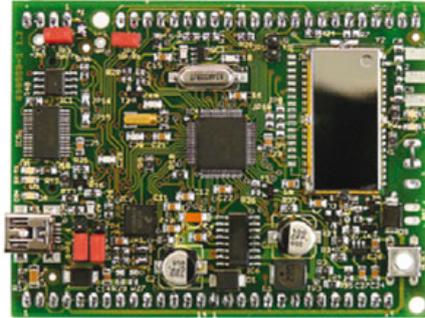
und behält sich Kürzungen vor. Bitte geben Sie immer an, auf welchen Artikel und welche Ausgabe (Monat/Jahr) sich Ihr Schreiben oder Ihre Mail bezieht. Sie erreichen uns per E-Mail redaktion@elektor.de,

per Fax (02 41/88 909-77) oder unter der Anschrift: Redaktion *Elektron* Susterfeldstr. 25 52072 Aachen

Dokumentation der Anwendung. Ein solche Tabelle sollte zu dem Projekt als XLS oder OpenOffice-Tabelle erstellt und auf der Elektor-Website publiziert werden. Weiter ist es schön, dass Elektor Projekte als Open Source zum Mitwirken/Weiterentwickeln vorstellt. Für einen Einstieg auf möglichst hohem Qualitätslevel wäre dazu aber im Vorfeld ein Lastenheft erforderlich, dass zum Beispiel im Elektor Forum entstehen und wachsen könnte.

Horst Mayer

Vielen Dank für Ihre Kommentare. Der JTAG-Port wurde nicht in der Standard-Belegung ausgeführt, weil es nicht genug Platz auf der Leiterplatte gab. Außerdem hat das Sceptre-Board auch das Ziel, den Einstieg für den Anfänger zu ermöglichen, so dass der Platz für JTAG nicht die höchste Priorität hatte. Wir haben aber den Standard-20-Pin-JTAG-Anschluss bei der Entwicklung der Erweiterungsplatine „InterZepter“ (Elektor Juni 2010) berücksichtigt. Die kompakten Platinenabmessungen des „Zepters“ sind auch der Grund, warum nicht für jeden Port-Pin ein Massepin vorgesehen werden konnte.



Die von Ihnen erwähnte Tabelle ist sicher hilfreich. Wenn man eine solche für den Expansion-Port (K6-K10) des Zepters aufstellt, erkennt man auch, dass die Pins mit den Anschlüssen des ARM-Controllers korrespondieren. An K10 findet man die Controller-Pins 1...16, an K9 die Pins 17...32, an K8 die Pins 33...48 und an K7 und K6 die restlichen Pins. Das ist der Grund, warum die Signale so „unglücklich“ verteilt sind. Man hätte die Portleitungen natürlich auch an den einzelnen Stiftleisten zusammenfassen können. Das hätte aber das Platinenlayout verkompliziert, und ich wollte mit einer doppelseitigen Platine auskommen.

Clemens Valens

(Redakteur Elektor Frankreich und Entwickler des „Zepters“).



© Bandt-Design, Freiburg Foto: getty-images

mhmm... ein heißer Tipp!

**punktgenau
plangenau
preisgenau**

25 Jahre Wissen
und Erfahrung
Ihr Leiterplatten-
Spezialist!
Feiern Sie mit!

**BECKER
MÜLLER**

www.becker-mueller.de
Mit Online-Kalkulator!

Updates und Ergänzungen

Entwurf grundlegender Antennen

Elektor Oktober 2010, S. 54 (091095)

Im Artikel wird nur bei der ersten der beschriebenen Antennen die Impedanz genannt (73 Ω, passend für 75-Ω-Antennenkabel). Bei allen anderen vorgestellten Antennen beträgt die Impedanz 50 Ω.

Wheelie GT – Geartooth-Sensor misst Geschwindigkeit

Elektor Oktober 2010, S. 32 (100479)

Der Abstand zwischen dem Sensor und den Zähnen des Zahnrads sollte bei etwa 0,5 mm liegen. Drei Streifen aufeinander gelegtes Papier (80 g/m²) eignen sich als Lehren-Ersatz.

Gitarren-Booster

Elektor Juli/August 2010, S. 105 (100165)

Im Bestückungsplan der vom Autor entwickelten Platine (Gratis-Download unter www.elektor.de/100165) ist der Transistor Q2 (2N3906, T2 im Schaltplan) falsch

herum eingezeichnet. Der Transistor muss um 180 Grad gedreht bestückt werden (zur Kontrolle mit dem Schaltbild vergleichen).

Das Elektor-DSP-Radio

Elektor Juli/August 2010, S. 8 (100126)

Im Schaltplan sind die Kondensatoren C21 und C22 (beim 32-kHz-Quarz X2) mit 12 pF angegeben. Richtig sind die in der Stückliste auf der Seite www.elektor.de/100126 angegebenen Werte: C21, C22 = 22 pF.

PLDM - Power-LED-Driver-Modul

Elektor Dezember 2008, S. 38 (071129)

Kondensator C3 ist im Schaltplan mit 1000 µF und in der Stückliste mit 220 µF angegeben. Der Autor empfiehlt 1000 µF, auch wenn 220 µF (knapp) ausreichen. Die Spannungsfestigkeit ist im Textkasten „Leistung und Bestückung“ in einer Tabelle angegeben, in der C3 versehentlich als C2 bezeichnet ist.

Der im LC-Display EA DIP204-4 von Electronic Assembly verwendete Samsung-Controller wurde durch einen Tippfehler als KS4073 bezeichnet. Richtig ist KS0073.

Von Phil Knurhahn

Konkurrenz für DRAM-Speicher

Der kalifornische Halbleiter-Newcomer „Innovative Silicon“ arbeitet am ZRAM, einem DRAM (Dynamic Access Memory), das ohne den eingebauten Speicherkondensator auskommt (das „Z“ steht für „zero“). Dieser Speicherkondensator ist in herkömmlichem DRAM das Element, in dem die logische „0“ bzw. „1“ als Ladung gespeichert wird – der in der Speicherzelle ebenfalls integrierte Transistor ist für die Schaltbefehle zuständig. Dieses Konzept wurde in den frühen 70er Jahren von dem Amerikaner Robert Dennard erfunden und gilt mit leichten Modifikationen bis auf den heutigen Tag. Wie also kann eine DRAM-Speicherzelle funktionieren, wenn man ihr den Speicherkondensator wegnimmt? An Stelle des Kondensators nutzen die Kalifornier den so genannten „Floating Body“-Effekt (Grafik: Innovative Silicon). Dabei wird der Transistor aus einer Siliziumschicht aufgebaut, die über einer Schicht aus Siliziumdioxid liegt, einem elektrischen Isolator, der leicht herzustellen ist. Schickt man jetzt einen Elektronenstrom durch den Transistor, dann werden – neben den eigentlichen Elektronen - auch Paare aus Elektronen und Löchern generiert. In der Drain-Elektrode des Transistors werden diese Paare aufgebrochen; die Elektronen fließen ab, während die „Löcher“ eingefangen werden, was zu einer leicht positiven Ladung führt. Und diese „flüchtige“ Ladung kann man als eine logische „1“ interpretieren. Erhöht man nun die elektrische Spannung an der Gate-Elektrode des Transistors, dann werden die „Löcher“ über die Source-Elektrode geleert, was man als eine „0“ interpretiert.

Floating Body Memory (FBM)



Conventional DRAM



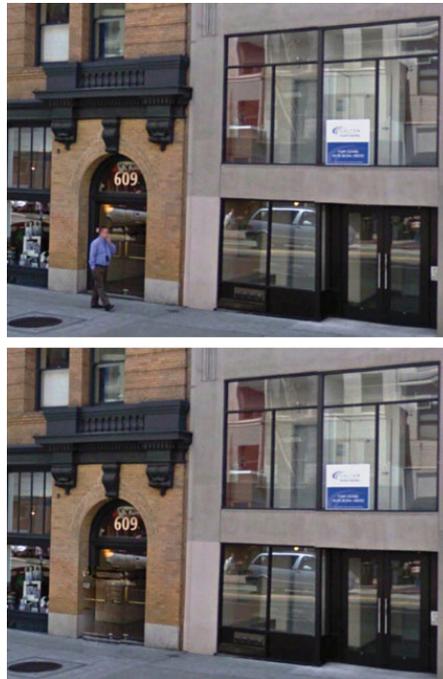
Nun ist es „Innovative Silicon“ geglückt, den Herstellungsprozess vollständig auf existierende DRAM-Produktionstechniken umzustellen. Im Direktvergleich mit einem DRAM ist das ZRAM schon heute oft kleiner. Dabei hat das ZRAM den Vorteil, dass es mit Betriebsspannungen um die 0,5 V arbeiten kann. Die wird man in Zukunft brauchen, um den Energiebedarf dieser Speicher drastisch zu senken. Durch den Wegfall der Fertigungsschritte für den Kondensator könnten die Produktionskosten noch um etwa

25 % gesenkt werden. Das Unternehmen hat bereits eine Lizenz an den koreanischen DRAM-Hersteller Hynix (ehemals Hyundai Electronics) vergeben, den zweitgrößten DRAM-Hersteller der Welt.

www.z-ram.com

Fußgänger-Entfernung

Eine Software, mit der man Personen aus einem elektronischen Bild herauslöchen kann (das entstehende Loch wird dann mit Elementen aus dem Hintergrund gefüllt) gibt es in Form von Bildbearbeitungspro-



grammen schon länger. Doch ist hierzu viel Handarbeit nötig.

Was an der University of California in San Diego von Arturo Flores entwickelt wurde, ist eine Antwort auf „Google Street View“. Das Softwaresystem existiert derzeit erst als Prototyp, es entfernt Fußgänger aus Datenschutzgründen automatisch aus der Szene (Fotos: UCSD), während Google nur die Gesichter verpixelt. Am Löschen ganzer Personengruppen wird derzeit noch gearbeitet. Auch müssen die Amerikaner noch ein paar Details in den Griff bekommen: Wird ein Hund an der Leine ausgeführt, dann verschwindet zwar der Hundeführer, aber der Hund mit Leine bleibt zu sehen. Der „Pedestrian Remover“ arbeitet derzeit auch nur in städtischen Umgebungen.

http://vision.ucsd.edu/sites/default/files/IWMV_13.pdf

Neues zu Elektro-Autos ...

Er kommt zwar erst im Dezember auf den Markt, der neue „Leaf“ von Nissan (Foto: Nissan) – aber im Vorfeld wurden bereits 6.000 Wagen bestellt.

Die Antriebsleistung des Leaf entspricht etwa einem vergleichbaren Benzinmotor mit 1,6 Liter Hubraum. Die Energie kommt aus einem kompakten Lithium-Ionen-Akku, der in weniger als einer halben Stunde auf etwa 80 % der Kapazität aufgeladen werden kann. Die Reichweite liegt bei mehr als 150 km. Da trifft es sich gut, dass die Eidgenössische Materialprüfanstalt (EMPA) eine erste Ökobilanz für Elektroautos mit Li-Ionen-Batterien veröffentlicht hat. Bisher war nicht bekannt, wie umweltverträglich Herstellung, Betrieb und spätere Entsorgung der Li-Antriebsbatterien ist. Erstes Ergebnis: Die Umweltbelastung durch Li-Ionen-Batterien wird ganz überwiegend durch die Umweltbelastung des Ladestroms bestimmt, also ob dieser aus Kohlekraftwerken, Kernenergie oder Wasserkraftwerken stammt. Die Batterie selbst hat nur einen geringen Einfluss auf die Ökobilanz – nur maximal 15 % der Gesamtbelastung durch das Elektroauto entfallen auf Herstellung, Unterhalt und Entsorgung der Li-Ionen-Batterie. Die Hälfte davon – also rund 7,5 % der Öko-Belastung – stammen aus der Gewinnung und Herstellung der Batterierohstoffe Kupfer und Aluminium. Die Lithium-



gewinnung schlägt dagegen nur mit 2,3 % zu Buche. Setzt man ein herkömmliches Benzinauto in Relation zu einem Elektroauto mit Li-Ionen-Batterie, dann dürfte der Benziner allenfalls einen Verbrauch von 3 bis 4 Liter/100 km haben, um mit dem Elektroauto ökologisch konkurrieren zu können.

www.nissan-zeroemission.com/EN
www.empa.ch/plugin/template/empa/1234/99073

Gestatten: mbed

Kennen Sie mbed? Noch nicht?

Dann lassen Sie sich mbed von Simon Ford persönlich vorstellen, der an dieser Entwicklung wesentlichen Anteil hatte. Mit dem mbed-Mikrocontroller und seinen Tools wird Prototyping geradezu zum Kinderspiel.



Von Simon Ford (UK)

Als Circuit Cellar und Elektor in Sachen „Design-Wettbewerb“ an mich herantraten, war mir sofort klar, dass sich hier die Gelegenheit zu etwas Besonderem bot: Wenn innovative Ingenieure und unsere neu entwickelte mbed-Plattform aufeinander treffen, sind außergewöhnliche Resultate gewiss! Wir haben uns vorgenommen, die Welt der Mikrocontroller zu verbessern und schreiben deshalb einen ungewöhnlichen Wettbewerb aus: Mit welcher Technologie lassen sich andere Entwickler am besten bei ihrer Arbeit unterstützen? Ich wuchs mit Zeitschriften wie Circuit Cellar und Elektor auf und viele meiner frühen Experimente wurden von dort veröffentlichten Projekten inspiriert. Wenige Jahre später waren dort auch meine eigenen Artikel zu lesen. Meine Hoffnung war, dass ich mit diesen Projekten meine Kumpel für Elektronik begeistern könnte. Zu der Zeit ging ich noch zur Schule. Für mein Hobby auch noch Geld zu bekommen, war das Größte. Für mich ging der Weg weiter: Später landete ich bei der High-Tech-Schmiede ARM. Hier gab es Potential für richtigen Fortschritt. Ich startete mbed als kleines (eher bei-läufiges) Projekt zusammen mit Chris, einem befreundeten Arbeitskollegen. Wir beide bemühten uns quasi ehrenamtlich, anderen Menschen bei ihren Mikrocontroller-Projekten zu helfen, was manchmal ganz schön anstrengend war. Es gibt so viele Erklärungen für widerspenstige Tools und sonstige Komplexitäten, dass man fast vergisst zu fragen: „Warum muss die Sache so schwierig sein?“. Jedenfalls schlugen wir uns viele Abende um die Ohren, um zu überlegen, wie wir Leuten bei ihren Projekten helfen könnten. Einige Jahre später wurde daraus ein „offizielles“ ARM-Projekt - betreut von einem erweiterten Team. Was mir wirklich viel bedeutet: Rund um mbed ist eine lebendige Community gewachsen, die sich durch eine unglaubliche Hilfsbereitschaft auszeichnet. Und es ist schön zu sehen, dass Ingenieure so enthusiastisch, einfallreich und hilfsbereit sind. Für eine erste Kontaktaufnahme mit mbed eignet sich die Website



<http://mbed.org>. Bei der mbed-Hardware handelt es sich um einen leistungsfähigen ARM-Controller mit eingebautem USB-Programmer. Der mbed-Compiler ist so einfach zugänglich wie ein Webmail-Portal und lässt sich auf einfache Weise bedienen. Die Entwickler-Website, an der wir gerade arbeiten, sorgt für weiteren Support in Form von Ressourcen und Tools, mit denen man eigene Entwicklungen, Programme, Libraries oder Berichte zur Verfügung stellen kann. Dies kann anderen dabei helfen, das nächste Projekt besser in den Griff zu bekommen.

Wir laden Sie ein, so viel Know-how und Technik wie möglich einzubringen: Eine „Killer“-Library, innovative Referenz-Designs oder interessante neuartige Produkte. All das kann auf <http://mbed.org> zur Verfügung gestellt werden - und ist dann von anderen als Anregung und Unterstützung bei eigenen Projekten zu nutzen. Faktisch geht es also weniger um einen Wettbewerb zwischen Entwicklern (obwohl viele mit sehr viel Engagement dabei sind). Der Wettbewerb forciert eher das gemeinsame Bemühen, die Komplexität der Mikrocontroller-Technik zu vermindern. Am 20. November 2010 bin ich auf dem Elektor Live! Event in Eindhoven (NL). Wenn Sie auch da sind, gehen Sie doch einfach auf mich zu. Gerne würde ich erfahren, mit welchen Projekten, Problemen und Erfolgen Sie es zu tun haben.

Erfolgreichen Projekten gelingt es da zu kratzen, wo es juckt. Unser Problem bestand in einer allergischen Reaktion auf alle Hürden, die sich beim Thema Mikrocontroller auftun. Das versuchen wir zu verändern. Und ich hoffe, dass ich Sie zum Mitmachen anregen kann. Helfen Sie uns, die Mikrocontroller-Technik zu befreien!

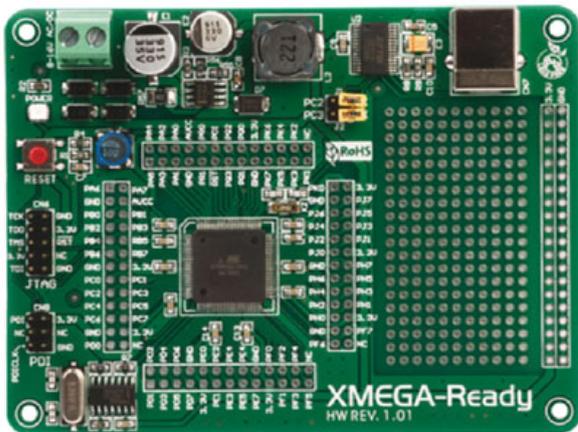
(100617)

Simon Ford ist ein Vollblut-Ingenieur für Elektronik und Computertechnik. Er arbeitet bei ARM. Bevor er sich mit mbed beschäftigte, war er als leitender Ingenieur für die ARMv7/NEON-Architektur zuständig, die heute in den meisten Smartphones zu finden ist.

Infos zum NXP mbed Design-Wettbewerb 2010: www.circuitcellar.com/nxpmbeddesignchallenge

Neue Entwicklungs-Boards für Xmega-Controller

Der Xmega-Controller ist ein besonders leistungsfähiger Vertreter aus der beliebten AVR-Reihe von Atmel. Der Embedded-Tool-Hersteller Mikroelektronika hat nun zwei neue Boards vorgestellt, die sich zur Entwicklung von Anwendungen auf Basis dieses interessanten Bausteins eignen.



Das „Xmega-Ready-Board“ ist ein Prototypen-Board, das einen ATxmega128A1 Controller, eine JTAG- und AVR-ISP-Schnittstelle zur Programmierung und einen Oszillator enthält. Mit an Bord sind auch ein FT232R und eine USB-Buchse, hier lassen sich USB-Geräte anschließen. Alle Pins des Controllers sind über Lötunkte zugänglich. Das Tool eignet sich gleichermaßen zur Evaluation des ATxmega als auch zum Design von Geräteprototypen.

Sozusagen der kleine Bruder ist das „mikroXmega“-Board, das den gleichen Controller und ebenfalls eine USB-Unterstützung auf besonders kompaktem Raum bietet.

www.mikroe.com/eng/products/view/579/xmega-ready-board

www.mikroe.com/eng/products/view/580/mikroxmega-board

3-Achsen-Beschleunigungssensor mit USB-Anschluss

Mit dem JoyWarrior24F14 hat Code Mercenaries ein günstiges Beschleunigungssensor-Modul mit USB-Interface auf den Markt

gebracht. Basierend auf einem MEMS-Sensor misst das Modul im Bereich

± 1 g, $\pm 1,5$ g, ± 2 g, ± 3 g, ± 4 g, ± 8 g oder ± 16 g mit 14 bit Auflösung bei maximal 125 Messwerten pro Sekunde. Das geringe Gewicht von ca. 5 g und die kleine Bauform von 30 mm x 33 mm bei weniger als 5 mm Höhe ermöglichen es, die Module in vielen Anwendungen einzusetzen.

Über die USB-Schnittstelle ist ein einfacher Anschluss an beliebige Computer möglich. Clever: Da sich der JoyWarrior24F8 als Joystick identifiziert, kann man auf die Daten über das jeweilige API für Joysticks zugreifen, auch ein Einsatz als Joystick lässt sich dadurch realisieren. Die Softwareunterstützung für MacOS X und Windows umfasst ein Konfigurationstool für die Einstellung der Sensorparameter, eine Neigungswinkelmessung, ein Kalibrierungstool und einen einfachen Datenrekorder.

Vom Quake Catcher Network der University of California wird der JW24F14-MOD als Standard-Sensor für die verteilte Messung von Erdbeben verwendet. Wer an dem Projekt teilnehmen möchte, kann vom Hersteller ein Kit (bestehend aus einem JW24F14-MOD, einem USB-Kabel und einem Gehäuse) beziehen.

www.codemercs.com

Intelligente LC-Displays

Demmel Products wird auf der Electronica 2010 eine Auswahl seiner intelligenten LCD-Panels (iLCD) zeigen. Darunter sind mehrere Produktneuheiten wie das 5,7" Color iLCD Panel in Full-VGA-Auflösung sowie ein Ethernet-Board, das die Ansteuerung der iLCDs per TCP/IP erlaubt.

Die iLCDs sind mit einem Mikrocontroller ausgestattet, der über mächtige, leicht zu erlernende High-Level-Commands angesprochen werden kann. Hiermit lassen sich formatierte Texte mit Windows-Fonts ausgeben, statische und animierte Grafiken anzeigen, Rahmen und Linien zeichnen und

der Touch-Screen steuern. Der Controller ist mit einem 32 MB großen Flash-Speicher ausgestattet, auf dem sich Fonts, Grafiken, Textbausteine und Makros ablegen lassen. Der hohe Aufwand für die Hard- und Softwareentwicklung beim Einsatz gewöhnlicher LCDs und die Programmierung auf Pixelebene entfallen.

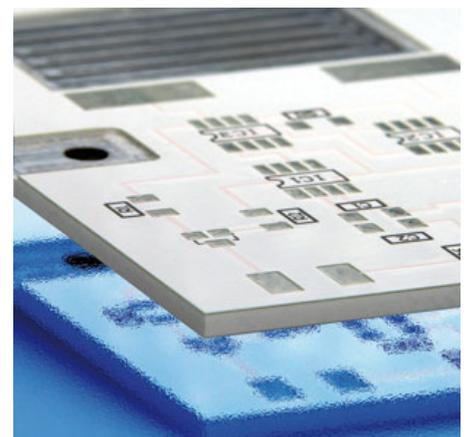


Color iLCD Panels sind von 2,8" (240 x 320 Pixel) bis 10,2" (1024 x 600 Pixel) verfügbar. Alle Modelle haben den gleichen Befehlssatz und elektrischen Anschluss, so dass ein Austausch leicht möglich ist.

www.demmel.com/ilcd/deutsch/cpanels.htm

Leiterplatten mit Alu-Kern

Die Beta Layout GmbH bietet im Rahmen des Platinenprototypen-Bestellservices „PCB-Pool“ nun auch IMS-Leiterplatten an. Bei IMS (Insulated Metal Substrate)-Leiterplatten wird statt des üblichen Basismaterials Aluminium als Träger für das Kupfer verwendet. IMS-Leiterplatten werden immer dort eingesetzt, wo eine schnelle und effektive Wärmeableitung gewünscht wird. Einsatzbeispiele sind z.B. Hochstrom-Anwen-



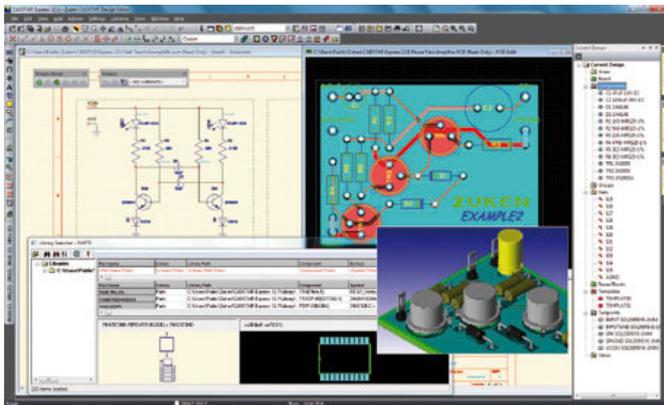
dungen, High-Power-LEDs und die Kühlung von Transistoren. Auch Teile von Steuerungen, Leistungswandlern usw. werden oft mit IMS-Leiterplatten aufgebaut.

Das zurzeit verfügbare Aluminium-Substrat hat eine Stärke von 1,5 mm. Die Kupferschicht beträgt einseitig 35 µm, die Isolierung zwischen Kupfer und Aluminium 100 µm. Je nachdem ob Licht absorbiert oder reflektiert werden soll, kann zwischen grünem, schwarzem oder weißem Lötstopplack gewählt werden. Die passende Farbe für den Positionsdruck ist weiß oder schwarz. Für die Befestigung der Leiterplatten werden optional Gewinde, Senkbohrungen und Tiefenfräsungen integriert.

www.pcb-pool.com/alukern

Kostenfreie Version von Cadstar

Von der PCB-Designsoftware Cadstar ist jetzt eine kostenfreie Testversion auf der Website des Herstellers zum Download verfügbar. Die Express-Version der Software (Cadstar Express 12.1) ist im Gegensatz zu einer sogenannten Demoversion voll funk-



tionsfähig, jedoch begrenzt auf 300 Pins und 50 Bauteile.

Cadstar ist eine leistungsstarke PCB-Design-Lösung, die laut Hersteller intuitiv bedienbar ist. Die abgedeckten Entwicklungsschritte reichen vom Systemdesign auf Schema-, Platinen- und FPGA-Ebene über das Leiterplattenlayout bis zur Erstellung der Fertigungsdaten. Die Software verfügt über Analysefunktionen und einen 3D-Modus. Über das Internet zugängliche Bibliotheken enthalten einen Bestand von mehr als 250.000 Bauteilen.

www.zuken.com/cadstarexpress

Mikrocontroller arbeitet mit 0,9 V Betriebsspannung

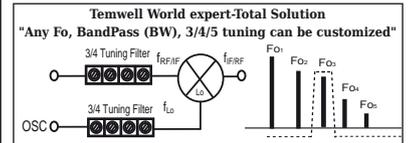


Texas Instruments erweitert sein Ultra-Low-Power MSP430 Controller-Portfolio mit dem nach eigenen Angaben branchenweit ersten 0,9-V-Mikrocontroller. Im Gegensatz zu anderen MCUs, welche die 0,9-V-Technologie für sich beanspruchen, arbeitet der MSP430L092 (inklusive aller analogen und digitalen Prozesse) tatsächlich mit einer Betriebsspannung von nur 0,9 V. Aus diesem Grund benötigt der Mikrocontroller keinen integrierten Boost-Wandler und kommt anders als bisherige Lösungen ohne externen Schaltkreis aus. Die Stromaufnahme des gesamten Systems wird ebenfalls stark reduziert.

Der MSP430L092 ist für die Entwicklung verschiedenster elektronischer Endgeräte mit einzelligen Batterien (von AAA bis Knopfzellen) prädestiniert, so zum Beispiel elektrische Zahnbürsten, Rasierer, Spielzeuge oder Sicherheitstechnik. Ergänzend zum neuen Baustein bietet der Hersteller kostenfreie Software, umfassende Anwendungsbeschreibungen, Code-Libraries sowie neue Tool Kits.

www.ti.com/lowvoltagewiki-pr

Temwell Innovative · GD < 20ns · 3&4 tuning BP Filter
F-cable · DVB-T Broadcast · WL mesh networking Equipment
 [BW (-3dB) 60~160MHz]; UHF Fo: 220~1.3G
 IL: 1.0~1.5dB; Group Delay: 10~20 nsec



Pass Band	Temwell 7H5 List P/No-Fo-BW	I.L. (dB)	Temwell 7H4 List P/No-Fo-BW	I.L. (dB)
210-270M	TF67853B-240M-60M	2.0	TF67853B-240M-60M	2.5
276-310M	TF63223B-288M-80M	1.0	TF64223B-288M-80M	1.5
311-355M	TF67869B-350M-99M	1.0	TF69869B-350M-99M	1.5
365-400M	TF63348B-375M-100M	1.0	TF64348B-375M-100M	1.5
401-455M	TF6395F-450M-120M	1.0	TF64214B-450M-110M	1.5
456-515M	TF6335F-480M-120M	1.0	TF6435F-480M-120M	1.5
516-555M	TF6338F-530M-120M	1.0	TF6438F-530M-120M	1.5
556-595M	TF6336F-575M-120M	1.0	TF6436F-575M-120M	1.5
596-640M	TF67618F-625M-130M	1.0	TF69618F-625M-130M	1.5
661-700M	TF6333F-666M-135M	1.0	TF6433F-666M-120M	1.5
701-750M	TF6337F-725M-120M	1.0	TF6437F-725M-120M	1.5
801-830M	TF63348F-805M-140M	1.0	TF64348F-805M-140M	1.5
831-860M	TF67859F-850M-100M	1.0	TF69859F-850M-100M	1.5
861-900M	TF63353E-900M-165M	1.0	TF64353E-900M-165M	1.5
901-930M	TF67861B-925M-120M	1.0	TF69861B-925M-120M	1.5
931-950M	TF67868B-933M-120M	1.0	TF69868B-933M-120M	1.5
951-975M	TF67862B-975M-120M	1.0	TF69862F-966.5M-110M	1.5
976-1000M	TF6338F-980M-120M	1.0	TF6438F-980M-120M	1.5
1001-1100M	TF67864B-1075M-120M	1.0	TF69864B-1075M-120M	1.5
1101-1180M	TF6339F-1160M-120M	1.0	TF6439F-1160M-120M	1.5
1251-1300M	TF63362F-1300M-200M	1.0	TF64362F-1300M-200M	1.5

Temwell Innovative · GD < 40ns · 3&4 tuning BP Filter
 [BW (-3dB) 40~60MHz]; UHF Fo: 210~1.3G
 IL: 1.5~2.5dB; Group Delay: 30~40 nsec

Pass Band	3 Tuning (7H3 series) Temwell-P/N-Fo-BW	IL	4 Tuning (7H4 series) Temwell-P/N-Fo-BW	IL
221-245M	TF63368B-240M-40M	2.0	TF69523B-240M-60M	1.5
246-275M	TF67277B1-250M-35M	2.5	TF64377B-248M-50M	1.5
276-310M	TF67727B-293M-40M	2.0	TF64208B-325M-50M	1.5
356-400M	TF67728B-378M-40M	2.0	TF69728B-378M-40M	2.0
401-455M	TF67256B-427.5M-40M	1.5	TF64209B-455M-50M	2.0
456-515M	TF67811B-485M-40M	2.0	TF6972F-470M45M	2.0
516-555M	TF67812B-535M-40M	2.0	TF69257B-530M-40M	2.5
556-595M	TF67825B-585M-40M	2.0	TF69825B-585M-40M	2.5
596-640M	TF67826B-630M-40M	2.0	TF69633F-660M-58M	2.5
661-700M	TF63326B-666M-40M	2.5	TF64327E-666M-50M	2.5
701-750M	TF67230A-730M-40M	2.5	TF69652B-725M-55M	2.5
751-800M	TF67797B-775M-50M	2.0	TF69653B-775M-55M	2.0
801-830M	TF67804B-815M-60M	2.0	TF69655B1-825M-55M	2.5
831-860M	TF67516A-850M-70M	3.0	TF64371F-845M-70M	2.5
861-900M	TF67805B-880M-60M	2.5	TF69548E-895.5M-35M	3.0
901-930M	TF67414A-918.5M-55M	2.5	TF69609A-927M-60M	3.0
931-950M	TF67806B-940M-60M	2.5	TF64210A-935M-50M	3.0
951-975M	TF67807B-963M-60M	2.0	TF69342A-960M-60M	3.5
976-1000M	TF67808B-988M-60M	2.5	TF69522A-1000M-80M	3.5
1001-1100M	TF67341A-1030M-77M	2.5	TF67341A-1030M-77M	2.5
1101-1180M	TF67357E-1105M-70M	2.5	TF69356A1-1140M-40M	3.5
1181-1250M	TF67809B-1215M-60M	2.5	TF69809B-1215M-60M	3.0
1251-1300M	TF63364B-1280M-120M	2.0	TF64364B-1280M-120M	2.0

Temwell Innovative · GD < 50ns · 3&4 tuning BP Filter
 [BW (-3dB): 20~40MHz]; UHF Fo: 210~1.3G
 IL: 3.0~5.0dB; Group Delay: 40~50 nsec
 5 tuning or New Fo Customized is accepted

Pass Band	3 Tuning (7H3 series) Temwell-P/N-Fo-BW	IL	4 Tuning (7H4 series) Temwell-P/N-Fo-BW	IL
221-245M	TF67186B-240M-18M	3.0	TF69185A-225.6M-20M	2.5
246-275M	TF67696B-260M-20M	2.0	TF64227E-270M-20M	3.0
276-310M	TF67697B-293M-20M	2.5	TF69697B-290M-30M	2.0
356-400M	TF6771E2-390M-20M	2.5	TF64226E-370M-28M	2.5
401-455M	TF67289E-463.5M-25M	2.5	TF69295B-427.5M-32M	2.5
456-515M	TF6396B-477.5M-24M	2.5	TF64247D-485M-25M	2.5
516-555M	TF6777B-550M-25M	2.5	TF69300A-530M-28M	2.5
556-595M	TF6778D-580M-20M	2.5	TF69650B-625M-30M	3.0
596-640M	TF6779D-620M-22M	3.0	TF64326E-666M-38M	2.5
661-700M	TF63325E-666M-25M	2.5	TF69475D-670M-35M	3.0
701-750M	TF67784B-725M-28M	3.0	TF69648F-790M-25M	3.5
751-800M	TF67648A-793M-25M	3.0	TF69301A-815M-29M	3.5
801-830M	TF67464A-813.5M-25M	3.0	TF69450A-836.5M-25M	3.5
831-860M	TF67215A-858.5M-20M	3.5	TF69301A-815M-29M	3.5
861-900M	TF67451F-881.5M-26M	3.0	TF69309A-900M-30M	4.0
901-930M	TF67550E-902.5M-27M	3.0	TF69291A-915M-34M	4.0
931-950M	TF67152A-940M-30M	2.5	TF69266A-947M-40M	3.0
951-975M	TF67266A-960M-34M	2.5	TF69266A-960M-34M	4.0
976-1000M	TF67267A-980M-35M	3.0	TF69471A1-1015M-25M	4.0
1001-1100M	TF67401A-1040M-32M	3.0	TF69471A1-1015M-25M	4.0
1101-1180M	TF67355A-1165M-44M	3.0	TF69338A-1170M-35M	5.5
1181-1250M	TF67788B-1215M-35M	3.0	TF69660D-1283.7M-25M	5.5
1251-1300M	TF67789B-1275M-35M	3.0	TF69426d-1260M-28M	5.0



[Welcome Worldwide Partner]
 ★ Call us: Skype to Temwell ★

US Office (NY) : 1:00pm~8:30pm (Open)
 Tel: +1-631-398-8167 (GMT+5 hours)
 Taiwan Office (Taipei): 8:30am~5:30pm (Open)
 Tel: +1-914-410-6773 (GMT+8 hours)

TEMWELL CORPORATION
 Made in Taiwan/ Designer & Manufacturer & Exporter
www.temwell.com.tw / Mail: joe@temwell.com.tw

Einfach und genau: PWM bis 1 MHz

Linear Technology stellt mit dem Silizium-Oszillator LTC6992 das neueste Mitglied der neuen TimerBlox-Familie vor. Der Chip ermöglicht eine einfache und genaue Pulsbreitenmodulation (PWM) mit Ausgangsfrequenzen von 3,81 Hz bis 1 MHz. Die Frequenz wird über einen bis drei Widerstände programmiert, der garantierte Frequenzfehler ist kleiner als 1,7 %. Die Frequenz kann außerdem über eine separate Steuerungsdynamisch gesteuert werden. Die Ausgangspulsbreite (Tastverhältnis) wird einfach durch eine analoge Steuerungsdynamisch gesteuert werden. Die Ausgangspulsbreite (Tastverhältnis) wird einfach durch eine analoge Steuerungsdynamisch gesteuert werden. Der LTC6992 gewährleistet innerhalb von 500 µs nach dem Anlegen der Betriebsspannung eine glitchfreie, ab dem ersten Zyklus präzise Pulsbreitenmodulation.



gen und das maximale 95 % oder 100 %. Die Grenzwerte 5 % und 95 % sind wichtig in Anwendungen, die kein DC-Steuersignal tolerieren. Der LTC6992 eignet sich für Anwendungen wie Heizungsregler, PWM-Servos, LED-Dimmer, Signaltrennung und sonstige Applikationen, die mit Tastverhältnissteuerung arbeiten.

Bei der Produktfamilie TimerBlox handelt es sich um vielseitige Silizium-Timing-Chips, die einen hochgenauen programmierbaren Oszillator, eine Präzisionsschaltung und eine Logik in sich vereinen. Zur Realisierung der jeweiligen Funktion werden weder Kondensatoren noch Quarze noch ein Mikrocontroller benötigt, und es muss nichts programmiert werden. Die Bauteile bieten im Vergleich zu typischen RC-Oszillatoren eine höhere Genauigkeit, eine höhere Stabilität und eine geringere Leistungsaufnahme.

www.linear.com/6992

Der Chip ist in vier Versionen verfügbar, die jeweils für unterschiedliche Kombinationen von minimalem/maximalem Tastverhältnis ausgelegt sind. Das minimale Tastverhältnis kann 0 % oder 5 % betra-

Anzeige

WU
DAS ORIGINAL SEIT 1994
PCB-POOL
Beta LAYOUT

NEU!
gut bestückt!
Schon ab einem Bauteil

NEU!
cool!
ALU-Kern Leiterplatten

dichter!
5mil track / 8mil drill

knackiger!
Ritztechnik

kostenlos!
Free Stencil

Alle eingetragenen Warennamen sind eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Hersteller!

www.beta-layout.com **Beta** LAYOUT

Elektor & Circuit Cellar: Gemeinsam auf der Electronica 2010!

Vom 9. bis 12. November findet in München die Messe „Electronica“ statt. Dass auf dem wohl wichtigsten Elektronik-Event des Jahres auch Elektor vertreten ist, versteht sich von selbst.

Und so international wie auf der weltbekannten Messe im Allgemeinen geht es in diesem Jahr auch am Elektor-Stand (Halle A5, Stand 531) zu. Hierzu gehört neben den Ausgaben in Deutsch, Englisch, Französisch, Spanisch und Niederländisch auch der jüngste Elektor-Spross, die Ausgabe für den US-amerikanischen Markt. Darüber hinaus – und das ist ein absolutes Novum in Europa – werden sich in München erstmals die Elektronik-Magazine Elektor und Circuit Cellar gemeinsam präsentieren.

Mikrocontrollerfans überall auf der Welt kennen und schätzen die US-amerikanische Zeitschrift, die von dem Redaktionsurgenstein Steve Ciarcia vor 22 Jahren gegründet wurde. Das Magazin enthält ambitionierte Projekte, interessante Grundlagenartikel und nicht zuletzt viele Praxis-Tipps zu Mikrocontrollern, Peripherie & Co. Den Lesern gefällt besonders, dass hier Entwickler für Entwickler schreiben, die Begeisterung, die man den Autoren anmerkt, und nicht zuletzt der lockere amerikanische Stil.

Für Circuit Cellar- und Elektor-Leser gibt es auf der Electronica gleichermaßen Gelegenheit, einmal in den Heften der jeweiligen Schwesterzeitschrift zu blättern. Wer mag, kann eine kostenlose Elektor-Ausgabe zum Probelesen mitnehmen. Darüber hinaus werden Mitarbeiter beider Magazine den Elektronik-Fans Rede und Antwort stehen. Schon Tradition hat es hierbei, dass man mit dem Chefredakteur der deutschen Elektor-Ausgabe, Ernst Krempelsauer, über 30 Jahre Elektronik- und Elektor-Geschichte(n) fachsimpeln kann.

www.circuitcellar.com

www.elektor.com

www.electronica.de

 **electronica 2010**
components | systems | applications

NOVEMBER

2. Stuttgart

AVR-AVR32 picoPower-Hands-On-Workshop
Teilnehmer programmieren mit dem AVR8- und AVR32-Studio. Veranstaltet von Distributor MSC. Weitere Termine siehe Website!
www.msc-ge.com/de/news/seminars/3739-www.html

6. Hannover

Elektor CC2-ATmega-Seminar
Praxisorientiertes Seminar mit AVR-Spezialist Andreas Riedenaier und Computer-TV-Redakteur Wolfgang Rudolph („Computer-Clubz“). Als Hardware wird das bekannte CC2-ATM18-Testboard genutzt.
www.elektor.de/cc2-atmega-seminar

6. - 7. Stuttgart
HiFi-Music-World
Schwerpunkt dieser HiFi- und

High-End-Ausstellung ist der Selbstbau.
www.hifi-music-world.de

7. - 9. Leipzig

e-studentday 2010

Im Rahmen des VDE Kongresses findet diese Veranstaltung für Schüler, Studierende und Berufseinsteiger statt. Mit Vorträgen, Ausstellung und Karrieremesse.
www.vde.com

8. - 9. Leipzig

VDE-Kongress 2010

Im Mittelpunkt steht diesmal die „E-Mobility“. Mit Vorträgen und Präsentationen zu Fahrzeugtechnik und -kommunikation, dem Energiemanagement und vielem mehr.
www.vde.com

9. Hamburg
LabVIEW-2010-Tage
Auf diesem kostenlosen Seminar stellt National Instruments die

neue Version von LabVIEW vor. Außerdem am 10.11. in Düsseldorf und am 11.11. in Berlin.
<http://ni.com/germany/veranstaltungen>

9. - 11. Stuttgart

Vision

Internationale Fachmesse für industrielle Bildverarbeitung und ID-Technologien.
www.vision-messe.de

9. - 12. München

Electronica 2010

Laut Veranstalter eine Weltleitmesse für Komponenten, Systeme und Anwendungen, was - nicht zuletzt dank der großen internationalen Beteiligung - wohl keine Übertreibung ist. Natürlich hat auch Elektor einen Stand (siehe links). Man sieht sich in München!
www.electronica.de

10. - 11. München
Wireless Congress
Themen: Bluetooth, Embedded

Wireless, drahtlose Sensorik, Zig-Bee, Mobilfunk und vieles mehr.
www.wireless-congress.com

13. Regensburg

Elektor-Workshop „Fahrzeugdiagnose in der Praxis“

In diesem Workshop lernt man die Funktionen der On-Board-Diagnose (OBD) kennen. Hard- und Software kann man selbst ausprobieren.
www.elektor.de/fahrzeugdiagnose

18. - 21. Stuttgart
Hobby & Elektronik
Computer, PC-Zubehör und -Spiele, Elektronik, Telekommunikation sowie Multimedia sind die Messe-Schwerpunkte.
www.messe-stuttgart.de/hobby

23. - 25. Nürnberg
SPS/IPC/Drives
Internationale Messe und Kongress zum Thema elektrische Automatisierung.
www.mesago.de/sps

Anzeige

Arbiträre Signalgeneratoren

ab EUR
2.620



- 125 MHz Bandbreite
- 2- und 4-Kanal Modelle
- 1 GS/s Abtastrate
- 2 Mpkts/Kanal Speicher
- 16-bit Auflösung
- Erstellung digitaler Signale und PWM Modus

Logic Analyzer

EUR
1.015



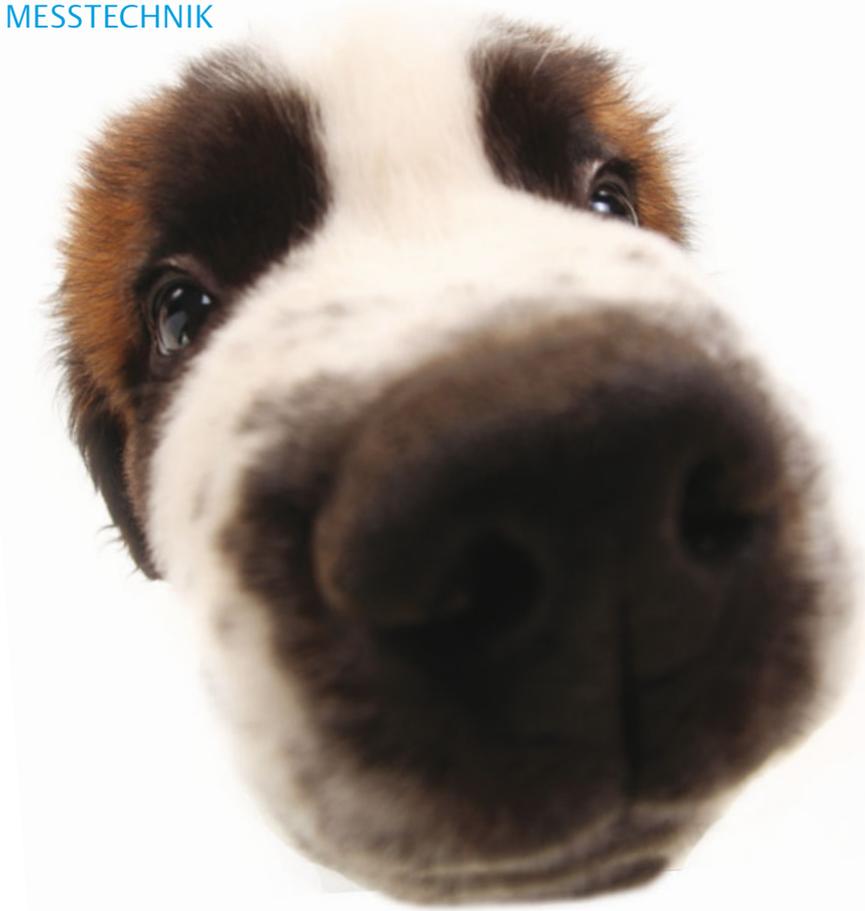
- 100 MHz, 1 GS/s, 16 Kanäle
- Serielle Bus Analyse für I²C, SPI, UART
- History Modus
- Cursor-Messungen
- Anschlußmöglichkeit an Oszilloskope
- Einfache Bedienung

LeCroy

www.lecroy.de
Tel. 06221-82700

Lernen Sie **ArbStudio** und **LogicStudio** kennen! Fordern Sie den **KOSTENLOSEN USB MEMORY STICK** an mit der kompletten Software und testen Sie selbst!





Es liegt was in der Luft!

Von Rolf Blijleven (NL)

In vielen Bereichen der Wissenschaft und Technik gehört das Messen und Analysieren von Gasen zur täglichen Praxis, der Bogen reicht von der Medizin bis zur Petrochemie. An den Beispielen des Sauerstoffs und der Kohlenwasserstoff-Verbindungen geben wir einen Einblick in die Verfahren der Echtzeit-Gasmessung.

Was Echtzeit-Gassensoren messen, sind im Wesentlichen *partielle Drücke*. Barometer sind so konstruiert, dass sie das Gewicht der Luftmoleküle anzeigen, das auf ihnen lastet. Trockene Luft besteht aus 78,02 % Stickstoff (N_2), 20,94 % Sauerstoff (O_2), 0,04 % Kohlendioxid (CO_2) und der Rest sind andere Gase und Wasserdampf. In Höhe des Meeresspiegels erzeugen diese Gase einen Druck von 101,3 kPa (1013,3 hPa). Mit zunehmender Höhe wird die Luft dünner, der Druck sinkt. Ferner hängt der Luftdruck vom Wetter mit seinen Hochs und Tiefs ab. Solange die Temperatur nicht tief unter dem Gefrierpunkt liegt, enthält die Luft eine gewisse Menge an Wasserdampf, die meist als *relative Luftfeuchte* (relative humidity, RH) in Prozent angegeben wird.

Messverfahren

Bevor Gase gemessen werden können, müssen Maßnahmen gegen den Einfluss des Wasserdampfs getroffen werden. Statische Messungen sind nur selten aufschlussreich. Was interessiert, sind *Änderungen* der Gaskonzentration. Deshalb saugt eine im Gassensor eingebaute Pumpe kleine Proben (*samples*) des Gases an, sie zieht die Proben durch den Analyse-Teil. Aus dem Durchsatz des Gases lässt sich die *Konzentration* berechnen. Natürlich setzt das voraus, dass der Gassensor geeicht ist. **Bild 1** zeigt eine häufig anzutreffende Sensor-Konfiguration. Die Pumpe, die das Gas durch den Sensor zieht, befindet sich rechts. An einem Abzweig liegt ein Drucksensor, bei ausgeschalteter Pumpe misst er den Luftdruck der Umgebung. Um den *partiellen Druck* berechnen zu können, muss der Luftdruck bekannt sein. Bei eingeschalteter Pumpe ist der Wert, den der Drucksensor misst, ein Maß für den Durchsatz.

Die Feuchte

Auf dem Weg zum Analyse-Teil passieren die Gasproben einen Kanal, eine so genannte *Sample Tube*. Dieses rohrförmige Gebilde kann unterschiedlich konstruiert sein. Manchmal ist es mit wasserfreiem Kalziumsulfat gefüllt, das den Wasserdampf absorbiert. Andere Kon-

struktionen arbeiten mit Kühlkammern, in denen der Wasserdampf kondensiert, um als Wasser abzufließen. Ein drittes, häufig angewendetes Verfahren nutzt das Material Nafion, ein Teflon-Derivat, das für Wasser permeabel ist. Ein Rohr aus diesem Material hat die Eigenschaft, dass sich die Konzentration der Wassermoleküle auf der Innenseite und Außenseite durch die Rohrwand hindurch ausgleicht. Meistens werden Gassensoren an zwei Punkten geeicht: *Zero* und *Span*, was so viel wie Nullpunkt und Messbereichende heißt. Dazu sind zwei Proben von Gasen nötig, deren Konzentrationen bekannt sind. Die Eichgase werden nacheinander durch den Sensor geschickt. Das erste Eichgas hat im Originalzustand den Wert $RH = 0\%$. Wenn es die *Sample Tube* verlässt, hat es den RH-Wert, der dort vorhanden ist. In der Fachsprache heißt dieser Wert *Ambient*. Wird nach dem Eichen die Raumluft gemessen, ändert sich der RH-Wert nicht. Beim Messen eines Gases mit höherem RH, beispielsweise ausgeatmete Luft, findet in der *Sample Tube* eine Absorption der Feuchte statt, die *Ambient*-Bedingungen sind wiederhergestellt. Das Gas, das den Analyse-Teil erreicht, hat folglich stets die gleiche Feuchte. Damit ist ihr Einfluss eliminiert.

Unter bestimmten Voraussetzungen genügt ein einziger Eichpunkt. Beim Messen von Sauerstoff-Konzentrationen kann davon ausgegangen werden, dass die Raumluft 20,94 % O_2 enthält. Dieser Wert ist dank der tropischen Regenwälder und der Meere weltweit fast gleich. Für das Gas CO_2 gilt dies nicht, in Räumen mit verschlossenen Fenstern und Türen kann seine Konzentration schnell 1 % erreichen.

Schnell und empfindlich?

In der Regel arbeiten Gassensoren träge, Reaktionszeiten in der Größenordnung von Minuten sind normal. Bei Abgasuntersuchungen an Verbrennungsmotoren fällt dies kaum ins Gewicht, doch andere Einsatzbereiche machen wesentlich schnelleres Reagieren notwendig. Ein Beispiel ist die Anästhesie in der Medizin, dort sind 150 ms die obere Grenze. Etwas schnellere Gassensoren sind zwar realisierbar, doch das reicht noch nicht aus. Das Problem lässt sich

Spezialsensoren messen Gase in Echtzeit

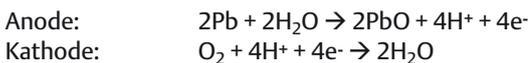
auf der Ebene der Software lösen, **Bild 2** erklärt das Prinzip. Bei einem Sprungsignal am Eingang ist die Reaktionszeit t_1 die Zeit, die vergeht, bis das Ausgangssignal 90 % seines Endwerts erreicht. Alternativ kann der Anstieg des Ausgangssignals während der Zeit t_2 unmittelbar nach dem Sprung gemessen werden. Sorgfältiges Eichen vorausgesetzt, lässt sich der Endwert des Ausgangssignals aus dem gemessenen Anstieg abschätzen. Mit dieser Methode sind Reaktionszeiten von etwa 90 ms erreichbar. Nachteilig ist allerdings, dass der Gassensor immer wieder neu geeicht werden muss. Die Empfindlichkeit von Gassensoren wird meist in ppm (*parts per million*, Teilchen pro Million) angegeben. Beispielsweise hat ein Liter Wasser (1 kg), verunreinigt mit 1 mg Blei, die Bleikonzentration 1 ppm.

Nach dieser kurzen Einführung sollen exemplarisch zwei Gassensoren betrachtet werden, die in der Gasmesstechnik sehr wichtig sind.

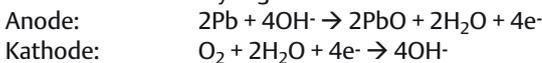
Sauerstoff

Elektrochemische Sauerstoffsensoren existieren bereits seit den 1950er Jahren, ihr Prinzip ist in **Bild 3** skizziert. Das Gas wird von oben in den Raum über der Membran gepumpt und diffundiert durch sie hindurch in Richtung eines Elektrolyten. Die Membran ist hydrophob (wasserabweisend), sie verhindert, dass der Elektrolyt entweicht. Im Elektrolyt befindet sich eine Anode aus Blei (Pb) oder Cadmium (Cd), die oxidiert. Dabei werden Elektronen frei, die über einen externen Weg zur Kathode fließen. Dort werden die Elektronen von den Sauerstoff-Molekülen gebunden.

Für saure Elektrolyte gilt:



Für basische Elektrolyte gilt:



In beiden Fällen lautet die Summe der chemischen Reaktionen $2Pb + O_2 \rightarrow 2PbO_2$. Daraus folgt, dass die Anode durch die Oxidation abgebaut wird, der Sensor hat nur eine begrenzte Lebensdauer. Hohe Sauerstoff-Konzentrationen wirken sich auf den Abbau der Anode beschleunigend aus.

Sauerstoffsensoren sind in großer Typenvielfalt auf dem Markt. Die durchschnittliche Lebensdauer der meisten Typen beträgt 1,5...2 Jahre, doch es gibt Ausnahmen. Der KS-50 des japanischen Herstellers JS Yuasa [1] hat bei 21 % O_2 und 20 °C eine Lebenserwartung von 10 Jahren, allerdings ist die Reaktionszeit mit 60 s gemessen an den Durchschnittswerten (6...10 s) vergleichsweise lang [2]. Teledyne bezeichnet seinen für industrielle Anwendungen vorgesehenen Sauerstoffsensor A-1 mit einer Reaktionszeit unter 4 s bereits als ultraschnell [3]. Für Anwendungen in der Medizintechnik bietet Teledyne den Typ UFO 130-2 an (siehe **Bild 4**), der mit 130 ms Reaktionszeit um den Faktor 30 (!) schneller ist. Bei Sauerstoffsensoren sind Messbereiche von 0 % bis 100 % gängig, nur wenige Typen haben engere Messbereiche.

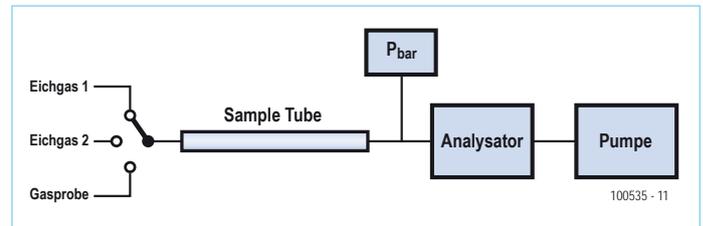


Bild 1. Grundprinzip eines Gassensors.

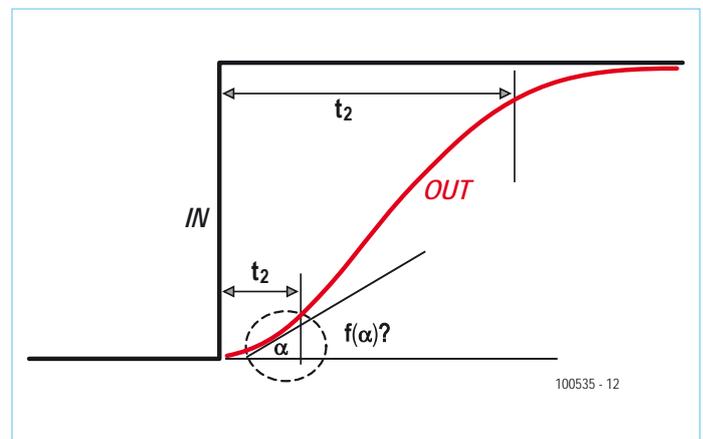


Bild 2. Der Anstieg am Kurvenbeginn ist ein Maß für die Reaktionszeit.

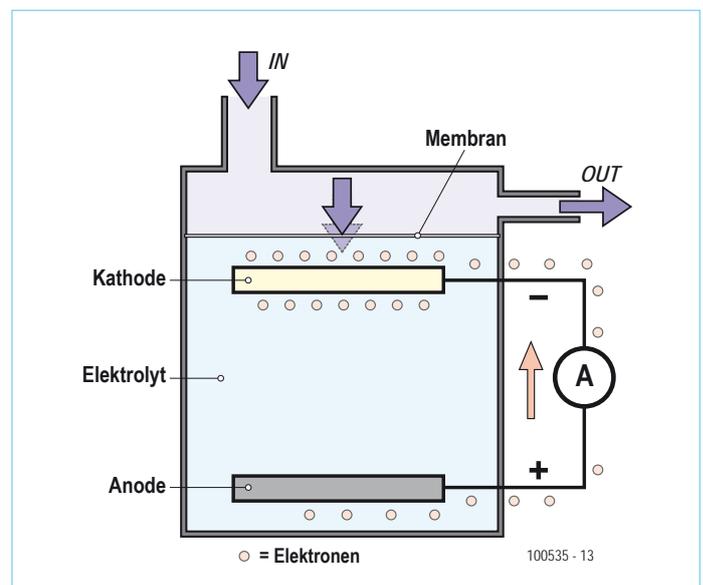


Bild 3. Aufbau eines elektrochemischen Sauerstoffsensors.



Bild 4. Der Sauerstoffsensor UFO 130-2 von Teledyne mit nur 130 ms Reaktionszeit. (Foto: Teledyne)

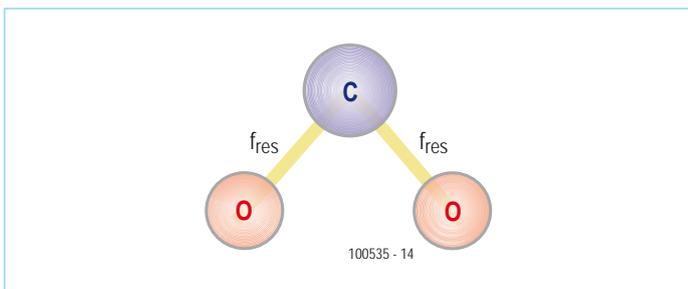


Bild 5. Struktur eines CO₂-Moleküls.

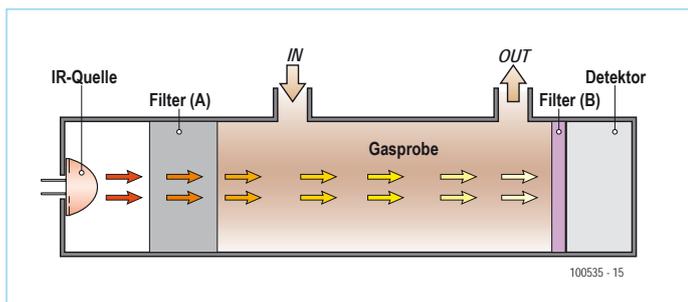


Bild 6. Prinzip eines Infrarot-Gassensors.

Nicht dispersiver Infrarotsensor

Gasmoleküle bestehen aus Atomen, die gemeinsame Bindungen eingehen. In **Bild 5** ist ein Kohlendioxid-Atom (CO₂) dargestellt. Nach diesem Muster sind auch Kohlenmonoxid (CO), Stickstoffdioxid (NO₂), Stickstoffmonoxid (NO), Ozon (O₃), Methan (CH₄), Schwefeldioxid (SO₂) und viele andere Verbindungen darstellbar. Die Bindung der Atome ist mit festen Resonanzfrequenzen gekoppelt, die charakteristisch für das Molekül und damit für das Gas sind. Infrarot (IR) heißt die elektromagnetische Strahlung mit Wellenlängen von 0,75 µm (nahe dem sichtbaren Licht) bis etwa 1000 µm (FIR, Fernes Infrarot, *Far Infrared*). Die Wellenlänge der Wärmestrahlung, auch thermisches Infrarot genannt, liegt bei 3...15 µm. Wenn Gase infraroter Strahlung ausgesetzt werden, absorbieren die Gasmoleküle die Energie auf den ihnen eigenen Resonanzfrequenzen. Die fehlenden Linien im daraus resultierenden Spektrum geben unmittelbar Auskunft über die Art des Gases.

Die breitbandige Bestrahlung im Bereich 3...15 µm ist möglich, wenn Infrarot-Licht auf ein optisches Prisma fällt. Das Prisma zerlegt das Spektrum in verschiedene Wellenlängen. Die breitbandige Infrarot-Strahlung wird *dispersives* Infrarot genannt, sie wird jedoch nur selten angewendet. Verfahren mit *nicht dispersivem* Infrarot (NDIR) haben für die Praxis weitaus höhere Bedeutung.

Das Prinzip ist in **Bild 6** skizziert. Die IR-Quelle, links angeordnet, kann eine gewöhnliche IR-LED, eine aufgeheizte Glühlampe oder ein spezieller IR-Generator sein [4]. Das IR-Licht durchläuft das Gas in der Messkammer, bis es den Analysator auf der anderen Seite erreicht. Das Filter (B) besteht meist aus eingefärbtem Glas. Für das IR-Licht ist dieses Filter ein Bandpass mit einer Mittenfrequenz, die dem zu messenden Gas entspricht. Das Filter kann auch unmittelbar hinter der IR-Quelle angeordnet sein (A).

Die zu messenden Gasproben enthalten oft auch andere Gase, die nicht gemessen werden sollen. Wie **Bild 7** zeigt, liegen die Absorptionsspektren von CO und CO₂ nahe beieinander. Wenn beispielsweise nur CO und nicht CO₂ gemessen werden soll, reicht die Bandpass-Selektivität nicht aus. Das Problem lässt sich durch eine Kammer mit reinem CO₂ hinter der IR-Quelle (A) lösen. Das CO₂ bildet eine steile Bandsperre, so dass die von CO₂ absorbierbare IR-Strahlung die Gasprobe nicht erreicht. Der dort vorhandene CO₂-Anteil kann das Messergebnis somit nicht beeinflussen.

Allen Gassensoren ist ein mehr oder weniger instabiler Nullpunkt eigen (*zero drift*). Außerdem werden die schwachen Signale der Gase von Rauschen überlagert, was insbesondere beim Messen niedriger Konzentrationen stört. Eine bewährte Lösung dieses Problems zeigt **Bild 8**. Der Chopper ist eine rotierende Scheibe, in der sich eine Bohrung befindet. Die IR-Strahlung fällt durch die Bohrung auf einen Hohlspiegel (links), von dort gelangt sie abwechselnd zur Samplekammer und zur Referenzkammer. Nach Durchlaufen der Kammern lenkt ein zweiter Hohlspiegel (rechts) die IR-Strahlung auf den Analysator, dem ein Filter vorgesetzt ist. Durch Subtrahieren eines Signals vom anderen wird nicht nur der Nullpunkt kompensiert, auch das Rauschen wird eliminiert. Ferner legt die IR-Strahlung einen vergleichsweise langen Weg zurück, was wegen der höheren Absorption eine Signalanhebung zur Folge hat.

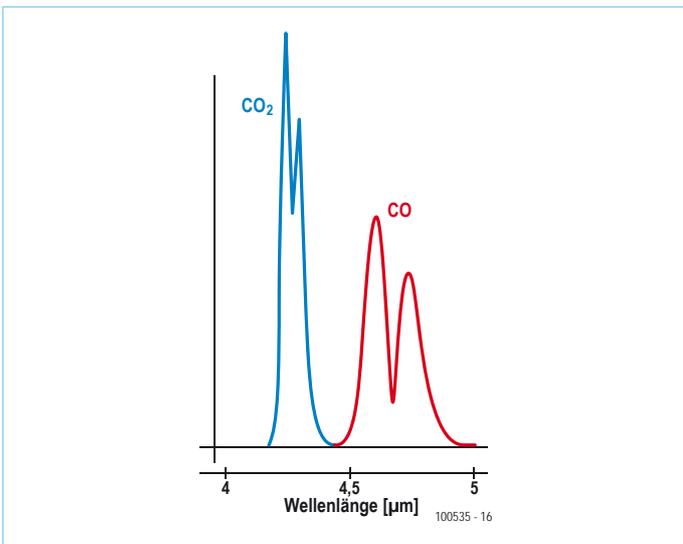


Bild 7. Die Absorptionsspektren von CO und CO₂ liegen nahe beieinander.

Wegen ihrer mechanischen Konstruktionselemente haben Gassensoren fast immer größere Abmessungen als andere Sensor-Arten. Der Chopper und die Referenzkammer können entfallen, wenn das Rauschen von der Software mithilfe der schnellen Fourier-Transformation (*Fast Fourier Transformation, FFT*) unterdrückt wird. Dies führte zur Entwicklung miniaturisierter Gassensoren. Als Beispiel sei der in **Bild 9** gezeigte ZG02 von ZyAura [7] genannt. Der japanische Hersteller Shinyei wendet dieses Prinzip der IR-Erkennung in seinen integrierten Sensoren für Staubteilchen und Pollen an [5]. Auf der 6 cm x 5 cm großen Platine in **Bild 10** befindet sich das gesamte System. Erwähnt sei noch der „SensorChip-CO₂“, den **Bild 11** zeigt. Dieser Sensor ist ein so genannter MEMS-Chip (*Micro Electro-Mechanical System*), er wurde 2006 von ICx Technologies auf den Markt gebracht. Die Reaktionszeit des 4,5 mm x 4,5 mm großen CO₂-Sensors beträgt weniger als 1 s, die Leistungsaufnahme liegt bei 70 mW, und im Bereich von 0... 100 % wird eine Auflösung von ±50 ppm erreicht [6].

Das elektrochemische Messen von Gasen ist ein spannendes Fachgebiet an der Peripherie der Elektronik. Hier konnten nur einige wichtige Grundlagen gestreift werden. Zahlreiche weiterführende Informationen findet man im Internet.

(100535)gd

Weblinks

1. www.gs-yuasa.com/gyid/us/products/ke_series/index.html
2. www.aii1.com/Rep_O2_sensors.htm
3. www.teledyne-ai.com/industrialsensors.asp
4. <http://photonics.icxt.com/index.php?page=pulsir>
5. www.shinyei.co.jp/STC/optical/dust_e.html
6. <http://photonics.icxt.com/uploads/files/Datasheets/SensorChipCO2-ds.pdf>
7. www.zyaura.com/products/ZG%20module.asp
8. www.intlsensor.com/pdf/infrared.pdf
9. <http://www.intlsensor.com/pdf/electrochemical.pdf>

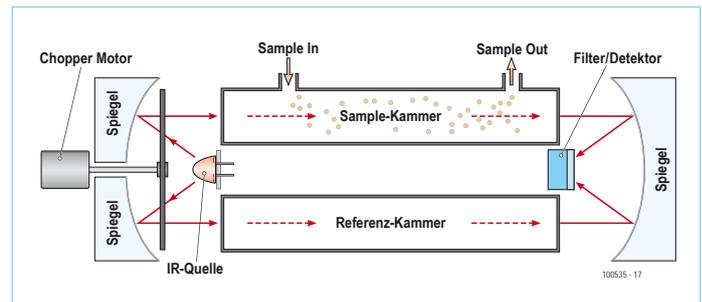


Bild 8. Infrarot-Gassensor mit Choppermotor, Referenzkammer und Hohlspiegeln. (Quelle: [8])



Bild 9. Das Infrarot-Modul ZG-02 von ZyAura. (Foto: ZyAura)

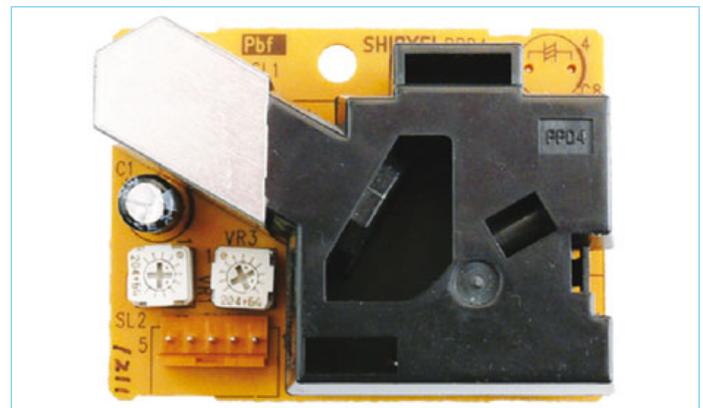


Bild 10. Dieser Sensor von Shinyei reagiert auf Staubteilchen und Pollen.



Bild 11. Der „SensorChip-CO₂“ ist ein MEMS-Chip, der CO₂ misst. (Foto: ICx Technologies)

Mikro-Brennstoffzelle misst Sauerstoff

Von Helge Weber (D)



Mustergerat des Autors

Sauerstoff ist in unserer Atemluft mit einem Anteil von 21 % enthalten. Ein Normalfall, der in bestimmten Fällen aber lebensbedrohlich sein kann. Für Taucher und Höhlenforscher ist es ein „Muss“, den aktuellen Sauerstoffgehalt der Atemluft (aus dem Tauchgerät) oder der Umgebungsluft (in der Höhle)

zu kennen. Sensoren für Luftsauerstoff und die Auswertung der Sensorsignale werden hier beschrieben.

Nachdem in Elektor bereits CO₂-Messgeräte mit chemischen [1] und optischen [2] Sensoren vorgestellt wurden, darf auch ein O₂-Messgerät nicht fehlen. Basis des hier gezeigten Sauerstoffmessgerats ist das mit einem ATmega328 und einem zweizeiligen beleuchteten LCD bestückte Minimod18-Controllerboard [3].

Grundlagen

Sauerstoffmangel (Hypoxie = herabgesetzter Sauerstoffgehalt des Blutes) kann insbesondere für Taucher und Höhlenforscher zu lebensbedrohlichen Situationen führen. Die Symptome reichen von einer Bewusstseinsintrubung über ungerichtete Bewegungen bis hin zum Bewusstseinsverlust. Die notfallmedizinische Maßnahme ist in diesen Fällen immer eine Beatmung möglichst mit 100%-Sauerstoff.

Nahe liegend ist der Einsatz des Sauerstoffmessgerates im Bereich des Sporttauchens. Bei vielen Tauchgängen wird heute nicht mehr ausschließlich Luft in der natürlichen Zusammensetzung verwendet. Ein erhöh-

ter Sauerstoffanteil in der Atemluft bietet beim Sporttauchen Vorteile. Dieses als NITROX [4] bezeichnete Gas enthält in der Regel einen Sauerstoffanteil von etwa 22 bis 40 %. Ein weiterer Sonderfall ist der Einsatz von so genannten Kreislaufgeraten. Wer sich für die taucherischen Aspekte interessiert, dem sei das Buch [5] des Verfassers empfohlen.

Für den Taucher überlebenswichtig ist es, den Sauerstoffgehalt im Atemgas zu kennen. Bei einer Abweichung des Sauerstoffanteils von mehr als $\pm 1\%$ darf das Atemgas nicht verwendet werden, es sei denn, eine Tauchgangsneuberechnung bestätigt die Zulässigkeit der Abweichung.

Mit dem hier vorgestellten Sauerstoffmessgerät lässt sich der Sauerstoffgehalt in dem Atemgas des STG (Sauerstoff-Tauchgerät) hinreichend genau bestimmen.

Ein zweiter Anwendungsbereich ist die Verwendung des Sauerstoffmessgerates in der Speläologie (Höhlenforschung), um zum Beispiel den Sauerstoffgehalt in einer

Höhle [6] zu überwachen. Hier gilt als Norm EN50104 für „Elektrische Geräte für die Detektion und Messung von Sauerstoff“. Im gewerblichen Bereich eingesetzte Sauerstoffmessgerate müssen dem in dieser Norm festgelegten Betriebsverhalten entsprechen und normkonform geprüft sein. Gefahren bei „Befahrungen“ (Betreten einer Höhle) können zum Beispiel kritische Werte von CO, CO₂, CH₄, H₂S sowie Sauerstoffmangel sein. Das Sauerstoffmessgerät kann zusätzlich zu Gasprüfröhrchen und ähnlichen Mitteln als begleitender Monitor bei Befahrungen eingesetzt werden.

Mess-Prinzip

Sauerstoff kann unter anderem mit einem elektrochemischen Sensor [7] [8], auch „micro fuel cell“ (Mikro-Brennstoffzelle) genannt, relativ einfach gemessen werden. Ursprünglich wurde dieser bereits 1964 von dem amerikanischen Unternehmen Teledyne Analytical Instruments zum Patent angemeldete Sensor für Beatmungssysteme im klinischen Bereich verwendet.

Leserschaltungen sind Beiträge von Elektor-Lesern für experimentelle Zwecke oder zur Anregung für andere Leser. Die in dieser Rubrik vorgestellten Schaltungen wurden vom Elektor-Labor nicht auf Reproduzierbarkeit und Funktion getestet.

Mobiles O₂-Messgerät mit dem Minimod18

Das Innenleben des Sensors (**Bild 1**) besteht im Wesentlichen aus einer Teflonmembrane, einer Goldkathode und einer Bleianode. Die O₂-Moleküle diffundieren durch die Teflonmembrane und werden an der Goldkathode elektrochemisch reduziert. Die dafür benötigten Elektronen werden durch die Oxidation der Bleianode erzeugt. Es entsteht ein Ionenfluss von Kationen und Anionen zur Kathode beziehungsweise Anode. Der Ionenfluss erzeugt einen Strom, der umso größer ist, je mehr O₂-Moleküle diffundieren. Die Stromwandlung erfolgt über einen Widerstand. Das Ausgangssignal des Sensors ist eine Spannung im Millivoltbereich, die auch vom Alterungszustand des Sensors abhängt (**Bild 2**).

Die Ausgangsspannung des Sensors in unserem Sauerstoffmessgerät beträgt in normaler Umgebungsluft altersabhängig etwa 7 bis 13 mV. Diese Spannung steigt mit dem Sauerstoffgehalt der Umgebungsluft linear an. Die Lebensdauer einer „micro fuel cell“ beträgt je nach Hersteller und Umgebungsbedingungen zwischen ein und drei Jahren.

Mess-Schaltung

Als erstes ist die Ausgangsspannung des Sensors an den Messbereich des A/D-Wandlers im Mikrocontroller anzupassen.

Wer keinen Mikrocontroller verwenden möchte, der kann zur Anzeige auch ein Millivoltmeter mit einem Messbereich von 0 bis 199,9 mV verwenden. Die Anpassung kann einfach mit einem Operationsverstärker erfolgen, der als nicht invertierender Verstärker geschaltet ist. **Bild 3** zeigt die vollständige Schaltung der Anpassstufe mit dem OP90 [9], deren Ausgang mit dem A/D-Wandler oder dem Millivoltmeter verbunden ist. Die Verstärkung wird durch die Gegenkopplungswiderstände R2 und R1 bestimmt und errechnet sich nach der Formel: $V_u = 1 + (R2/R1)$. Bei den angegebenen Werten ergibt sich eine 16-fache Verstärkung.

Der Offset-Abgleich des Opamps ist in Bild 3 über die Widerstände R3 und R4 fest eingestellt. Falls an den Ausgang des Opamps ein Millivoltmeter zur Anzeige angeschlossen werden soll, ist ein Offsetabgleich mit einem Trimpotentiometer an Pin 1 und 5 des Opamps vorzuziehen. Außerdem ist für diese Variante ein zweites Trimpoti in Reihe zum Widerstand R2 zu schalten. Mit diesem erfolgt dann der Abgleich an Luft auf 20,9 mV (20,9 % O₂).



Bild 1. Sensor mit Messadapter zum Anschluss an ein Tauchgerät

Aufbau

Für den Aufbau eines Messgerätes wurde das Minimod18 verwendet, das über alles verfügt, was für einen schnellen Systemaufbau und eine erfolgreiche Integration erforderlich ist. Der Sauerstoffsensor ist in das Gehäuse eingebaut (**Bild 5**).

Die Anpassschaltung aus Bild 4 kann man einfach auf einem Stück Lochstreifenplatine aufbauen. An der Schnittstelle K1 des Minimod18 stehen alle benötigten Anschlüsse zur Verfügung:

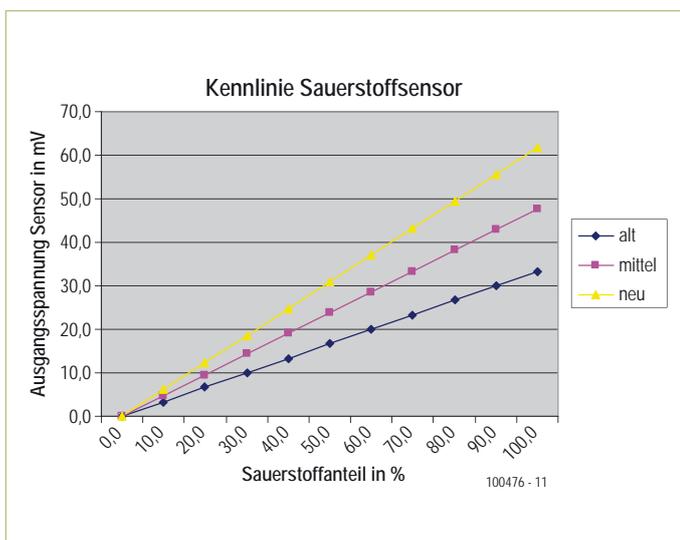


Bild 2. Typische Kennlinie des Sauerstoffsensors.

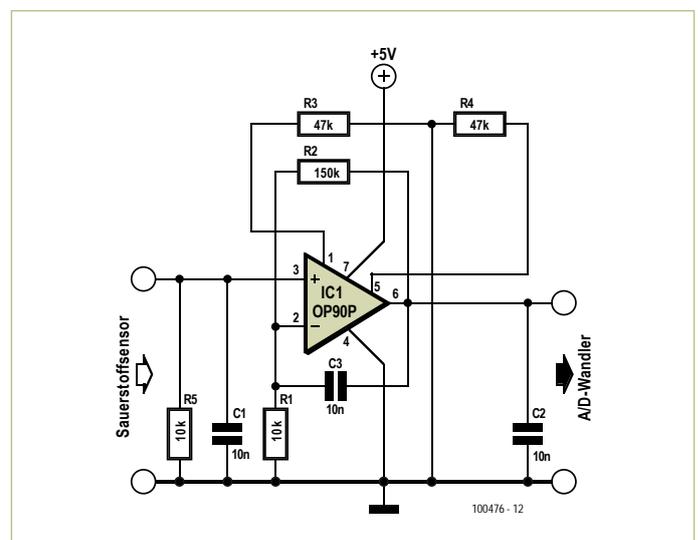


Bild 3. Messverstärker zur Anpassung des Sauerstoffsensors an den A/D-Wandler.

LESERSCHALTUNG

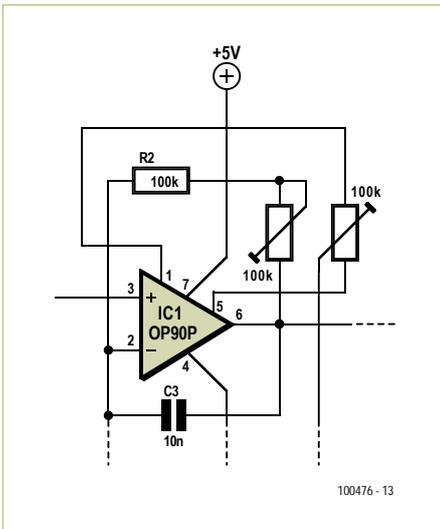


Bild 4. Wenn man ein Millivoltmeter als Anzeige an den Messverstärker anschließt, erhält die Verstärkerschaltung zwei Trimpotis für den Abgleich.

Pin 1	AREF	Anschluss der Referenzspannungsquelle
Pin 2	+5 V	Spannungsversorgung
Pin 3	ADC6	Anschluss Sensorsignal
Pin 9	GND	Spannungsversorgung

Als Referenzspannungsquelle kann zum Beispiel der LM336-2.5V von National Semiconductor verwendet werden [10]. Das verstärkte Sensorsignal und die Referenzspannungsquelle müssen natürlich aufeinander abgestimmt sein. Weitere Pins können nach eigenen Vorstel-

lungen verwendet werden. Zum Beispiel der Pin 4 (ADC7) für den Anschluss eines weiteren Sensors, von Tastern und so weiter.

Software

Die Erstellung der Anwendersoftware ist problemlos zum Beispiel mit BASCOM-AVR oder CodeVisionAVR möglich. Der Autor hat die Firmware für seine Mustergeräte mit BASCOM entwickelt. **Bild 6** zeigt den Ablauf im Flussdiagramm. Auf der Elektor-Webseite zu diesem Artikel [11] findet man den Source- und Hexcode in zwei Versionen zum Download. Die eine Version ist für die Atemgasanalyse gedacht (NITROX), die



Bild 5. Blick ins Mustergerät.

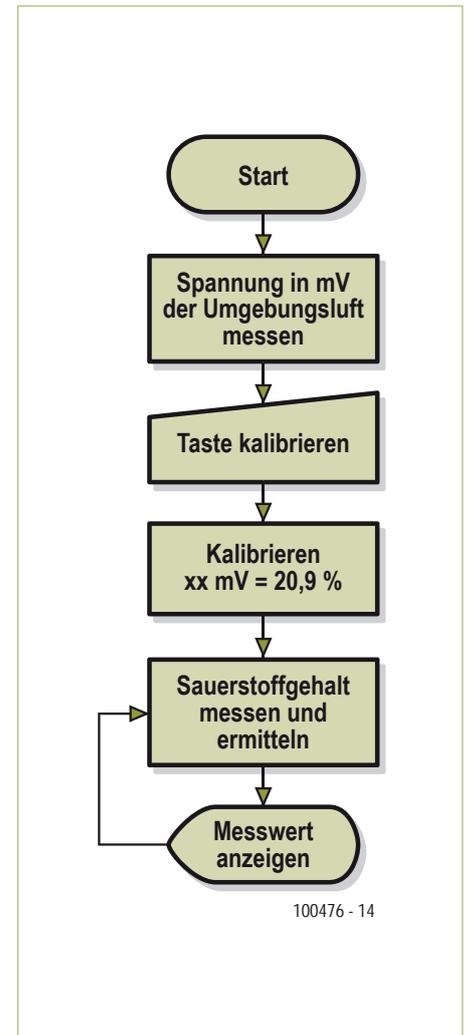


Bild 6. Flussdiagramm des einfach strukturierten Programms.

andere für die Verwendung als Luftsauerstoffmessger (Atemluftmonitoring).

Die Kalibrierung des Gerätes kann nach der Ein-Punkt-Methode oder der Zwei-Punkt-Methode erfolgen. Bei der Ein-Punkt-Methode geht man von der Annahme aus, dass auf Grund des linearen Ausgangssignals die Gerade durch zwei Punkte definiert wird. Der erste Punkt ist der genaue Nulldurchgang; der zweite Punkt ist das Signal bei einem bekannten Gas, hier 20,9 % Sauerstoffgehalt in der Luft.

Einige Sensoren verfügen jedoch über einen Offset (die Gerade läuft dann nicht exakt durch den Nullpunkt). Mit der Zwei-Punkt-Methode lässt sich hier die Genauigkeit erhöhen. Allerdings ist dafür ein Referenzgas, am besten reiner Sauerstoff, erforderlich. Der erste Punkt ist der Messwert in Umgebungsluft mit einem angenommenen Sauerstoffanteil von 20,9 %; der zweite Punkt ist unser Referenzgas mit bekanntem Sauerstoffgehalt (idealerweise reiner Sauerstoff). Der Vollständigkeit halber soll erwähnt werden, dass der Sauerstoffgehalt in der Luft nicht immer exakt 20,9 % beträgt, da der genaue Sauerstoffteildruck auch von der barometrischen Höhe, dem Feuchtegehalt der Luft und der Temperatur abhängt. Für die zwei hier beschriebenen Anwendungsfälle kann das jedoch vernachlässigt werden.

Praktische Anwendung

Bei der Anwendung für die Messung des Sauerstoffgehaltes in Atemgas ist eine

Literatur und Links:

- [1] Elektor 1/2008, siehe www.elektor.de/070802
- [2] Elektor 5/2010, siehe www.elektor.de/100020
- [3] Elektor 1/2010, siehe www.elektor.de/090773
- [4] <http://de.wikipedia.org/wiki/Nitrox>
- [5] Helge Weber: „Sauerstoffmessung für OC- und Rebreather-Taucher“, ISBN: 978-3-3703307-6
- [6] <http://forum.untertage.com> (Grubenarchäologische Gesellschaft)
- [7] www.teledyne-ai.com/oem/diving.asp (O2-Sensoren von Teledyne)
- [8] www.aai1.com/Rep_O2_sensors.htm (O2-Sensoren von Analytic Industries)
- [9] www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/OP90.pdf (Datenblatt Opamp)
- [10] www.national.com/ds/LM/LM136-2.5.pdf (Datenblatt Referenzspannungsquelle)
- [11] www.elektor.de/100476 (Webseite mit Downloads zum Artikel)
- [12] www.vandagraph.co.uk/?uid=&sessionid=&page=category&cat=294&subcat=296 (Entnahmeadapter Quick Ox)

entsprechende Entnahmeeinrichtung für das Gas erforderlich. Eine mögliche Lösung ist der „Quick Ox“ [12].

Beim Einsatz zur Atemluftüberwachung ist es sinnvoll, Warnstufen mit Anzeigen durch LEDs und zusätzlich einem Summer einzubauen. Der Autor hat sein Gerät dafür mit 3 LEDs ausgestattet. Eine grüne LED zeigt an, dass sich der Sauerstoffgehalt im „grünen“ Bereich um 20,9 % befindet. Ein Sauerstoffgehalt unter 19 % wird mit einer roten LED signalisiert. Bei einem Abfall unter 17 % ertönt ein zusätzlicher Summer und bei einem Sauerstoffgehalt größer 22 % leuchtet eine blaue LED. Letztere ist für die

Leckageüberwachung beim Umfüllen oder Mischen von Sauerstoff nützlich.

Der offene Quellcode erlaubt es dem Anwender, weitere Funktionen selbst zu implementieren. Wie wir gezeigt haben, ist der Hardwareaufwand für die Sauerstoffmessung sehr gering. Man braucht eigentlich nur einen Sauerstoffsensor, einen Opamp und ein Millivoltmeter, und wenn es vielseitig sein soll, ersetzt man das Millivoltmeter durch ein Minimod18 mit Referenzspannungsquelle. Viel Spaß beim Bau des eigenen Sauerstoffmessgeräts!

(100476)

Der Autor

Helge Weber ist Energieanlagenelektroniker und als Site Manager im Bereich Hüttentechnik tätig. In seiner Freizeit ist er Rettungstaucher und Tauchlehrer bei der DLRG.

Anzeige

3GHz Spektrumanalysatoren HMS3000/HMS3010

1GHz:
HMS1000
HMS1010



- ✓ Frequenzbereich 100kHz...3GHz
- ✓ HMS3010: Tracking Generator -20...0dBm
- ✓ Amplitudenmessbereich -114...+20dBm
- ✓ DANL -135dBm mit Preamp. Option H03011
- ✓ Sweepzeit 20ms...1000s
- ✓ Spektrale Reinheit <-100dBc/Hz @100kHz

25/50 MHz Arbitrary Funktionsgeneratoren HMF2525/HMF2550



- ✓ Frequenzbereich 10µHz...25MHz/50MHz
- ✓ Ausgangsspannung 5mV_{SS}...10V_{SS} (an 50Ω)
- ✓ DC Offset ±5mV...5V
- ✓ Arbitrary-Generator: 250MSa/s, 14Bit, 256kPts
- ✓ Sinus, Rechteck, Puls, Dreieck, Rampe, Arbitrary inkl. Standard Kurven (weißes Rauschen, Kardinalsinus etc.)
- ✓ Total Harmonic Distortion 0,04% (f <100kHz)
- ✓ Burst, Wobbeln, Gating, ext. Triggerung

Besuchen Sie uns in Halle A1, Stand 315

Neue Messe München
09.–12. November 2010

electronica 2010
components | systems | applications

350 MHz 2/4 Kanal Digital Oszilloskope HMO3522/HMO3524

250MHz:
4 Kanäle
HMO2524



- ✓ 4GSa/s Real Time, 50GSa/s Random Sampling, rauscharme Flash A/D Wandler (Referenz Klasse)
- ✓ 4MPts Speicher, Memory Zoom bis 100.000:1
- ✓ Serielle Busse triggern und hardwareunterstützt dekodieren, I²C, SPI, UART/RS-232 (Opt. H0010)
- ✓ Pass/Fail Test basierend auf Masken

Der 5532-Power-OpAmplifier (2)

Konstruktion, Brückenbetrieb und Testergebnisse

Von Douglas Self (UK) und Ton Giesberts (Elektor-Labor)

Mit diesem zweiten Teil schließen wir das Projekt eines aus vielen parallelen NE5532-Opamps komponierten Leistungsverstärkers ab. Er überrascht mit exzellenten Daten, vor allem bei den Verzerrungen. Außerdem gibt es noch zwei Herausforderungen: der Brückenbetrieb für höhere Ausgangsleistung und die Modifikation für den Betrieb mit 4-Ω-Lautsprechern.

Wenn Sie denken, dass das Zusammenbauen einiger dutzend NE5532-Opamps eine merkwürdige Art und Weise darstellt, einen High-End-Audioverstärker zu bauen und dass dies „typisch Elektor“ sei, dann liegen Sie ziemlich richtig. ;-)

Von daher war es kein Wunder, dass der erste Teil des Projekts im Oktoberheft einige recht emotionale Leserreaktionen ausgelöst hat. Nach der Theorie geht es nun an den konkreten Aufbau und um die Testergebnisse des OpAmplifiers.

Aufbau — Verstärkerplatine

Der Verstärker lässt sich bequem auf einer doppelseitigen und durchkontaktierten Platine aufbauen, deren Bestückungsseite **Bild 1** zeigt. Für einen Stereo-Verstärker benötigt man natürlich zwei dieser Platinen. Die im Elektor-Shop erhältlichen Platinen sind industriell durchkontaktiert und mit Lötstopmmaske sowie Bestückungsaufdruck versehen. Wenn es um High-End-Audio geht, sollte man auch bei der Platine höhere Ansprüche stellen. Gemessen an dem in diesem Segment üblichen Preisniveau sind die Platinenkosten eher gering. Wenn man an Platine, Bauteilen, Werkzeugen und Baustunden spart, wird man kaum erstklassige Resultate erzielen. Ganz besonders gilt dies für die Opamps: Es lohnt sich, NE5532-ICs aus „bester Produktion“ zu kaufen. Infos hierzu finden sich in einem extra **Kasten**.

Die Bestückung der 205 mm × 84 mm großen Platine ist nicht schwierig, da nur bedrahtete Bauteile zum Einsatz kommen. Dennoch lohnen sich Sorgfalt und Präzision.

Laut Ton Giesberts vom Elektor-Labor, der den Verstärker mit entwickelt und die abgebildeten Platinen bestückt und getestet hat, sind deshalb einige Aspekte beachtenswert: Die meisten Widerstände werden stehend bestückt. Man biege den langen Anschlussdraht gleichmäßig zweimal im rechten Winkel (Rastermaß = 3,8 mm). Wie die stehenden Widerstände zu bestücken sind, symbolisiert ein aufgedruckter Kreis mit kurzem Drahtstück. Für liegend montierte Widerstände ist das übliche rechteckige Symbol aufgedruckt.

Es ist durchaus möglich und thermisch sogar sinnvoll, die Opamps direkt auf die Platine zu löten. Allerdings sind Fehlersuche und Reparatur erheblich schwieriger als bei der Verwendung von achtpoligen IC-Fassungen mit gedrehten Kontakten – wie bei unserem Labormuster. Von Billigfassungen mit Federkontakten ist aber abzuraten. Die höchsten Bauteile der Platine sind C2, L1, RE1 und die Schraubklemmen für Lautsprecher und Stromversorgung. L1 besteht aus Kupferlackdraht mit 1 mm Durchmesser (AWG18), der zu einer Spule mit zehn Windungen und 20 mm Innendurchmesser gewickelt wird. Die einzelnen Windungen werden etwas auseinander gezogen, damit die Anschlussdrähte genau in die dafür vorgesehenen Bohrungen der Platine passen. Die Spule wird vor R106 bestückt. Letzterer wird so verlötet, dass er etwa 5...10 mm über der Platinenoberfläche schwebt und L1 nirgendwo berührt.

Auch wenn diese Kondensatoren im Bestückungsaufdruck vorhanden sind: **C24 bis C27 werden nicht bestückt!** Stattdessen

wird ein einziger Elko mit 1.000 µF (63 V) mit seinen Anschlussdrähten direkt in die Schraubklemmen K16/K17 gesteckt. Dabei muss man selbstverständlich auf die richtige Polung und auf gute Qualität (niedriger ESR) achten. Es zeigte sich nämlich bei den ersten Tests, dass unerwartete Verzerrungen bei etwa 20 kHz auftraten, die sich nur so beheben ließen. Die in der Oktober-Ausgabe angegebenen Daten beziehen sich schon auf diese Korrektur.

An den vier Ecken der Platine sind Bohrungen zur Montage mit Schrauben und Abstandsbolzen vorgesehen. Wegen der Länge der Platine sind Bolzen mit 10 mm Länge empfehlenswert.

Selbstverständlich sollte man die fertige(n) Verstärkerplatine(n) vor der Inbetriebnahme noch einmal inspizieren und kontrollieren, ob alle Lötstellen gelungen und alle gepolten Bauteile richtig herum bestückt sind. Ideal ist es, wenn man einen Freund um diese Überprüfung bittet, denn vier Augen sehen bekanntlich mehr als zwei.

Aufbau — Netzteilplatine

Hier handelt es sich um eine einfache Platine mit Standard-Bauteilen. Der Aufbau dürfte dementsprechend trivial sein. Lediglich bei der Montage des Kühlkörpers für die Spannungsregler ist etwas mechanisches Geschick gefragt.

Die beiden Brückengleichrichter B1 und B2 sollte man mit je einer 2 mm dicken Aluplatte mit 70 mm x 35 mm Kantenlänge kühlen (auf die flache Seite schrauben). Wie IC1 und IC2 relativ zum schwarzen, gerippten Alu-Kühlkörper positioniert sind, ist

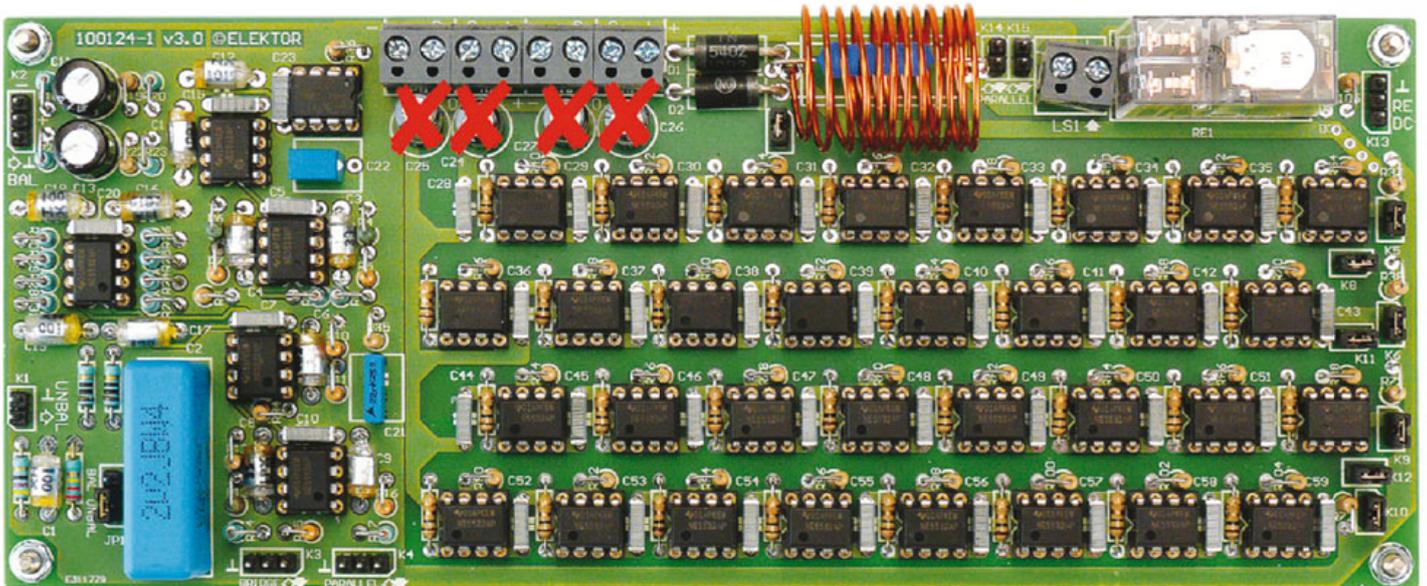


Bild 1. Perfekter Klang dank perfektem Aufbau. Wichtig: Die Kondensatoren C24...C27 werden nicht bestückt.

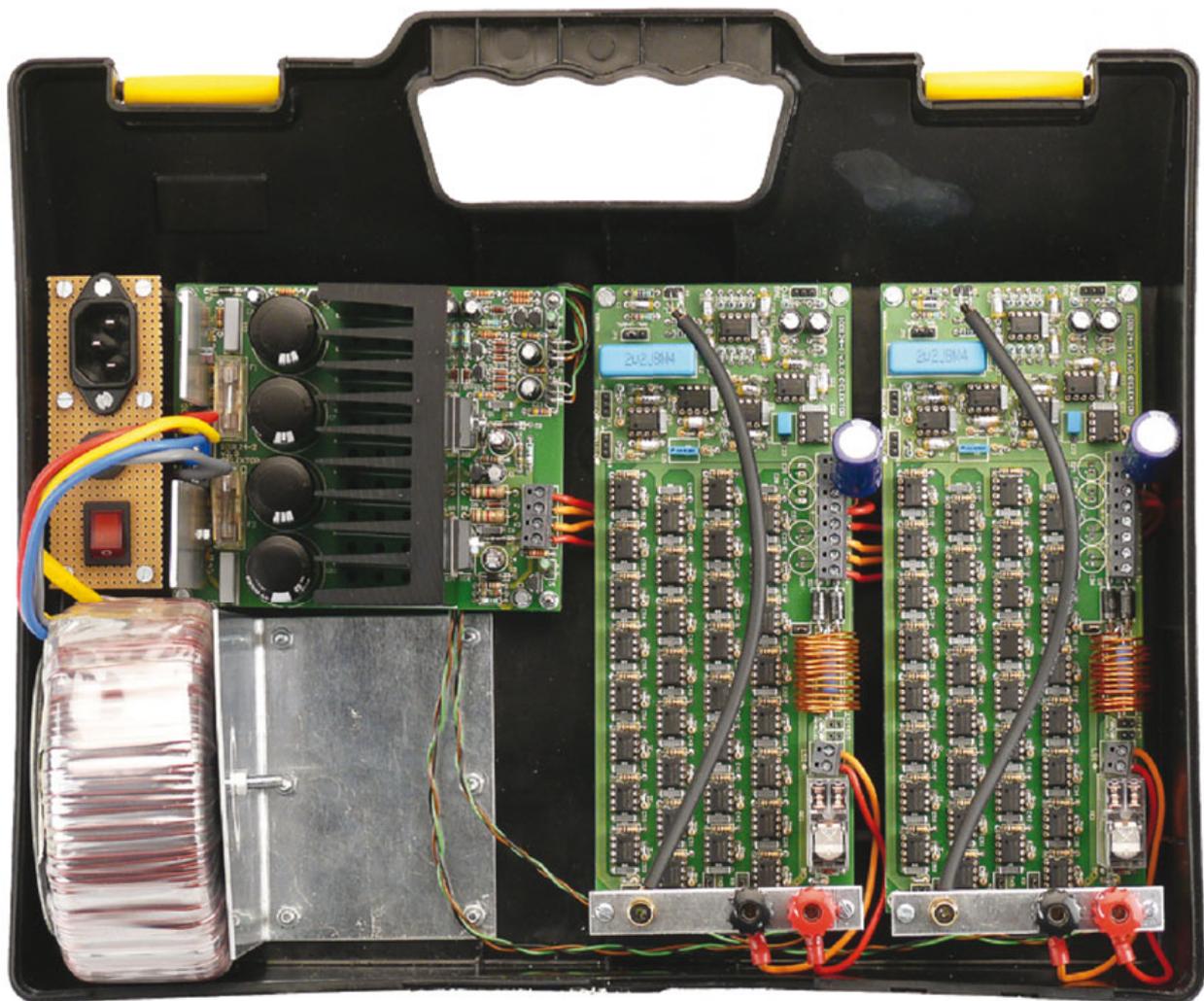
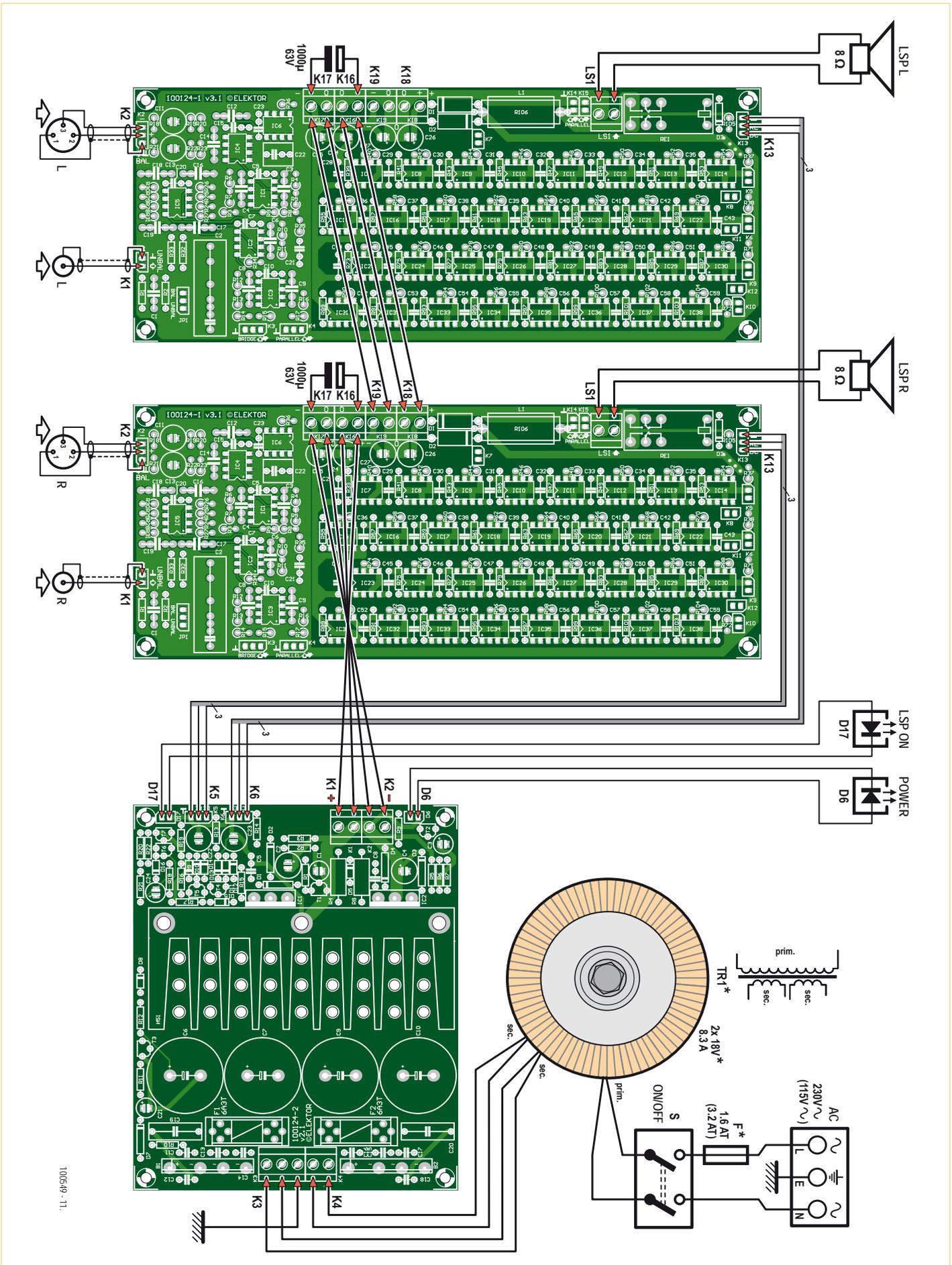


Bild 2. Die Platine des Netzteils ist recht einfach zu bestücken. Lediglich bei der Montage des Kühlkörpers und der Befestigung der Spannungsregler-ICs ist etwas mechanisches Geschick gefragt. Der gezeigte ABS-Koffer ist natürlich nicht als Gehäuse für die Heimanwendung gedacht...



100549 - 11

Bild 3. Der OpAmp-Verdrahtungsplan für die Standard-Ausführung mit 2 x 15 W an 8 Ω. Für die Verdrahtung des Netzteils und der Lautsprecher-Anschlüsse ist dickere Litze erforderlich.

Herausforderung 1: Variante für 4-Ω-Lautsprecher

Die deutlichste Limitierung des OpAmplifiers ist der maximale Ausgangsstrom, bedingt durch die integrierte Strombegrenzung der NE5532-Opamps. Wenn man mehr Strom benötigt, muss man mehr Opamps parallel schalten. Die Grundschialtung ist für 8-Ω-Lasten mit einer kleinen Sicherheitsreserve spezifiziert. Man kann hier also nicht einfach 4-Ω-Lautsprecher anschließen.

Um dennoch 4-Ω-Lautsprecher verwenden zu können, braucht es die doppelte Anzahl an Opamps. Das ist einfacher, als man vermuten würde. Anstelle einer neuen Riesenplatine kann man einfach zwei der für 8 Ω ausgelegten Verstärkerplatinen parallel schalten. Die Steckverbindung K4 (siehe die Schaltung in Teil 1) wird dabei als Ausgang der Platine des Hauptverstärkers genutzt. Hier steht am Ausgang von IC3A das mit nur 0,24 Ω bei 1 kHz äußerst niederohmige Signal der Treiberstufe zur Verfügung, was HF-Instabilitäten durch Kabelkapazitäten zuverlässig verhindert. Dieses Signal treibt

dann die Ausgangs-Opamps einer zweiten Verstärkerplatine, deren Eingangsschaltung nicht bestückt wird. Bei der zweiten Platine dient K4 dann logischerweise als Eingang.

K14 und K15 dienen dazu, die Ausgänge von je zwei Verstärkerplatinen zu verbinden. Man sieht, dass diese Verbindung vor den Kontakten des Mute-Relais RE1 erfolgt, damit Elektronikfehler keine negativen Auswirkungen auf angeschlossene Lautsprecher haben können.

Auch wenn diese Erweiterung auf doppelten Ausgangsstrom relativ einfach ist, sollte man doch nicht vergessen, dass das Netzteil jetzt mit dem doppeltem Strom belastet wird. Neben der zwingenden Erhöhung des Ausgangsstroms des Trafos auf mindestens 6,25 A wäre eventuell auch eine etwas höhere Kapazität der Siebelkos sinnvoll. Diese Variante ist also eher ein Experimentiervorschlag als ein voll ausentwickeltes Design.

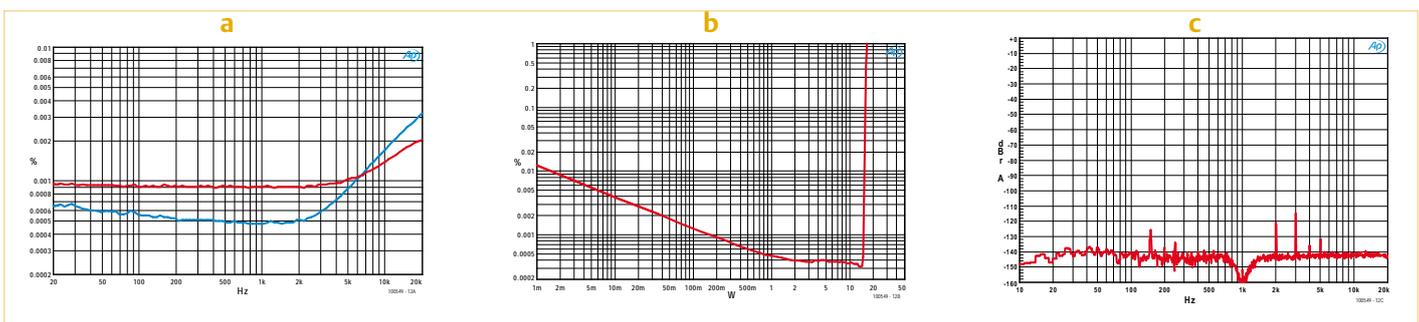


Bild 4. Der OpAmplifier wurde mit unserem AP System 2 Analyser nach allen Regeln der Kunst gemessen. a: THD+Noise über Ausgangsleistung. b: Verzerrung über Ausgangsleistung (1 kHz, B = 22 kHz). c: FFT-Messung bei 1 kHz/1 W/8 Ω.

dem Bestückungsaufdruck zu entnehmen. Die Befestigung des Kühlkörpers erfolgt mit drei M4-Schrauben. Hierzu muss man die entsprechenden Löcher in die Unterseite des Kühlkörpers bohren und M4-Gewinde schneiden. Die Löcher in der Platine zwischen den Kühlrippen dienen der besseren Ventilation. Die Spannungsregler werden elektrisch isoliert mit dem Kühlkörper verschraubt. Auch hierzu müssen passende Löcher gebohrt und M3-Gewinde geschnitten werden, die Isolation erfolgt durch Isolierbuchsen und Glimmerscheiben mit Wärmeleitpaste oder Wärmeleitpads. IC1 und IC2 werden selbstverständlich erst ganz zuletzt bestückt.

Der in **Bild 2** gezeigte Aufbau wurde für Test

und Transport verwendet. Die Abstandsbolzen sind gleich hoch wie bei den Verstärkerplatinen.

Nach sorgfältiger Kontrolle der Platine auf Fehler erfolgt ein erster Test. Man verbindet die Sekundärseite des Netztrafos mit den Wechselspannungseingängen der Platine und schaltet den Trafo primärseitig ein. Ist alles in Ordnung, liefert das Netzteil zwei Gleichspannungen mit je 18 V ($\pm 0,7$ V).

Kompletter Verstärker

Der OpAmplifier sollte in ein Metallgehäuse eingebaut werden. Dabei sind die VDE-Bestimmungen (VDE 0100, VDE 0701) zu beachten (230-V-Verdrahtung, Schutzleiteranschluss). Die Größe des Gehäuses

richtet sich nach der Anzahl einzubauender Verstärkerplatinen nebst dazu passendem Netzteil. Die relevanten Informationen zum **Brücken- und 4-Ω-Betrieb** finden sich in einem extra Kasten. Sehr wichtig ist es auch, die von den vielen NE5532-ICs und den Spannungsreglern auf den Kühlkörpern abgegebene Wärme durch Konvektion oder Zwangsbelüftung in ausreichendem Maße abzuführen.

Bei der Verdrahtung der Sekundärseite des Trafos, der Versorgungsspannungen und der Lautsprecheranschlüsse muss man die auftretenden hohen Ströme berücksichtigen. Die Sekundäranschlüsse des Trafos sollten nach Möglichkeit nicht verlängert werden. **Bild 3** zeigt den Verdrahtungsplan

Herausforderung 2: Brückenbetrieb

Zwei „normale“ Verstärker können in Brückenbetrieb geschaltet werden, wenn man sie mit invertierten Audiosignalen speist. Die Last wird dann zwischen die beiden Verstärkerausgänge gelegt. Dieses Verfahren erlaubt die Verdoppelung der maximalen Ausgangsspannung, was zumindest theoretisch die vierfache Ausgangsleistung ermöglicht. Es handelt sich um ein elegantes Verfahren, um die Leistung eines Verstärkers zu erhöhen.

In der Praxis ist eine Vervielfachung der Leistung nicht ganz so einfach zu erreichen. Die erzielbare Ausgangsleistung bleibt oft deutlich unter dem theoretischen Wert, was vor allem mit der begrenzten Belastbarkeit des Netzteils (und auch der Leistungshalbleiter) zu tun hat. Bei höherer Belastung bricht die Ausgangsspannung von (schwach dimensionierten) Netzteilen deutlich ein. Außerdem tritt bei höherem Strom an den Ausgangshalbleitern der Verstärker auch ein höherer Spannungsabfall auf. Oft kann man daher statt der vierfachen kaum die dreifache Leistung im Brückenbetrieb erzielen. Der heute vielfach vorhandene Brücken-Modus kommerzieller Verstärker wirkt daher eher wie eine (fast) kostenlose Zugabe ohne wirklich relevanten praktischen Nutzen.

Beim OpAmp sieht das zum Glück völlig anders aus. Hier stimmt die Ausgangsleistung aus zwei Gründen: Zum einen ist die Versorgungsspannung stabilisiert und zum anderen verhilft die parallele Struktur zu sehr niedrigen Ausgangswiderständen. Da viele Opamps über 1- Ω -Widerstände zusammengeschaltet werden, ist die resultierende Ausgangsimpedanz wirklich sehr klein. Die Verluste fallen daher ebenfalls klein aus.

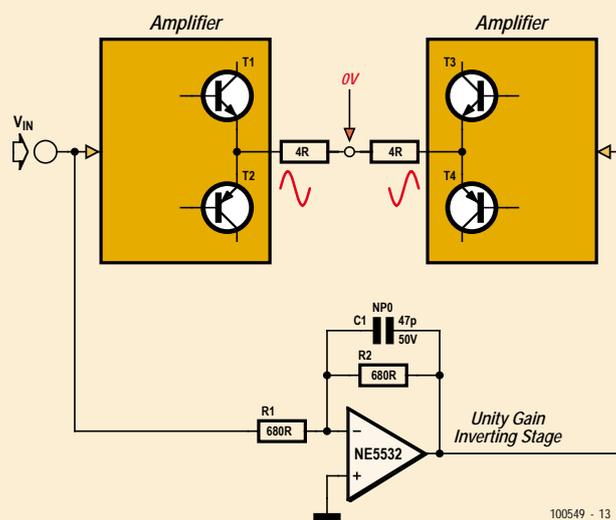
Der Brückenbetrieb hat seinen Namen aus der Tatsache, dass die vier Ausgangstristoren von zwei konventionellen in Brücke geschalteten Verstärkern tatsächlich eine Brückenstruktur bilden (siehe **Bild A**).

In dieser Schaltung ist die 8- Ω -Last in zwei virtuelle 4- Ω -Lasten aufgeteilt. Dies trägt der Tatsache Rechnung, dass an der Verbindung der beiden 4- Ω -Lasten tatsächlich kein Signal, also Massepotential anliegt. Ein Brückenverstärker mit 8- Ω -Last entspricht somit zwei einzelnen Verstärkern mit je einer gegen Masse geschalteten 4- Ω -Last. Logischerweise bringt ein Brückenverstärker bei gleicher Last nicht nur die doppelte Spannung, sondern auch den doppelten Ausgangsstrom. Letzteres sorgt in konventionellen Verstärkern für erhöhte Verluste in den Ausgangshalbleitern.

In Bild A ist auch zu sehen, wie ein invertierender Opamp das Eingangssignal für die im Gegentakt angesteuerte zweite Verstärker-

hälfte generiert. Es gibt natürlich noch andere Wege, dies zu erreichen, aber diese einfachste Möglichkeit wurde auch im OpAmp realisiert, da es hier auf einen Opamp mehr oder weniger wahrlich nicht ankommt. Die Widerstände in der Inverterstufe sollten so niedrig wie möglich ausfallen, um das Widerstandsrauschen zu minimieren. Gleichzeitig dürfen die Widerstände nicht zu niedrig ausfallen, da sonst die Ströme steigen und der Opamp verzerrt. Der Kondensator C1 parallel zum Gegenkopplungswiderstand R2 sorgt für HF-Stabilität – die damit bedingte obere Grenzfrequenz liegt bei 5 MHz, was weder Auswirkungen auf den Frequenzgang des Verstärkers noch auf die Balance der beiden Brückenhälften hat.

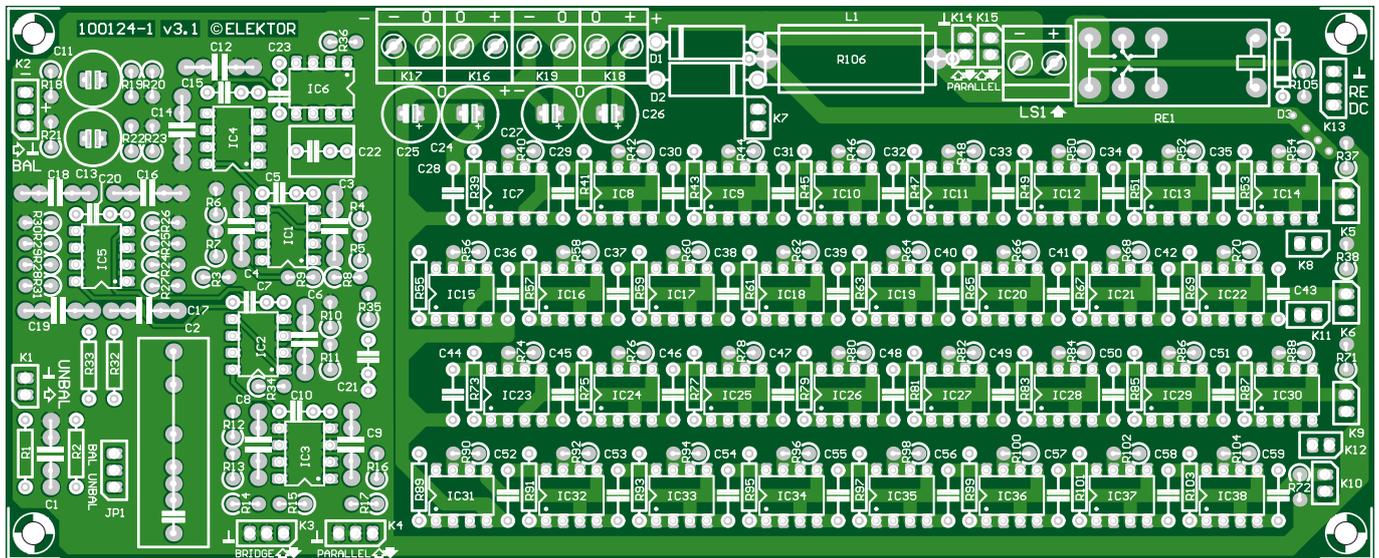
Manchmal hört man windige Behauptungen wie die, dass der Brückenbetrieb alleine schon für niedrigere Verzerrungen sorgen würde, da sich die Verzerrungen der beiden Verstärkerhälften im so genannten Push-Pull-Betrieb gegenseitig kompensieren würden. Fakt ist aber, dass sich eine Brückenschaltung lediglich bezüglich der geradzahigen Harmonischen günstig auswirkt. Auf die ungeradzahigen Harmonischen, die typischerweise größere Amplituden haben, hat das jedoch keine Auswirkungen.



Der OpAmp ist schon für den Brückenbetrieb ausgelegt. Die letzte Stufe IC3A des Eingangsverstärkers ist gleichzeitig auch der Signalinverter, der dafür sorgt, dass das Ausgangssignal des Verstärkers in Phase mit dem Eingangssignal ist. An K3 liegt daher schon ein invertiertes Signal an, mit dem man im Brückenbetrieb den Leistungs-

teil einer anderen Verstärkerplatte ansteuern kann. Auch hier braucht bei der zweiten Platine die Eingangsschaltung nicht bestückt zu werden. Der Lautsprecher wird nun zwischen die „heißen“ Ausgangsklemmen der Verstärkerplatten geschaltet. Die jeweiligen Masseanschlüsse bleiben leer.

Da eine Brückenschaltung mit 8- Ω -Last den gleichen Strom wie der einfache Betrieb an einer 4- Ω -Last benötigt, muss für eine richtige Brückenschaltung nicht etwa eine Verstärkerplatte pro Taktseite verwendet werden, sondern je zwei parallelgeschaltete Verstärkerplatten wie in der Version mit 4- Ω -Last. Zwei parallele Verstärker treiben also die eine Seite des Lautsprechers in Phase und zwei weitere die andere Seite in Gegenphase. Für einen Kanal sind also gleich vier Verstärkerplatten plus eine Netzteilplatte mit Trafo erforderlich. In Stereo braucht man das dann doppelt. Das ist natürlich ein ziemlich großer Aufwand. Dafür gibt es dann 2 x 60 W in wirklich sehr guter Qualität!



Stückliste

Verstärkerplatine (1 Kanal)

Widerstände:

(5%, 0,25 W falls nicht anders angegeben)

R1,R14,R17 = 47 Ω
 R2 = 220 k
 R3 = 47 k
 R4,R6 = 910 Ω , 1%, 0,25 W
 R5,R7,R10,R11,R15,R16 = 2k2
 R8,R9,R32,R33 = 10 Ω
 R12 = 1 Ω
 R13 = 2,0 k, 1%, 0,25 W
 R18,R21 = 150 k
 R19,R22 = 100 Ω
 R20,R23 = 68 k
 R24-R31 = 820 Ω
 R34,R35 = 10 M
 R36 = 100 k
 R37,R38,R71,R72 = 22 k

R39...R70,R73...R104 = 1 Ω
 R105 = 10 k
 R106 = 10 Ω , 5%, 3 W

Kondensatoren:

C1,C12,C14,C16...C19 = 100 p, 2,5%, 160 V, axial, Polystyrol
 C2 = 2,2 μ , 5%, 250 V, Polypropylen
 C3,C4,C6,C8,C9 = 33 \pm 1 p, 160 V, axial, Polystyrol
 C5,C7,C10,C15,C20,C23,C28...C59 = 100 n, 10%, 100V, RM 7,5 mm
 C11,C13 = 47 μ , 20%, 35 V, bipolar
 C21 = 22 n, 10%, 400 V, RM 7,5 mm
 C22 = 1 μ , 10%, 10 V, RM 7,5 mm
 C24...C27 = ersetzt durch 1 x 1.000 μ , 63 V, siehe Text

Spulen:

L1 = 1,7 μ ; 10 Windungen mit 1 mm CuL (18AWG), Durchmesser 20 mm, effektive Länge 20 mm

Halbleiter:

D1,D2 = 1N5402
 D3 = 1N4148
 IC1...IC5,IC7...IC38 = NE5532 (siehe Text für Fabrikat)
 IC6 = OP177 (Analog Devices)

Außerdem:

K1,K5...K12,K14,K15 = 2-poliger SIL-Pfostenstecker, RM 2,5 mm
 K2,K3,K4,K13 = 3-poliger SIL-Pfostenstecker, RM 2,5 mm
 K16...K19,LS1 = 2-polige Schraubklemme für Platinenmontage, RM 5 mm
 JP1 = 3-poliger SIL-Pfostenstecker plus Jumper, RM 2,5 mm
 RE1 = 24-V-Relais für Platinenmontage, Kontakte 5 A, Omron G2R-2 24DC
 Cinch-Einbaubuchse, Neutrik NYS367-0
 XLR-Einbaubuchse, 3-polig, Pro Signal PSG01588
 Platine 100124-1,
 siehe www.elektor.de/100549

eines Stereo-Verstärkers für 2 x 15 W an 8 Ω . Als Netzanschluss ist eine Kaltgerätebuchse mit integrierter Sicherung geeignet. Als Netzschalter sollte unbedingt ein **doppelpoliger** Schalter verwendet werden. Als Netztrafo ist eine Ringkernaussführung mit sekundär 2 x 18 V bei 3,3 A (= 120 VA) für die normale Stereoauslegung mit 2 x 15 W an 8 Ω völlig ausreichend. Bei der 4- Ω -Variante sollte der Trafo allerdings schon 6,25 A (= 220 VA) bringen. Beim Brückenbetrieb sind gleich zwei Netzteile (eines

pro Kanal) mit je einem 6,25-A-Trafo erforderlich. Im Elektor-Labor wurde der im Verdrahtungsplan angegebene 8,3-A-Ringkerntrafo für 2 x 15 W an 8 Ω verwendet, und auch für den Brücken- und 4- Ω -Betrieb darf es nach Meinung von Ton Giesberts gerne etwas mehr sein, um noch ein paar Ampere in Reserve zu haben.

Testergebnisse

Die grundlegende Idee des OpAmplifier war, einen Leistungsverstärker mit den

niedrigen Verzerrungen des 5532-Opamps zu bauen. Die zentrale Herausforderung war es, die guten Eigenschaften des einzelnen Opamps trotz der sehr viel höheren Ströme zu erhalten. Dabei spielt die Auslegung der Platine bezüglich Masse, Verlauf der Stromversorgung und Entkopplung eine wichtige Rolle.

Der fertige Prototyp wurde im Elektor-Labor mit Hilfe des Analysers „Audio Precision System Two Cascade Plus 2722 Dual Domain“ durchgemessen. Die **Bilder 4a, 4b und 4c**

Stückliste

Netzteilplatine

Widerstände:

(5%, 0,25 W falls nicht anders angegeben)

R1,R5 = 100 Ω
 R2,R6 = 1k3, 1%, 0,25 W
 R3,R7 = 39 Ω
 R4,R8 = 1k5, 5%, 1 W
 R9,R11,R16,R20...R22 = 2k2
 R10,R12...R15,R19 = 47 k
 R17 = 150 k
 R18 = 470 k

Kondensatoren:

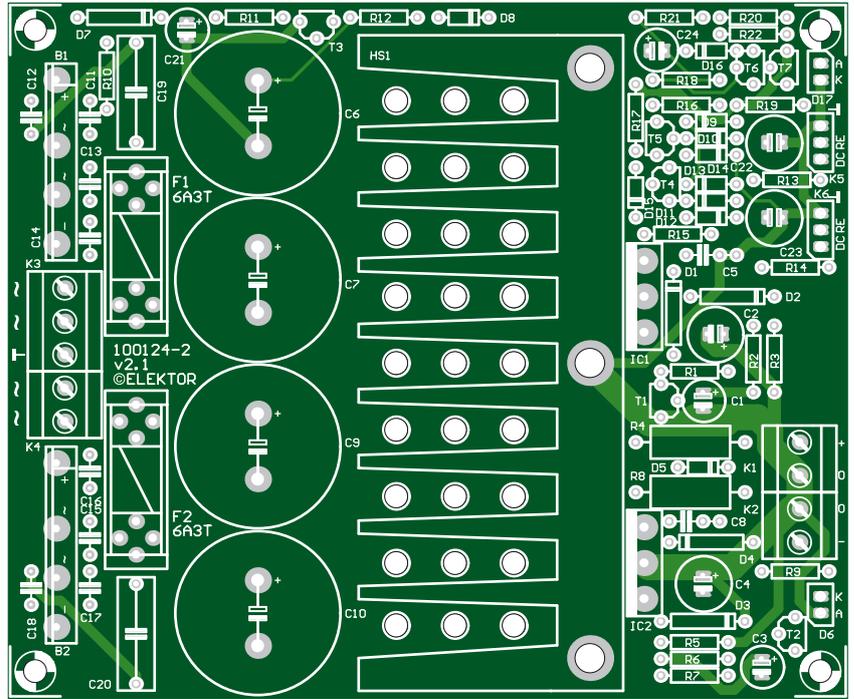
C1,C3,C24 = 47 μ, 20%, 25 V, RM 2,5 mm
 C2,C4 = 100 μ, 20%, 25 V, RM 2,5 mm
 C5,C8 = 100 n, 10%, 100 V, RM 7,5 mm
 C6,C7,C9,C10 = 4.700 μ, 20%, 35 V, RM 10 mm (max. 25 mm Durchmesser)
 C11-C18 = 47 n, 10%, 50 V, Keramik, RM 5 mm
 C19,C20 = 47 n, 20%, 630 V (X2), RM 15 mm
 C21 = 4μ7, 20%, 63 V, RM 2,5 mm
 C22,C23 = 22 μ, 20%, 35 V, bipolar, RM 2,5 mm

Halbleiter:

D1-D4,D7 = 1N4002
 D5,D8...D16 = 1N4148
 D6,D17 = LED, grün, 3 mm
 T1,T3,T4,T6 = BC337
 T2,T5,T7 = BC327
 IC1,IC2 = LT1083 (Linear Technology)
 B1,B2 = Brückengleichrichter 15 A, 200 V, Vishay GSIB1520

Außerdem:

Ringkerntrafo 2 x 18 V / 3,3 A (oder 6,25 A) se-



kundär, siehe Text
 K1,K2,K4 = 2-polige Schraubklemme für Platinenmontage, RM 5 mm
 K3 = 3-polige Schraubklemme für Platinenmontage, RM 5 mm
 D6,D17,S1 = 2-poliger SIL-Pfostenstecker, RM 2,5 mm
 K5,K6 = 3-poliger SIL-Pfostenstecker, RM 2,5 mm
 F1,F2 = Sicherung, 4 A (oder 8 A) träge, 20x5 mm, Fassung für Platinenmontage

Kühlkörper 1,6 K/W, 100x40 mm, Fischer SK92/75SA (Farnell 4621578 oder Reichelt V7331G)
 M3-Schrauben, Muttern und U-Scheiben sowie Isobuchsen für IC1 und IC2 (siehe Text)
 Wärmeleitpad ZU-3P, (Bergquist K6-104) für IC1 und IC2 (siehe Text)
 M4x10-Schrauben zur Montage des Kühlkörpers auf der Platine
 Platine 100124-2, siehe www.elektor.de/100549

zeigen die eindrucksvollen Messergebnisse. In **Bild 4a** sind die harmonischen Verzerrungen und das Rauschen als Funktion der Signalfrequenz zu sehen. Die Messungen wurden bei 1 W (rote Kurve) und 8 W (blaue Kurve) Ausgangsleistung und einer Bandbreite von 80 kHz vorgenommen. In **Bild 4b** werden die Verzerrungen als Funktion der Ausgangsleistung bei 1 kHz (Bandbreite = 22 kHz) dargestellt. Ab etwa 3 W kommt der Verstärker in die Nähe der Nachweisgrenze unseres Analysers! Über etwa 15 W beginnt der Verstärker, die Audiosignale zu begrenzen. Die Kurve in **Bild 4c** zeigt das Signalspektrum bei 1 kHz und 1 W an 8 Ω. Die Grundfrequenz wurde zur besseren Darstellung unterdrückt. Der Pegel der zweiten

Harmonischen liegt bei eindrucksvollen -121 dB, und sogar die dritte Harmonische kommt auf nur -115 dB. Bei einer Bandbreite von 22 kHz liegt der Gesamtstörmpegel aus Verzerrungen plus Rauschen bei etwa 0,0005 %. Die beiden Harmonischen mit dem höchsten Pegel erreichen kombiniert eine Amplitude von nur 0,0002 %!

Fazit

Man kann mit Fug und Recht behaupten, dass das Ziel erreicht wurde, eine Vielzahl von NE5532-Opamps zu einem hochwertigen Audio-Leistungsverstärker zu kombinieren. Die resultierende Qualität ist auch gemessen am Aufwand außerordentlich gut. Für Elektroniker besonders faszinierend

ist die Tatsache, dass das mit Hilfe von Opamps gelingt, die elektrisch im Bereich von Millivolt und Milliwatt und preislich im Bereich von Eurocent angesiedelt sind.

Und weil man so etwas mit eigenen Augen sehen und mit eigenen Ohren hören muss, wurde der OpAmp in einen Transportkoffer eingebaut und auf die Reise zu audiophilen Gruppen rund um die Welt geschickt, damit diese sich ein eigenes Urteil bilden können.

Wir sind gespannt auf das Feedback!

(100549)

Die Qual der Wahl: Der beste NE5532

Es ist einfach eine empirische Tatsache, dass nicht alle NE5532-Opamps gleich hergestellt werden. Verschiedene Hersteller haben den NE5532 im Programm und es gibt messbare Qualitätsunterschiede. Während Messungen zeigten, dass sich die Fabrikate beim Rauschen relativ ähnlich sind, waren bei den Verzerrungen leider größere Unterschiede zu konstatieren. Auch wenn praktisch allen Fabrikaten dieselbe Prinzipschaltung zugrunde liegt, werden sie doch nicht mit den gleichen Masken hergestellt. Die Unterschiede in den Masken sind in der Regel den unterschiedlichen Herstellungsprozessen geschuldet, und das hat sehr wohl reale Auswirkungen.

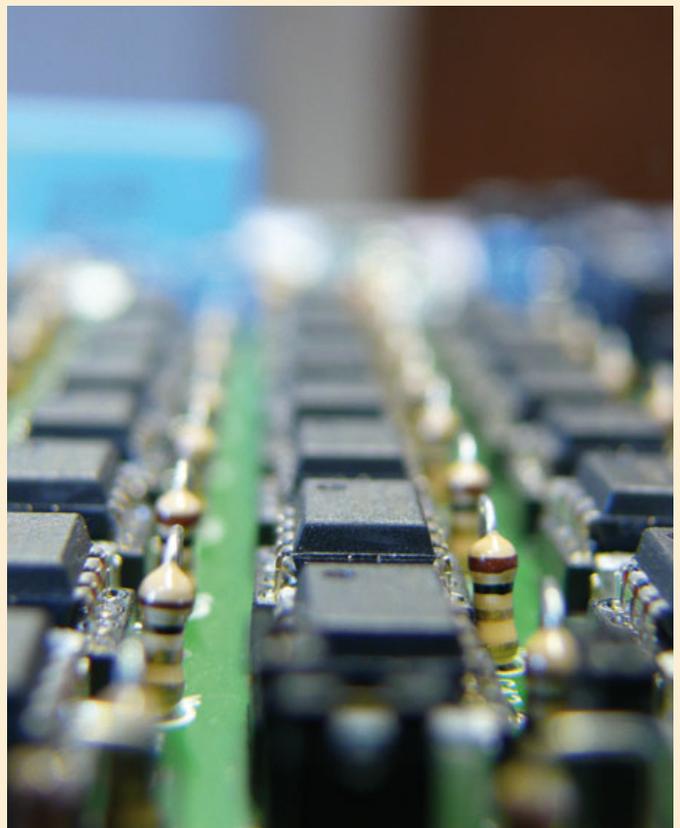
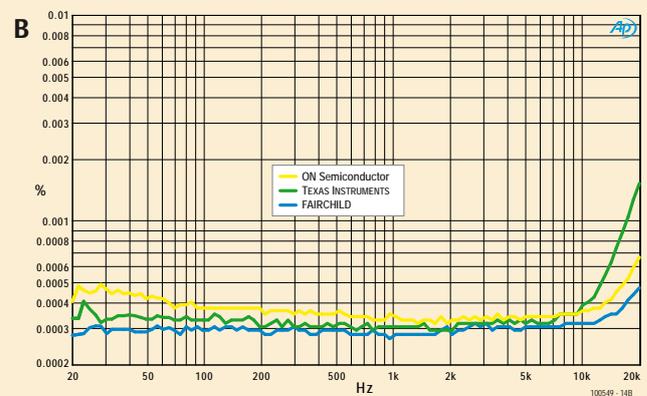
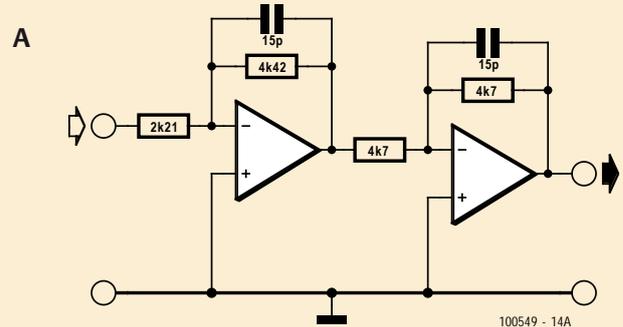
Da gerade die niedrigen Verzerrungen das hervorstechendste Merkmal dieses Verstärkers darstellen, lohnen sich besondere Mühen, um die besten ICs zu verwenden, die man bekommen kann. Selbstverständlich wurden während der Entwicklung des OpAmplifiers viele NE5532-Fabrikate ausprobiert. Dabei wurden sowohl ICs aus aktueller Produktion als auch über zwanzig Jahre alte Exemplare getestet. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse sind sicherlich nicht nur für dieses Projekt nützlich, sondern für alle Audio-Anwendungen eines NE5532 interessant.

Die wichtigsten NE5532-Hersteller sind: Texas Instruments, Fairchild Semiconductor, ON Semiconductor, NJR (= New Japan Radio; früher Motorola) und JRC (Japan Radio Company). ICs von TI, ON und Fairchild wurden von Ton Giesberts im Elektor-Labor verglichen. Douglas Self verglich sechs Muster von Fairchild, JRC und Texas plus (aus historischem Interesse) ein altes Exemplar von Signetics. Die Tests im Elektor-Labor wurden an einer besonders kritischen Stelle vorgenommen: in der Treiberstufe des OpAmplifier. **Bild A** zeigt die Schaltung und **Bild B** die Messkurven.

Es ist eindeutig, dass die NE5532-Exemplare von Texas (grüne Kurve) deutlich hinterher hinken und das nicht nur in den Elektor-Messungen, sondern auch bei den Untersuchungen von Douglas Self. Dieses Ergebnis hat uns überrascht, da TI bislang bei Elektor einen guten Ruf hatte. Die Zahlen waren anderer Meinung. Die gemessenen Verzerrungen bei 20 kHz lagen im Bereich von 0,001... 0,002 % und wiesen außerdem eine größere Streuung der Werte auf als bei Fairchild und ON. Unterhalb von 10 kHz hingegen zeigten sich die gleichen hervorragenden Eigenschaften wie bei den anderen Fabrikaten.

Verglichen mit anderen Fabrikaten sind die THD-Werte bei 20 kHz also deutlich höher — bis hin zu dreifach schlechteren Werten bei 30 kHz. Letzteres dürfte sich allerdings kaum auswirken, wenn keine hochfrequenten Signale zu Intermodulationsverzerrungen führen. Falls doch, würde sich die Verwendung anderer Fabrikate auszahlen.

Die Kurven zeigen klar und deutlich, dass die NE5532-ICs von Fairchild (blaue Kurve) wohl die besten sind. Audiophile Elektroniker werden deshalb Fairchild vorziehen, auch wenn sich dieser Hersteller dafür etwas besser bezahlen lässt. Man sollte daher beim Lieferanten gezielt nachfragen, welchen Hersteller er gerade auf Lager hat. Bei Verwendung der besten NE5532-ICs ist unterhalb von 12 kHz praktisch kein Zeichen einer Verzerrung über dem Grundrauschen mehr feststellbar. Bei 20 kHz liegen die Verzerrungen dann unter 0,0005 %.



Flugschreiber

Alles drin
in der (bunten) Black-Box



Es schreibt für Sie Chefpilot Grégory Ester (F)

Das ATM18-Modul startet hier zu seinem Erstflug - und bringt massenweise Infos mit, die während des Fluges mit einem ferngesteuerten Modell aufgenommen wurden. Sind Sie bereit? Also dann, anschnallen bitte, auf geht's! Herzlich willkommen an Bord von Flug ATM18 mit Elektor-Airlines!

Sie besitzen zwar noch keine Privatpilotenlizenz, sind aber dennoch in der Lage, eine Cessna oder Big Lama zu fliegen? Dann kennen Sie bestimmt diese Situation: ein neugieriger Zuschauer stellt 1. die bescheidene Frage: Wie schnell fliegt denn das kleine Ding? Sie antworten 2. nach bestem Wissen und Gefühl. Dann folgt 3. die ungläubige Erwiderung: Das glauben Sie doch wohl selber nicht... In diesem Falle dürfte Sie das hier vorgestellte Projekt interessieren!

Messung der Geschwindigkeit

Der Sensor MPR-AIR-V3 besitzt ein Pitot-Rohr und erlaubt es, die Geschwindigkeit eines jeden durch die Luft bewegten Gegenstandes zu messen, soweit diese 563 km/h nicht überschreitet. Die Version 3 dieses Moduls zeigt das Ergebnis sogar direkt auf einer Sieben-Segment-Anzeige an. Die Platine wiegt 4 g, das Pitot-Rohr 3 g. Die Messung erfolgt mit einer Auflösung bzw. Schrittweite von 1,6 km/h. Die Versorgungsspannung darf 16 V nicht überschreiten und muss mindestens 3 V betragen. Das Ganze wurde im Werk kalibriert

und temperaturkompensiert. Wie **Bild 1** deutlich zeigt, wird die Sonde mittels zweier Silikonschläuche an die Elektronik angeschlossen. Die Sonden-Löcher müssen mindestens 13 mm von der Vorderkante des Flügels entfernt sein, um Verwirbelungen und damit Messfehler auszuschließen. Es versteht sich von selbst, dass der beste Ort ganz vorne am Flugzeug wäre, aber, wie Sie sicherlich schon erraten haben, steuern wir hier keinen Jet, sondern benötigen einen Propeller, um die Luft vom Bug zum Heck unseres schönen Flugzeuges zu bringen.

Sobald man alle Teile angeordnet hat, ist es empfehlenswert, die Sonde und die Schläuche gut zu befestigen (oder besser festzukleben), um sie vor Vibrationen zu schützen.

Messung der Flughöhe

Der Sensor MPR-ALT-V3 ist ein Höhenmesser von 4 g (!) Gewicht. Er nutzt den Luftdruck, um die Höhe zu messen. Auch dieser Sensor wurde werkseitig kalibriert und ist temperaturkompensiert. Die maximale Flughöhe kann dank eines Sieben-Segment-

Displays direkt vor Ort abgelesen werden. Die größte messbare Höhe liegt bei 10 000 Fuß... Ja, dies entspricht 3 048 m! Nun, welcher geneigte Leser bricht den Höhenrekord?

Die Platine kann überall am Flugzeug befestigt werden, man muss nur darauf achten, die Messöffnung senkrecht zur Bewegungsrichtung anzubringen. Falls der Sensor im Rumpf eingebaut wird, leistet ein Stück Silikonschlauch, der bis zur Außenhaut des Rumpfes gelegt wird, gute Dienste.

Die Auflösung (Schrittweite) beträgt 4 Fuß (1,2 m). Die Versorgungsspannung darf wie oben 16 V nicht überschreiten und muss mindestens 3 V betragen.

Wenn man die Sensoren ohne die im weiteren beschriebene Schaltung nutzt, lassen sich die Messwerte nur Ziffer für Ziffer anzeigen, zum Beispiel so: Die Versorgungsspannung wird angelegt, unser Modell vom Typ WIZZ (**Bild 4**) hebt ab und erreicht eine Höhe von 328 Fuß. Sobald es wieder gelandet ist, können Sie die einzelnen Stellen (in Fuß) nacheinander ablesen: auf 3 folgt 2 folgt 8 folgt NICHTS. Und wieder 3-2-8, etc.

119

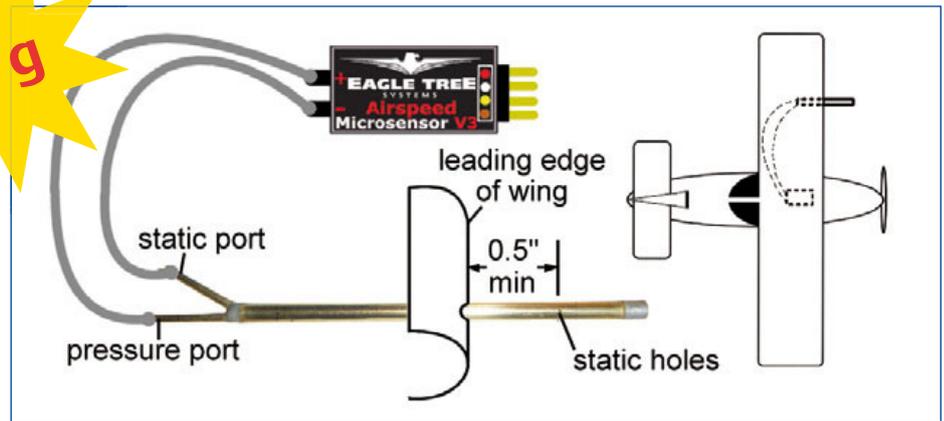


Bild 1. Modul MPR-AIR-V3 mit Pitot-Rohr.

pp. Durch kurzes Unterbrechen der Versorgungsspannung wird ein neuer Messzyklus gestartet, um einen neuen Maximalwert zu erhalten. Sind die Anschlüsse braun und gelb beim Einschalten gebrückt, schaltet man zwischen englischem (Fuß) und internationalem System (Meter) um. Die aktuelle Auswahl wird durch eine „0“ für Fuß bzw. eine „1“ für Meter symbolisiert. Nach Entfernen der Brücke (spannungslos) ist das Gerät bereit für den nächsten Einsatz.

Die vom Hersteller Eagle Tree bereitgestellten Datenblätter sollte man immer in der neuesten Version herunterladen, denn hier hatte sich in verschiedenen Ausgaben doch das eine oder andere Fehlerchen eingeschlichen... [1].

539

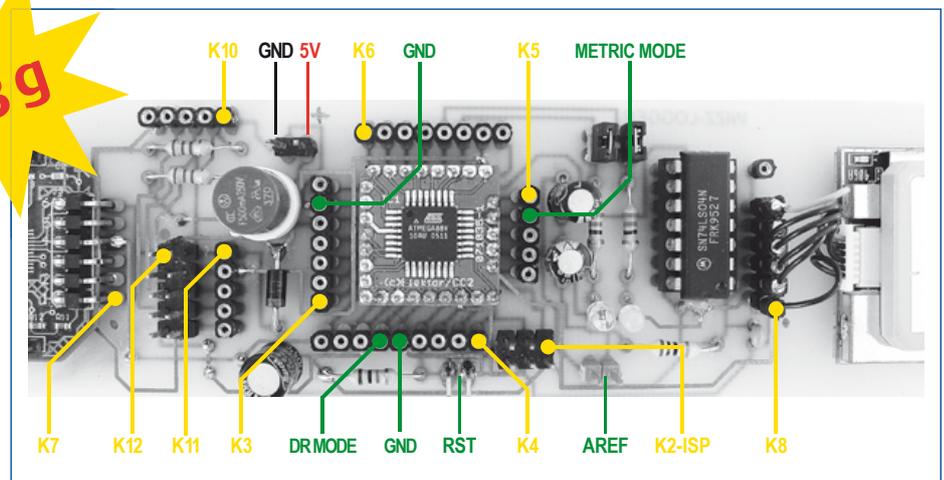


Bild 2. Die Flugschreiberplatine.

Achtung: I²C

Wir wollen die beiden Module im I²C-Modus einsetzen, dafür müssen diese aber zunächst „umgestrickt“ werden. Hierzu verwendet man normalerweise die Software eLogger 8.63 auf einem eLogger V3. Allerdings ist es meist nicht nötig, hier groß zu investieren. Geben Sie bei der Bestellung noch als Kommentar „Sensor im I²C-Modus“ an. Die Händler sollte dann gleich die nötigen Einstellungen vornehmen.

Der Aufbau des Flugschreibers...

... fußt auf einem GPS-Empfänger EM-406A, einem VDRIVE1 oder 2 von Vinculum und auf den beiden genannten Sensoren von Eagle Tree (Bild 2). Im Zentrum sitzt das ATM18-Modul (ohne Testboard). Der Schaltplan besteht fast nur aus Steckverbindern, welche wir jetzt vorstellen, bevor sie mit der Peripherie verbunden werden:

- K1 : V_{IN} 5 V_{CC}. F1 und D1 schützen unsere Schaltung vor falscher Polarität. Beide müssen abhängig von der eingesetzten Spannungsversorgung dimensioniert werden.
- K2 : ISP-Verbinder.
- Alle Anschlüsse des ATM18-Moduls werden auf K3, K4, K5 und K6 herausgeführt. Die leichte und kompakte Platine kann also auch als universelles Entwicklungssystem eingesetzt werden!
- K7 : VDRIVE-Modul.

- K8 : GPS-Empfänger EM-406A. Pin 6 wurde an K9 gelegt.
- K12 : 1 (GND-Eagle), 2 (VCC-Eagle), 3 (PB1-SDA_Eagle), 4 (PC2-SCL_Eagle). Pin 5 bis 10 werden nicht benutzt. Alle Kontakte von K12 liegen auch auf K10 und K11.

Die Jumper JP3 und JP4 regeln die jeweilige Verwendung der LEDs D2 (orange, O, an PC4) und D3 (gelb, Y, an PC5). Diese zeigen verschiedene Betriebszustände unseres Systems an. Die orange LED steht für den Kaltstart (Anlegen von Ordnern und Schreiben von Variablen) und die gelbe LED leuchtet, wenn etwas abgespeichert wird. Deshalb sollte man die USB-Verbindung trennen, wenn eine LED leuchtet. Auch ist es zu empfehlen, den USB-Stecker vor dem Anlegen der Versorgungsspannung zu stecken.

Jumper JP2 bietet eine optionale Spannungsreferenz für den CAN-Bus und mit JP1

startet man neu (Reset). Über Portpin PB2 wählt man die Funktionsweise des Mikrocontrollers aus. Ist der Pin offen, so verhält sich der Controller wie ein Flugschreiber. Ist er mit 0 V verbunden, wechselt der Controller in den RDR-Modus (s.u.).

Start als Flugschreiber:

1. Anschließen der vier Leiter beider Eagle-Sensoren: Masse an K12(1), 5 V an K12(2), SDA an K12(3) und SCL an K12(4)
2. System unter Spannung setzen
3. Programmieren mit der Datei „70_WIZZ_RIDE_DATA_RECORDER“ [2]
4. Versorgungsspannung trennen
5. USB-Verbindung herstellen und Versorgungsspannung anlegen.

Über Portpin PC0 wählt man die Einheiten aus: Ist der Pin offen, werden die Geschwindigkeit in km/h und die Höhe in Metern ausgegeben. An 0 V gelegt werden mph und feet benutzt.

Aufzeichnungsformat

Die Datei „WDR.TXT“, welche beim Systemstart erzeugt wird, enthält alle empfangenen Daten der Sensoren. Hier ein Beispiel:

```

WDR-->
*****
UTC:15h16m04.000s
LAT:46Deg21'39.4''N
LON:006Deg28'45.5''E
SAT:06 SIGNAL:1
ALT:495.5M
0.kmh 0.m
*****
UTC:15h16m20.000s
LAT:46Deg21'39.6''N
LON:006Deg28'45.4''E
SAT:09 SIGNAL:1
ALT:476.5M
0.kmh 0.m
    
```

Die erste Zeile zeigt an, dass das System als Flugschreiber arbeitet (WDR = *Wizz Data Recorder*), der Eintrag „WDR-->“ wird nach jedem neuen Einschalten als Startzeichen geschrieben.

Die Weltzeit UTC, die geographische Länge und Breite, die Anzahl der für die Berechnung verwendeten Satelliten und die Höhe werden vom GPS-Empfänger EM-406A geliefert.

Die letzte Zeile enthält die Geschwindigkeit und die Höhe des Flugzeugs. Diese Werte werden beim Einschalten auf Null gesetzt.

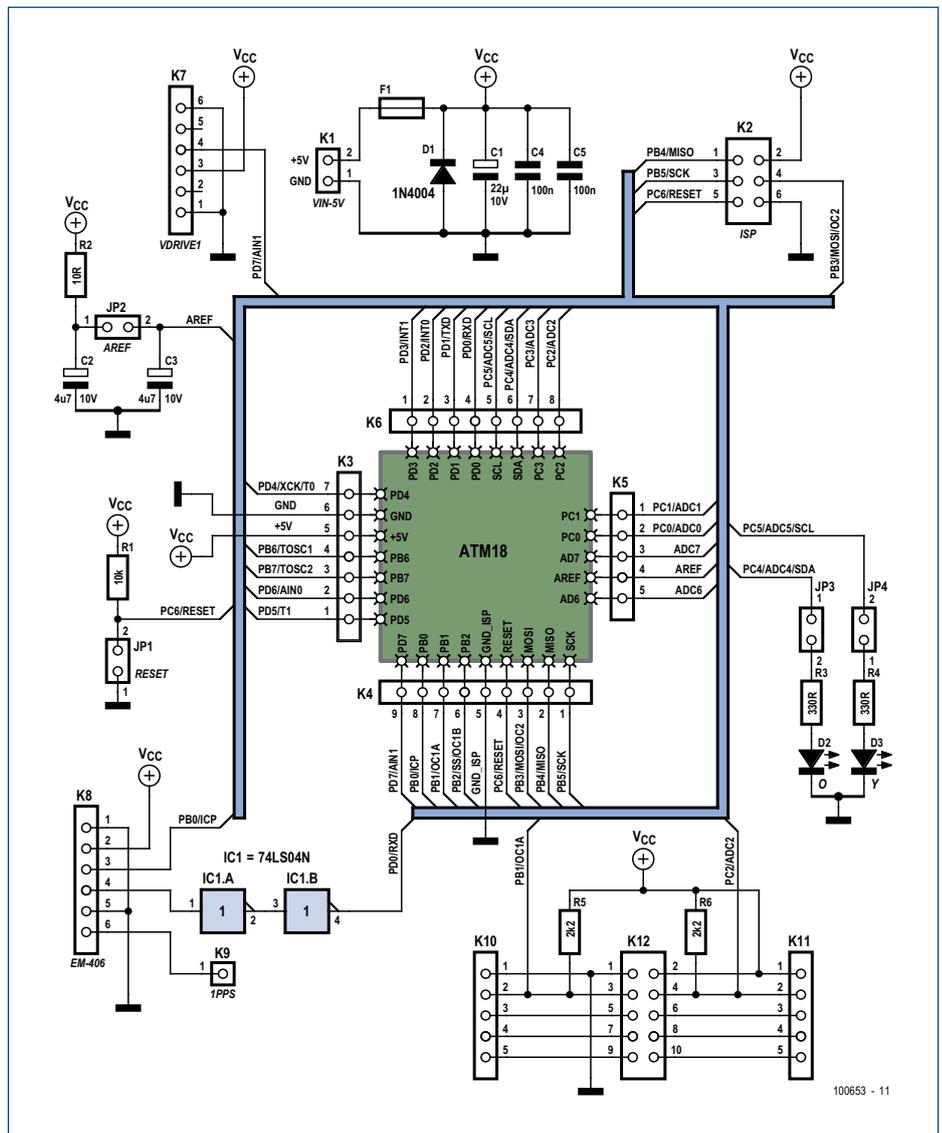


Bild 3. Die Schaltung besteht fast nur aus Steckverbindern.

Das GPS

Die Schaltung verwendet den Baustein EM406-A mit integrierter GlobalSat-Antenne. Genauso lässt sich aber auch ein anderer GPS-Empfänger verwenden oder - dank des wunderbar praktischen MAX232 - ein eigenes GPS-Modul über eine Standard-RS232-Verbindung anschließen. Pin 1 und 5 des EM406-A werden mit Masse verbunden, während Pin 2 auf +5 V liegt. Anschluss 4 wiederum wird zunächst an einen Inverter geführt, dessen Ausgang an

einem zweiten Inverter liegt, der schließlich zu Port PD0 führt. Dies ist notwendig, weil der EM406 zu wenig Ausgangsspannung liefert, 2,85 V, was unterhalb des Schwellenwertes von PD0 liegt. ($V_{IH} = 0,6 \times V_{CC}$ mit $V_{CC} = 5 \text{ V}$, macht 3 V Minimum, darunter erkennt den Eingang den High-Pegel nicht.) Ohne den 74LS04 funzt's nicht!

Bei der Berechnung der Daten werden sechs Satelliten herangezogen, was eine zufriedenstellende Präzision gewährleistet.

Die Daten werden erst dann abgespeichert, wenn diese Bedingung sichergestellt ist – wohingegen die Daten der Eagle-Sensoren so abgespeichert werden, wie sie geliefert werden, ohne weitere Prüfung. Während des Fluges werden die GPS-Daten im GGA-Format ausgewertet, um die Nutz-Daten zu erhalten. Daher ist es notwendig, dem GPS-Empfänger ein Kommando zu senden, dass er mit der Übertragung in diesem Format beginnen soll. Pin 3 an Port PB0 bewirkt dies.

Vor dem Start alles austesten!

```
Print #1 ,
„$PSRF103,00,00,01,01*25“
(Enable GGA message for a 1Hz
constant output with checksum
enabled)
```

Sofern Sie dem Empfänger weitere Befehle erteilen möchten, müssen Sie die Prüfsumme berechnen. Hierfür steht Ihnen unter [2] ein kleines Programm zur Verfügung.

Am Anschluss 1PPS (pulse per second) wird vom GPS-Modul ein Signal von 1 Hz ausgegeben.

VDRIVE₁ oder 2

Vom Hersteller FTDI stammt der Vinculum-Chip, mit welchem man Embedded Systems wie unseres zu einem USB-Host aufrüsten kann. Dieser Baustein ist in verschiedenen Varianten erhältlich und bietet eine Fülle von Möglichkeiten. Hier soll jedoch einfach nur gezeigt werden, wie man an unser System einen Massenspeicher anschließt. Der Vinculum-Chip verwaltet das Dateisystem und besitzt ein serielles Interface. Nachfolgend ein Beispiel, wie man (in Basic) eine Datei „WDR.txt“ erzeugen kann, welche als Anfangseintrag „WDR-->“ enthält :

```
Print #2 , „OPW WDR.txt“ +
Chr(13);
Print #2 , „WRF “ ; „8“ +
Chr(13);
Print #2 , „WDR-->“;
Print #2 , Chr(13) ; Chr(10);
Print #2 , „CLF“ + Chr(13);
```

Um unser Modul mit ASCII-Befehlen steuern zu können, müssen wir zunächst die Datei *firmware* modifizieren (wohlgemerkt nur eine Datei namens *firmware*). Hierfür benötigen wir das Programm *Vinculum Firmware Customiser V1.1b* sowie die Datei *VDAP VNC1L firmware V3.68* [3]. Unter den Optionen muss man darauf achten, folgendes auszuwählen: *IPA Mode ASCII* und *Ext Command Set Mode* sowie *LEDs Flash at Power-on*. Nachdem wir einen Dateinamen für die neue Konfiguration festgelegt haben, beenden wir den Vorgang mit Klicks auf *Write* und danach *Finish*. Schließlich wird ein *firmware-code* abgefragt (man kann z.B. „123“ eingeben).

Um die einzelnen Bestandteile vor dem endgültigen Einbau zu prüfen, verwenden wir das *Minimod18* [6]. Hier die Daten des Moduls im Überblick:

- **Praktische Abmessungen** von 80 x 25 mm, mit 27 Gramm Gewicht.
- **Cleverer Rechenknecht** dank ATmega328P-AU.
- **Riesen-Speicher:** 32 KB Flash, 1 KB EEPROM, 2 KB RAM
- **Schnittstellen:** I²C, SPI, USART...
- **Zu programmieren** über Bootloader bzw. ISP
- **LCD mit Hintergrund-Beleuchtung:** 2 Zeilen à 8 Zeichen (im 4-bit-Modus; HD44780)
- **Spannungsversorgung** über USB oder 5-V-Steckernetzteil mit USB-Anschluss
- **On-board-EEPROM:** 64 KB mehr!
- **Hoch getaktet** mit 16 MHz



Niemals am Steuer fotografieren!

Das Programm „68_EAGLE_TREE_ET_MINIMOD18“ [2] wird mittels eines AVR-Programmers über den Verbinder ISP K3 des Minimod in den Flash-Speicher geladen.

Über den I²C-Bus kommunizieren wir mit unseren beiden Sensoren, wodurch auch gleichzeitig deren Spannungsversorgung sichergestellt wird: K1(2) - 5 V, K1(10) - GND, K1(5) - SCL und K1(6) - SDA.

Bei jedem Start werden die Adressen der verfügbaren Sensoren angezeigt: \$EA für den Geschwindigkeitsmesser und \$E8 für den Höhenmesser.

Das Messergebnis wird in zwei Bytes über den I²C-Bus gesandt (little endian) und am LCD angezeigt, welches mit 2 x 8 Stellen groß genug für unsere Anwendung ist.

Grundsätzlich wird in der ersten Zeile die Geschwindigkeit in km/h und in der zweiten die Höhe in Metern angezeigt. Für die Anzeige in miles/ft halten Sie S1 gedrückt.

Dann brauchen Sie nur noch die Datei *firmware* mit der neuen Konfiguration zu laden. Dafür haben wir das VDRIVE-Modul direkt mit einem USB-Port des PCs unter Verwendung eines USB-zu-TTL-Umsetzers verbunden. Vorher muss CN4/J4 wie in **Bild 5** gezeigt gesteckt werden.

Sobald die Datei *firmware* mittels *VPROG VNC1L-1A Flash Programmer* geladen ist und die Jumper in die ursprüngliche Stellung zurückgesteckt wurden, kann das

VDRIVE-Modul [4] in unserem Projekt eingesetzt werden.

Der (Aus)flugschreiber

Liebe Leser, ich bin überzeugt, dass Sie sich schon seit geraumer Zeit folgende Frage stellen: „Wozu dient um Himmels Willen dieser RDR-Modus?“

Sie sind gern auf Tour? Wunderbar! Sie schaffen es nie, die Wanderkarte ordentlich zusammenzufalten? Schreiben Sie Ihre Eindrücke nach jedem Ausflug auch so gern

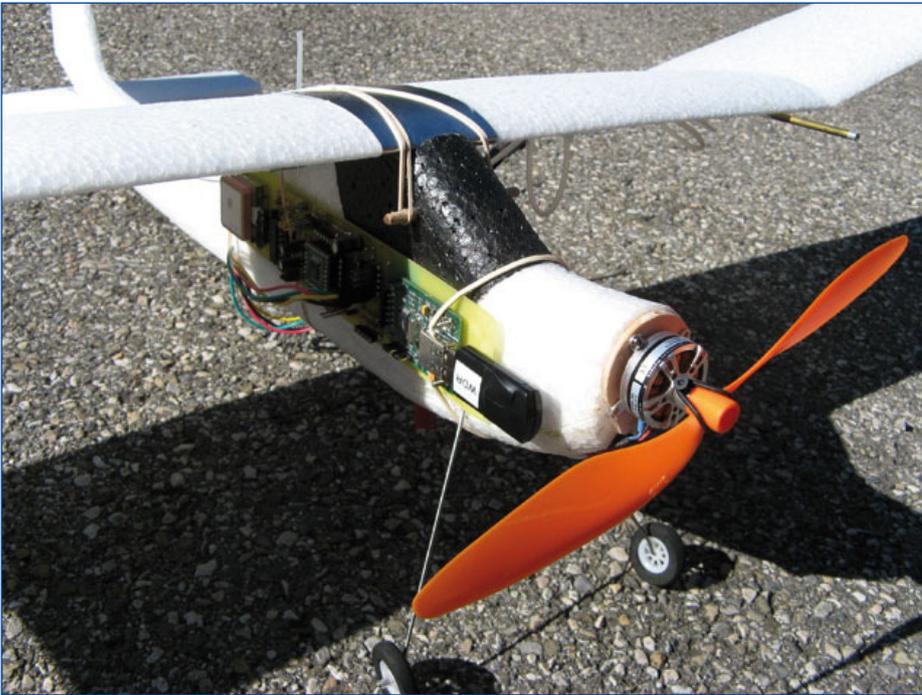


Bild 4. Der Flugschreiber wurde genau an den WIZZ angepasst [7].

auf irgendeinen Zettel, der dann mehr oder weniger sorgfältig in ein Fach gelegt wird, welches den Verweis auf die richtige Karte trägt, in welcher Sie mit Bleistift mehr oder minder sorgfältig den zurückgelegten Weg

markiert haben? Ist es so? Nun denn, gehen Sie mit der Zeit, nutzen Sie die Moderne! Die Lösung: Der RDR – Ride Data Recorder! Man nehme: Ein Akku-Pack, ein UBEC 5 V

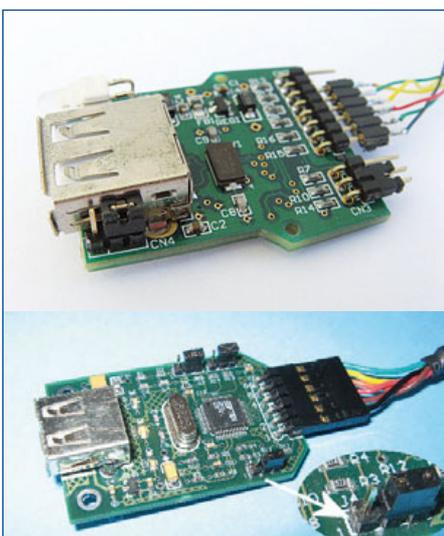


Bild 5. VDRIVE2 und VDRIVE1.



Bild 6. Schau, genau da sind wir gewesen...

(Universal Battery Eliminator Circuit, ein kleines Schaltnetzteil, findet man z.B. im Modellbauhandel), unseren RDR, Müllriegel und eine Flasche Wasser und auf geht's. Vergessen Sie die Wanderschuhe nicht!

Wenn man weiß, dass diese Schaltung im Mittel einen Strom von 200 mA zieht, lässt sich durch eine kurze Rechnung schnell die benötigte Akku-Kapazität in Abhängigkeit der Dauer Ihrer Um- und Abwege ermitteln. Um den RDR-Modus zu aktivieren, braucht man nur den Anschluss DR_MODE (PB2) mit Masse zu verbinden. Immer, wenn eine USB-Verbindung zum VDRIVE aufgebaut ist, werden lediglich die RMC-Frames (recommended minimum data for gps) des GPS-Moduls in einer Datei RDR.TXT aufgezeichnet.

Um Ihre Wege nachvollziehen zu können, müssen Sie nur den USB-Stecker ziehen und die Datei RDR.TXT in das KML-Format umwandeln. Hierzu können Sie das Programm NMEA2KML nutzen [5]. Sobald Google Earth installiert ist, kann diese KML-Datei eingelesen werden. Im Ergebnis erhalten Sie eine graphische Darstellung wie in **Bild 6**.

Erzeugen Sie nun einen neuen Ordner mit einem Namen für Ihren Ausflug, z.B. „Mont Blanc 2010“ und kopieren Sie die KML-Datei hinein. Mit einem einfachen Textprogramm haben Sie im Nu ein paar Eindrücke zu den einzelnen Wegpunkten für die Nachwelt festgehalten. Sie sind nunmehr ein moderner Wanderer, und am Klettersteig funktioniert das Ganze natürlich auch!

(100653)

Weblinks

- [1] www.eagletreesystems.com
- [2] www.elektor.de/100653
- [3] www.ftdichip.com/Firmware/Precompiled.htm
- [4] www.ftdichip.com/Products/Modules/ApplicationModules.htm
- [5] http://thomaspfeifer.net/gps_route_converter.htm
- [6] www.elektor.de/090773
- [7] www.model2a.com

Berührungssensorik schnell und einfach integrieren mit Microchips strom- und kostensparenden Lösungen



Microcontrollers

Digital Signal
Controllers

Analog

Memory

Mit Microchips mTouch™-Lösungen können Entwickler Berührungssensorik mittels Applikationscode in einen einzigen Mikrocontroller integrieren – und somit die Gesamtsystemkosten verringern.

Microchip bietet eine Vielzahl strom- und kostensparender, flexibler Lösungen für Tasten/Slider und Touchscreen-Controller. Und mit unseren einfach einsetzbaren GUI-basierten Tools, kostenlosem Quellcode und kostengünstigen Entwicklungstools ist eine schnelle Markteinführung garantiert.

Berührungssensorik für Tasten und Slider

- **mTouch kapazitive Berührungssensorik**
 - längere Batterielebensdauer mit eXtreme Low Power MCUs; kapazitive Sensorik mit weniger als 5 µA
 - hohe Störimmunität und geringe Störstrahlung
 - keine externen Bauteile erforderlich
- **mTouch induktive Berührungssensorik**
 - für polierte oder gebürstete Metalloberflächen, einschließlich rostfreiem Stahl und Aluminium
 - Erkennung durch Handschuhe hindurch
 - Entwicklung wasserdichter Designs
 - Braille-taugliche Anwenderschnittstellen möglich
- großes Angebot an MCUs senkt die Systemkosten:
 - 8, 16 & 32-Bit-PIC® MCUs für kapazitive und induktive Sensorik
 - integriert: USB, Grafik, LCD, IrDA, CAN

Touchscreen-Controller

- fertig verarbeitete Berührungskordinaten
- **Projected-Capacitive-Technologie**
 - Erfassung von Mehrfachberührungen ermöglicht Gestensteuerung
 - kostengünstige MCU-Implementierung
 - großer Betriebsspannungsbereich: 1,8 bis 5,5 V
 - geringer Betriebsstrom: 1,5 mA bei 5 V
- **Analog-Resistive-Technologie**
 - geringste Systemkosten, einfache Integration
 - universelle 4-, 5- & 8-Draht-Lösungen mit On-Chip-Kalibrierung
 - Schnittstellen: I²C™, SPI, UART oder USB
 - stromsparende „Touch to Wake-up“-Funktion

EINFACHER START IN 3 SCHRITTEN

- Weitere Informationen unter: www.microchip.com/mtouch
- Download von Applikationsschriften und lizenzfreiem Quellcode
- Entwicklungstool bestellen



Erweitertes mTouch-Capacitive-Evaluierungskit - DM183026-2 (für Tasten & Slider)



Projected-Capacitive-Entwicklungskit - DM160211



Analog-Resistive-Touchscreen-Entwicklungskit - DV102011



PICDEM™ Induktiv-Touch-Entwicklungskit - DM183027 (für Tasten auf Metalloberflächen)

Intelligent Electronics start with Microchip

microchip
DIRECT
www.microchipdirect.com

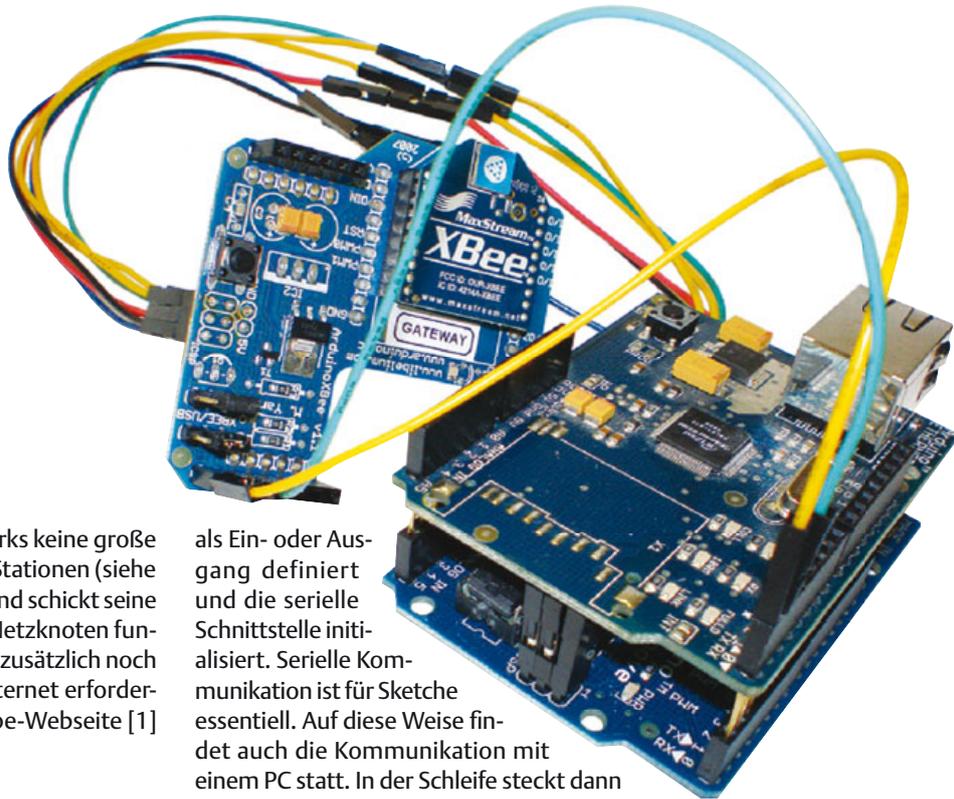
www.microchip.com/mtouch

 **MICROCHIP**

Funk-Messnetzwerk Mit Arduino und XBee

Von Johan van den Brande
(Belgien, johan@vandenbrande.com)

Dieser Artikel zeigt, wie man mit der Arduino-Plattform und einem XBee-Modul von MaxStream ein drahtloses Messnetzwerk realisieren kann, das Messwerte automatisch im Internet zugänglich macht.



Mit Arduino ist der Aufbau eines drahtlosen Netzwerks keine große Sache. Für unser Basisnetzwerk benötigen wir zwei Stationen (siehe Bild 1). Ein Netz-knoten führt die Messungen durch und schickt seine Ergebnisse an die zweite Station, das Gateway. Als Netz-knoten fungiert ein Arduino mit XBee-Shield. Beim Gateway ist zusätzlich noch ein EtherShield für die Kommunikation mit dem Internet erforderlich. Die Messresultate können dann auf der Pachube-Webseite [1] abgerufen werden.

Arduino

Bei Arduino handelt es sich um eine Open-Source-Mikrocontroller-Plattform mit einfacher Entwicklungsumgebung, die auf einem 8-bit-AVR-Mikrocontroller von Atmel basiert. Arduino wird hauptsächlich im privaten Bereich und von Künstlern eingesetzt. Letztere können damit ohne viel Knowhow interaktive Projekte verwirklichen. Arduino ist also eine Technik mit niedriger Einstiegsschwelle. Assembler und Dinge wie Boot-Loader sind Fremdworte. Die verwendete Programmiersprache ähnelt zwar C, doch sind alle komplexen Dinge wie das Initialisieren des Controllers oder die Kommunikation mit einem PC schon fertig vorhanden. Die Entwicklungsumgebung von Arduino basiert auf „Processing“, einem Tool für die Entwicklung von visuellen Exponaten von grafisch orientierten Künstlern. Mit einer nützlichen Bibliothek voller Routinen ist man damit schnell am Ziel.

Arduino macht die Nutzung digitaler Ports und analoger Eingänge einfach. Letztere nutzen den in AVR-Controllern eingebauten A/D-Konverter. Einige Ausgänge lassen sich via PWM (Pulse Width Modulation) ansteuern. Ein RC-Tiefpass macht daraus eine kontinuierlich steuerbare Spannung. Die Basisfunktionen lassen sich mit Modulen erweitern, die im Arduino-Jargon „Shields“ genannt werden. Shields kann man einfach auf die Basisplatine stecken. Es gibt Shields für fast alle denkbaren Anwendungen in den Bereichen Audio, Video, Joysticks etc.

Ein Arduino-Programm nennt sich Sketch und enthält eine Setup- und eine Schleifen-Routine. Im Setup werden die Ports nach Bedarf

als Ein- oder Ausgang definiert und die serielle Schnittstelle initialisiert. Serielle Kommunikation ist für Sketche essentiell. Auf diese Weise findet auch die Kommunikation mit einem PC statt. In der Schleife steckt dann das eigentliche Programm. Hier kann man Eingänge abfragen, etwas berechnen und Ausgänge steuern.

XBee

Mit einem XBee-Modul ist es einfach, ein Projekt um Funk zu erweitern. Die Module von MaxStream entsprechen den Vorgaben der ZigBee-Alliance, einer Non-Profit-Organisation aus Chip-Herstellern, OEMs und Endverbrauchern. Zweck der Alliance ist die Entwicklung eines preiswerten und energiesparenden funkbasierten Sensor-Netzwerks. Die Module überbrücken eine Entfernung von 30...100 m bei einer Datenrate von 250 kBd. Es gibt Ausführungen mit 1 mW und 10 mW Sendeleistung.

Aufgrund ihrer Konzeption kann man mit diesen Modulen sehr einfach eine serielle Verbindung drahtlos verlängern. Mit Hilfe des API-Modus (Application Programming Interface) kann man damit aber auch ein komplexeres Funknetzwerk aufsetzen. Die Module werden mit AT-Kommandos konfiguriert. Wichtig für die Emulation einer seriellen Verbindung ist, dass bei den beteiligten Modulen die Netzwerk-ID (ID) und der Kanal (CH) gleich eingestellt sind. Auch der 16-bittige MY- und die jeweils 32 bit umfassenden DL- und DH-Parameter sind wichtig. Normalerweise haben diese den Wert „0“. Zwei Module sollten sich daher auch ohne explizite Konfiguration verstehen. MY enthält die Modul-Adresse. DL und DH bestimmen die Ziel-Adresse, hiermit wird eingestellt, welche Module die Daten empfangen können. Wenn DH=0 und DL<0xFFFF ist, dann empfängt

jedes Modul die Daten dieses Senders, bei dem der MY-Parameter gleich DL ist. Wenn DH=0 und DL=0xFFFF ist, empfangen alle Module die von diesem Exemplar gesendeten Daten. Wenn DH≠0 oder DL>0xFFFF ist, können die Daten nur von Modulen empfangen werden, deren Seriennummer der Zieladresse (DL/DH) entspricht.

Shields

EtherShield verhilft diesem Arduino-Projekt zu Internetfunktionen. EtherShield verfügt über eine RJ45-Buchse und kann mit einem normalen Ethernet-Kabel an einen Router oder an einen Switch angeschlossen werden. Für EtherShield steht eine spezielle Software-Bibliothek zur Verfügung.

In der Regel kann man mehrere Shields übereinander stecken (neudeutsch: „stacken“), solange kein Konflikt bei den benötigten Ein- und Ausgängen entsteht. Und genau da klemmt es: Es gibt zwar ein XBee-Shield, doch kommt es EtherShield in die Quere. Aus diesem Grund wurde ein extra Shield entwickelt, auf das ein XBee-Modul kommt und das problemlos auf EtherShield gesteckt werden kann. Die Schaltung in **Bild 2** zeigt, wie einfach so etwas funktioniert. Lediglich ein extra Spannungsregler ist erforderlich, da der in Arduino-eigene Regler keine 100 mA für das XBee-Modul in der Pro-Version übrig hat. Außerdem benötigt das XBee-Modul 3,3 V.

Das XBee-Modul kommuniziert via Pin 1 (RX) und Pin 2 (TX) mit der Arduino-Hardware. Diese Pins werden von Arduino auch zur Kommunikation mit einem PC eingesetzt. Damit man das Arduino-Board trotz aufgestecktem XBee-Shield programmieren kann, wurde die serielle Verbindung umschaltbar gemacht.

Normalerweise operieren Pin 1 und Pin 2 von Arduino mit TTL-Pegeln. Ein Spannungsteiler erniedrigt diesen Pegel auf mit XBee-RX kompatible 3 V. In der Gegenrichtung benötigt man keine Pegelanpassung: RX von Arduino interpretiert 3,3 V zuverlässig als „high“. Die Bestückung der Platine ist durch die konsequente Verwendung von bedrahteten Bauteilen (außer den Tastern) sehr einfach. Im zum Artikel gehörenden Download [2] ist das Platinen-Layout als Eagle- und als PDF-Datei enthalten.

Sensoren

Da in diesem Projekt die analogen Arduino-Eingänge zur Verfügung stehen, können einfachste Sensoren wie ein LDR für eine Helligkeitsmessung angeschlossen werden. Eine nette Anwendung ist auch die Messung von Feuchtigkeit. Hierzu kann man einfach zwei Nägel im Abstand von etwa 5 mm in ein mit Gips gefülltes Röhrchen stecken. Ein Nagel wird dann mit +5 V verbunden, und der andere mit einem analogen Eingang, der über einen 10-kΩ-Widerstand auf Masse gelegt wird (siehe **Bild 3**).

Auch mit den digitalen Eingängen kann viel erfasst und gemessen werden. Wenn man mehr solcher Eingänge benötigt, können diese via I²C über das IC PCA9535 von Texas Instruments hinzugefügt werden.

Kommunikation

Dass ein Netzknott (Arduino + XBee-Shield, **Bild 4**) und ein Gateway (Arduino + XBee-Shield + EtherShield, **Bild 5**) benötigt wird, das wurde schon erwähnt. Beim Gateway wird zuerst EtherShield auf das Arduino-Board gesteckt und XBee-Shield dann obendrauf, damit man

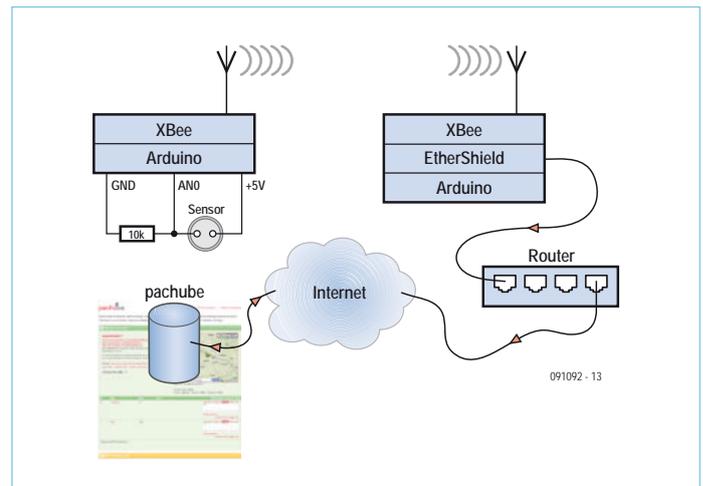


Bild 1. Das Messnetzwerk besteht aus einem Netzknott, einem Gateway und der Datenplattform Pachube.

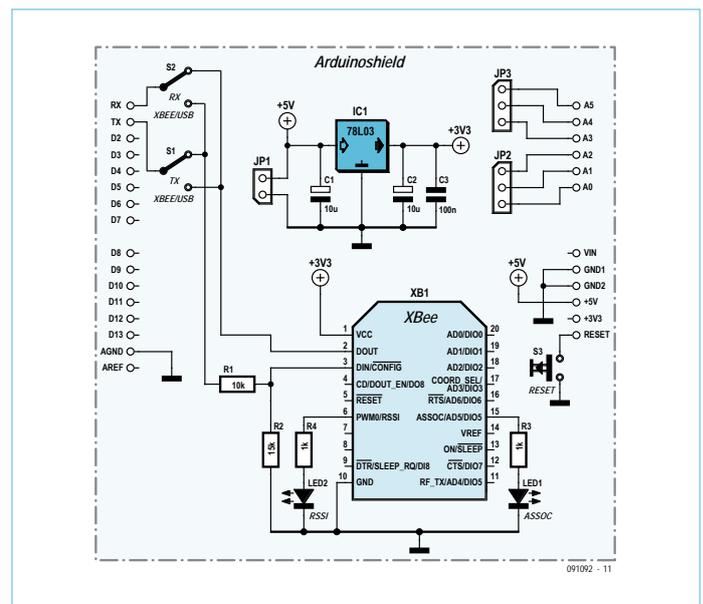


Bild 2. Die Schaltung für das XBee-Shield ist äußerst einfach.

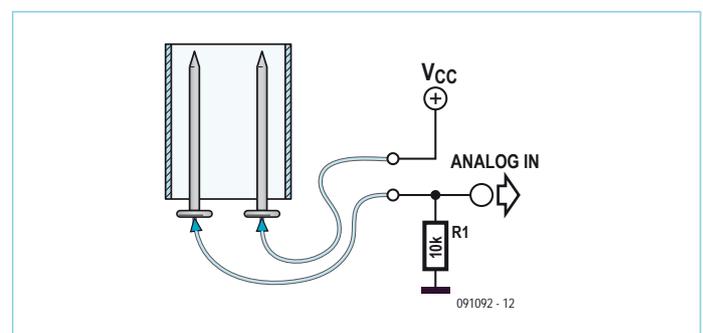


Bild 3. Ein simpler Feuchtigkeitssensor besteht aus zwei Nägeln, die in einem mit Gips gefüllten Röhrchen stecken.

Das Internet der Dinge

In letzter Zeit tut sich was in Sachen Kopplung aller möglichen und unmöglichen Dinge mit dem Internet. Ein Resultat dieser Entwicklung sind Sensor-Daten-Plattformen wie Pachube. Hier können Daten von Sensoren abgelegt und abgefragt werden, um diese entweder grafisch aufzubereiten oder aber schlicht zu loggen. Sensordaten lassen sich bezüglich kritischer Werte überwachen, außerdem automatisch SMS und E-Mails versenden etc. Pachube ist ein öffentlich zugängliches Messportal mit einem sehr einfachen Datenübertragungsprotokoll. Man kann Sensordaten sogar mit geographischen Informationen versehen und die Werte verteilt auf einer Weltkarte betrachten. Die Daten können auch in Form von Diagrammen angezeigt werden. Der Zugang zu den eigenen Daten lässt sich auch weitergeben. Wenn man Daten einfach nur weitergeben will, kann man sie via Pachube einmalig veröffentlichen; andere Leute können eine Art Abonnement zu diesem Datenstrom abschließen.

Nach der Anmeldung bei Pachube muss zunächst ein Feed generiert werden. Bei der Konfiguration eines Feeds klickt man dann auf „manual update“. Dies bedeutet, dass man selbst für die Veröffentlichung neuer Daten zu sorgen hat. Im automatischen Modus will Pachube die Daten via Web-Request abholen. Hierfür müsste man einen Webserver in die Mikrocontroller-Anwendung integrieren. Nach der Feed-Erstellung erhält man einen API-Key zugeschickt.

Für das Daten-Update von Hand nutzt der Controller das http-Protokoll. Dabei handelt es sich um ein sehr einfaches textbasiertes Protokoll. Dieses kann man einsetzen, um typische Daten(bank)-Befehle zu übertragen, zum Beispiel das Abfragen von Daten via http-GET-Befehl, das Senden via PUT, Anpassen via POST und Löschen via DELETE (ein entsprechendes Programmierinterface, das die http-Befehle in die entsprechenden Aktionen übersetzt oder umgekehrt, nennt man auch REST-API).

Ein http-Request besteht aus Header und Body, welche durch eine Leerzeile getrennt sind. Die erste Zeile enthält die Protokoll-Version und das Type-Kommando (GET, POST, PUT, DELETE) sowie den Ort, auf den sich das Kommando bezieht, die so genannte Ressource. Anschließend kommen die Header-Zeilen. Diese informieren den Webserver über allerlei Parameter sowie über den Typ „content“, die der Client verarbeiten kann. Eine Header-Zeile besteht aus einem Namen und einem Wert. Für dieses Projekt wird der API-Key eingetragen, der zum Projekt-Feed gehört. Nach dem Header folgen die Daten. Ein Beispiel für einen Pachube-PUT-Request:

```
PUT /v2/feeds/ENTER_FEED_ID_HERE.csv HTTP/1.1
Host: api.pachube.com
X-PachubeApiKey: ENTER_YOUR_PACHUBE_API_KEY_HERE
Content-Length: 10
Connection: close

0,100
1,244
```

Die Integration des http-Protokolls in einem Sketch ist relativ einfach. Feeds können via Konsole (zum Beispiel mit „curl“) getestet werden:

```
curl --request PUT --header „X-PachubeApiKey: YOUR_API_KEY“ --Daten „0,100“ „http://www.pachube.com/api/feeds/YOUR_FEED_ID.csv“
```

Curl ist bei OS X schon standardmäßig vorhanden und auch unter Linux sehr einfach zu installieren. Windows-Installationen kann man mit <http://curl.haxx.se/download.html> entsprechend nachrüsten.

an die Anschlüsse und Schalter kommt. Zum Programmieren von Arduino müssen beide Schalter auf „USB“ stehen. Für den eigentlichen Betrieb (Kommunikation mit dem XBee-Modul) stellt man den RX-Schalter auf „XBee“ und der TX-Schalter bleibt auf „USB“. Auf diese Weise sind die Debug-Informationen über die serielle Konsole von Arduino zugänglich. Jumper anstelle von Schaltern können aber praktischer sein. Damit kann das TX-Signal von Arduino zum XBee-Modul unterbrochen werden, was das Debugging erleichtert. Zur Kommunikation untereinander müssen XBee-Module passend konfiguriert sein. Im Auslieferungszustand emulieren sie eine serielle Schnittstelle. Zwecks Konfiguration schickt man die von Modems bekannten AT-Befehle mit dem Windows-Terminal (entsprechend „minicom“ unter Linux oder auch mit X-CTU [3] von MaxStream) an das Modul. Spezielle Hardware ist nicht erforderlich. Hierzu stellt man beide Schalter auf „USB“ und entfernt den AVR-Controller aus der Arduino-Platine. Nun kann man vom PC via USB seriell auf das XBee-Modul zugreifen.

Firmware

Nun zur Firmware in Form von Sketches: Beim Netzknoten-Sketch (siehe Download [2]) geht das einfach: Man wartet eine gewisse Zeit, holt sich den Status der Eingänge und schickt diesen via serielle Schnittstelle an das XBee-Modul (für die nun folgende Erklärung gibt es ein extra Dokument mit nummerierten Zeilen).

In Zeile 10 (r.10) wird das Zeit-Intervall für das Auslesen und Versenden von Werten bestimmt. In diesem Projekt sind 5 s eingestellt, was dem kürzesten Wert entspricht, mit dem man Werte ohne Profi-Account an Pachube schicken darf. Zeile 11 legt einen eindeutigen Namen für den Netzknoten fest. Diese Funktion wird nicht verwendet, da sie nur Sinn macht, wenn ein Gateway Daten unterschiedlicher Knoten unterscheiden soll. Im Setup wird mit r.42 eine Baudrate von 9600 Baud (Standard für XBee-Module) eingestellt. Ohne weitere Parameter sind damit automatisch acht Datenbits, keine Parität und ein Stopp-Bit gesetzt.

In der Schleife geht es recht einfach zu: Die Routine „IntervalPassed“ ruft bei Überschreitung des eingestellten Intervalls die Mess-Routine auf. Zuerst wird der durch einen Doppelpunkt abgeschlossene Name des Knotens an das XBee-Modul geschickt (r.29, r.30). In r.32...35 werden in einer For-Next-Schleife alle analogen Eingänge abgeklappert. In r.33 werden die Werte dann an das XBee-Modul geschickt. Zeile 34 sorgt dafür, dass analoge Werte durch Kommas voneinander getrennt werden. Die leere Zeile 37 schließt den Vorgang ab. Beim Gateway-Sketch ist die Sachlage komplexer. Die Software erledigt schließlich auch die Kommunikation mit Pachube via Internet (siehe Kasten „Internet und andere Dinge“). Das Gateway wartet, bis eine komplette Zeile über die serielle Funk-Verbindung hereingekommen ist. Dann wird der Knoten-Namen samt seiner Messwerte an Pachube geschickt.

Damit man die Sketch-Vorlage gebrauchen kann, muss man die Parameter für den eigenen Pachube-Account und das Netzwerk anpassen. In r.13 setzt man die eigene Feed-ID. Der API-Key (my profile -> settings bei [1]) steht in r.14.

Wenn man das Gateway mit einem Router oder Switch verbindet, dann kann es direkt eine Verbindung mit dem Internet herstellen. Die Konfiguration der Netzwerk-Parameter erfolgt in r.16...18. In r.16 steht die MAC- und in r.17 die IP-Adresse von EtherShield. Die MAC-Adresse identifiziert ein Gerät in einem Ethernet-Netzwerk. Man kann fast jede Adresse verwenden, solange keine zwei gleichen Adressen im Netzwerk auftauchen. Bei der IP-Adresse sollte man eine freie Adresse im Adressbereich des eigenen (privaten) Netzwerks wählen. Achtung: Da in r.16...18 eigentlich Arrays definiert werden, muss man die für IP-Adressen obligatorischen Trennpunkte durch Kommas ersetzen. In Zeile 18 muss die IP-Adresse von Pachube eingetragen werden. In einer aufwändigeren Software ließe sich eine DNS-Auflösung von Domains in IP-Adressen realisieren. In diesem einfachen Projekt wird hier direkt die IP-Adresse eingesetzt.

In r.20 kann das Debug-Flag gesetzt werden. Damit aktiviert man

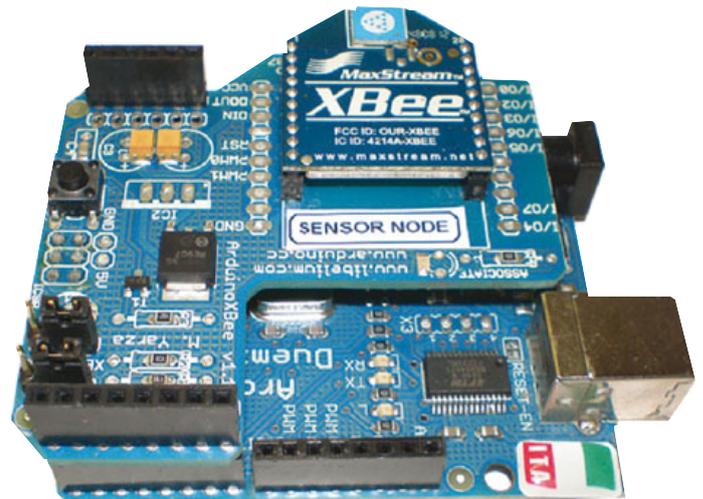


Bild 4. Der Netzknoten für das Auslesen der Sensoren besteht aus einem Arduino-Board und einem XBee-Shield.

das _LOG-Macro in r.23: Zunächst werden hier 256 Byte auf dem Stack als C-String für die „m“-Variable reserviert. Dann folgt ein Befehl zur formatierten Wertausgabe (sprintf) in diesen String. Anders als die printf- und die sprintf-Funktion kann dieses Makro ein variable Anzahl an Parametern verarbeiten. Dieser Sachverhalt

— Anzeige

Volles Vertrauen in jede Anschaffung



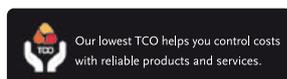
VPO
Visual Persistence Oscilloscope

350-/250-/150-MHz-Digital-Speicheroszilloskop

mit 5 GSamples/s Abtastrate und VPO-Technologie (Visual Persistence Oscilloscope) 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 Series

- 350-/250-/150-MHz-Bandbreite
- 5 GSamples/s Real-Time-Abtastrate und 100GSamples/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
- Optionaler Trigger- und Decoder-Software für serielle Bussysteme mit Unterstützung von I²C, SPI und UART



electronica 2010
components | systems | applications
Date: Nov. 09-12, 2010 Booth No.: A1.118

GW INSTEK
GOOD WILL INSTRUMENT CO., LTD.
www.gwinstek.com

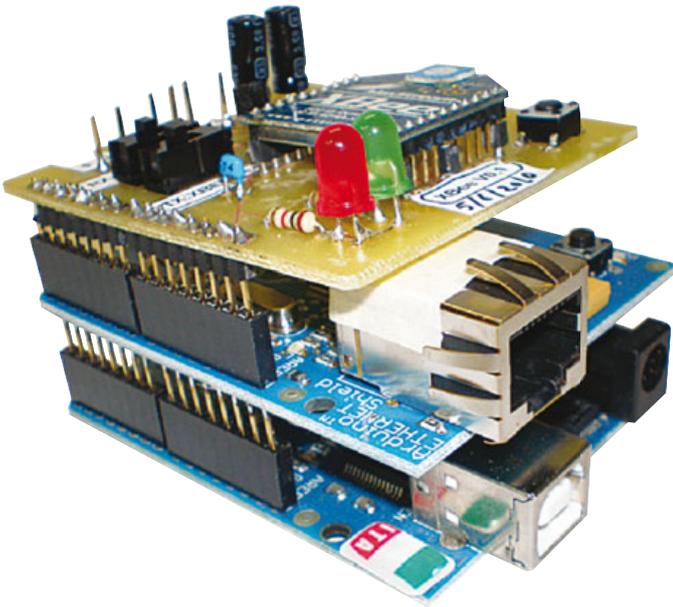


Bild 5. Das Gateway: Dank Adapterplatine ist es möglich, ein XBee-Modul parallel zu einem EtherShield zu betreiben.

wird dem Präprozessor durch drei Punkte in der Makro-Definition klar gemacht. Die Konstruktion `##_VA_ARGS__` expandiert die variable Anzahl von Parametern im Aufruf von `snprintf`. Falls man das Debugging durch Auskommentieren von r.20 ausschaltet, wird beim `_LOG`-Makro nach „nichts“ expandiert (r.25).

In r.27 und r.28 wird die für EtherShield erforderliche Ethernet-Bibliothek eingebunden. Die String-Bibliothek (r.29) wird für die Funktionen `snprintf` und `strncat` benötigt.

In r.30 wird festgelegt, dass sechs Sensorwerte eingelesen werden sollen. In den Zeilen 31...34 ist die Sensor-Datenstruktur definiert. Die Sensordaten werden dann in diese Struktur transformiert. In r.35 wird das EtherShield-Client-Objekt (TCP-Client) aktiviert. Mit „Server“ ist die IP-Adresse von Pachube und Port 80 gemeint.

Der Sketch-Kern steckt in der permanent wiederholten Schleife der Zeilen 103...112. Die Zeilen 105 und 106 definieren den Zeichen-Buffer „buf“, in dem die Daten des Knotens gesammelt werden. Das Einlesen neuer Daten geschieht durch Aufruf der Funktion „readRemoteSensors“ (r.109). Nach dem Empfang einer kompletten Zeile wird diese in r.110 analysiert. Dieser Parser übersetzt die Daten in die festgelegte Datenstruktur. Anschließend werden die neuen Werte via „pachubePost“ in r.111 an die Pachube-Website übertragen.

Die Funktion „readRemoteSensor“ in r.85...97 liest Daten solange von der seriellen Schnittstelle und legt sie in „buf“ ab, bis das Zeichen „\n“ (neue Zeile) empfangen wird oder der Buffer voll ist (While-Schleife in r.90). In r.91 wird überprüft, ob neue Daten am seriellen Eingang anliegen. Falls ja, werden diese in r.92 eingelesen und im Buffer abgelegt und der Buffer-Index „i“ zeigt eine Stelle weiter nach rechts. Ist der Buffer ausgelesen, enthält „i“ den Wert „0“. Der Parser in r.67...84 analysiert die Daten im Buffer mit Hilfe der „strtok“-Funktion. Diese teilt den String an allen Stellen, in denen ein Trennzeichen („sep“-Variable) steht. In unserem Fall stehen hier der Doppelpunkt und das Komma (r.69). Jeder neue Aufruf der Funktion `strtok` gibt die nachfolgenden Zeichen zurück, weshalb die For-Next-Schleife in r.78...82 so lange durchlaufen wird, bis die ganze Zeile komplett analysiert wurde. Resultat sind dann Sensorwerte

in der festgelegten Struktur. Die „atoi“-Funktion übersetzt ASCII-Zahlen in Integer-Werte.

Die Funktion „pachubePost“ (r.36) ist für die Kommunikation mit dem Internet zuständig. Als Input-Parameter erhält sie die Datenstruktur. Mit dem Namen wird nichts angestellt, weswegen man hier auch einen anderen Feed auswählen könnte. Die Zeilen 42...46 transformieren die Sensorwerte in das passende Format (es besteht aus der Nummer des Sensors plus durch Kommas getrennte Werte). Jeder Sensor erhält seine eigene Zeile.

In den Zeilen 49...61 wird die eigentliche Datenübertragung zwischen Gateway und Pachube geregelt. Zeile 49 erstellt die Verbindung mit Pachube auf TCP-Niveau. Nach erfolgreicher Herstellung können via `print`- und `println`-Funktionen Daten zu Pachube übertragen werden. In r.52 steckt das `PUT`-Kommando Richtung Pachube und die `FEED_ID`. Die Daten werden als CSV übertragen, weshalb der Key mit einer „.csv“-Extension versehen wird. Als Protokoll dient HTTP 1.1. Außerdem spielen noch einige Header eine Rolle. Zeile 53 ist für den Host-Header zuständig und legt fest, dass die Daten für den Host „pachube.com“ gedacht sind. Dies erlaubt die Verwendung mehrerer Domains unter der gleichen IP-Adresse. In r.54 wird der API-Key übertragen. Statt Benutzernamen und Passwort nutzt Pachube diesen Schlüssel. Die leere Zeile 59 schließt den Header ab. Anschließend kommen die Sensordaten in r.60. Wichtig ist, dass die Länge der Daten dem im Content-Length-Header angegebenen Wert entspricht. Nach diesem Schritt ist der Feed mit neuen Daten versehen. Man kann nun über die Pachube-Webseite die aktuellen Werte und ihre Historie abfragen.

Zum Schluss

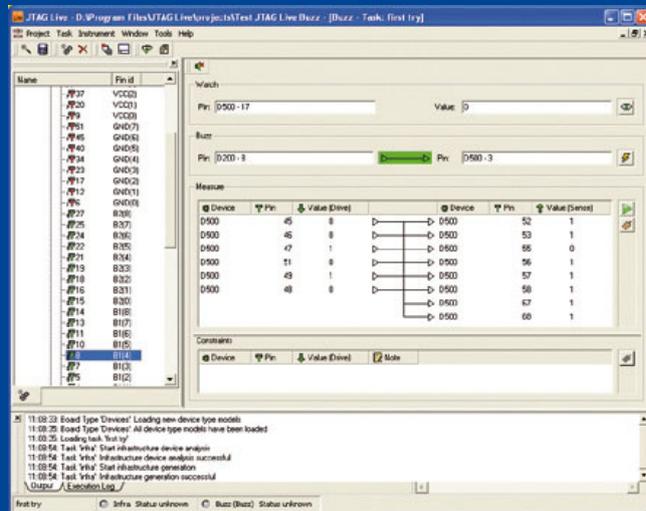
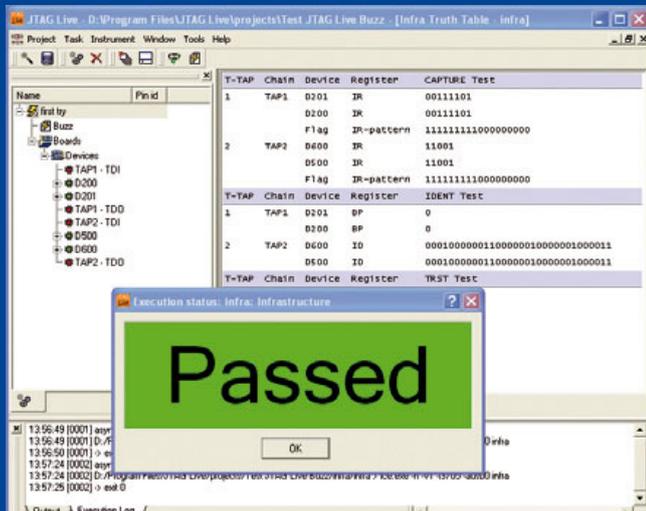
Ein XBee-Modul von MaxStream plus Arduino-Board ist eine einfache Basis für ein Funk-Messnetzwerk. Die Emulation einer seriellen Datenübertragung erleichtert das Senden und Empfangen von Messwerten beträchtlich. Die Internet-Anbindung wird von einem EtherShield erledigt. Es ist auch möglich, mehr als einen Sensor-Knoten zu verwenden. Man muss dann aber auf Kollisionen gefasst sein, wenn zwei Knoten gleichzeitig versuchen, ihre Daten zu übertragen. In diesem Fall ist die Verwendung des API-Modus besser geeignet, da man so ein sternförmiges oder vermaschtes Netzwerk konzipieren kann. Die Hardware ändert sich dabei nicht – man muss lediglich die (dann kompliziertere) Software anpassen.

(091092)

Weblinks

- [1] www.pachube.com
- [2] www.elektor.de/091092
- [3] www.digi.com/support/kbase/kbaseresultdetl.jsp?kb=125
- [4] www.arduino.cc/und/Main/ArduinoXbeeShield
- [5] www.ladyada.net/make/xbee/arduino.html
- [6] www.faludi.com/projects/common-xbee-mistakes
- [7] www.adafruit.com/index.php?main_page=product_info&cPath=29&products_id=126

JTAG Live Buzz

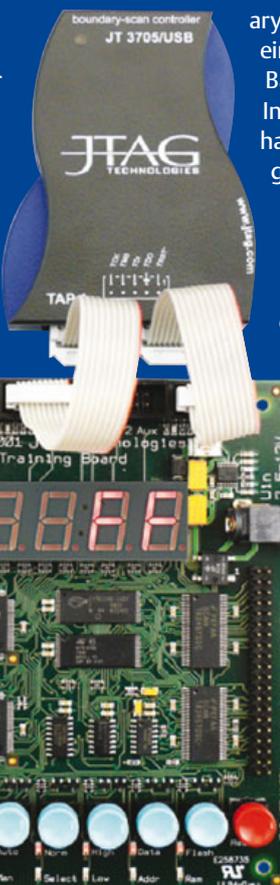


1

2

Von Luc Lemmens (Elektor-Labor)

Die meisten Elektroniker denken beim Begriff „JTAG“ vor allem an das bekannte In-System-Programming-Interface und nicht an etwas wie „Boundary Scan“ (denn kaum jemandem ist wirklich klar, was sich hinter Letzterem verbirgt). Schon in den 1980er Jahren wurde deutlich, dass traditionelle Messmethoden und Gerätschaften wie Multimeter oder Oszilloskope nicht mehr gut zur zunehmend miniaturisierten Elektronik passen. Normale Platinen komplizierten sich zu Multilayer-Ausführungen, wodurch etliche Verbindungen nicht mehr zugänglich waren. Auch bei modernen Chips (insbesondere bei BGA-Gehäusen) kommt man nicht mehr mit einer Prüfspitze an die Pins. Um diese Probleme zu lösen wurde JTAG und Boundary Scan (BS) entwickelt. BS benötigt allerdings eine entsprechend angepasste Architektur der ICs: Es muss eine BS-Erweiterung hinzu gefügt werden, die einen Multiplexer und einen Zwischenspeicher für jeden I/O-Pin enthält. Auf diese Weise können der Status jedes Pins und die Signale der IC-Logik ausgelesen werden. Es lassen sich auch Daten an die Anschlüsse übertragen. Zu lesende Daten werden seriell nach „außen“ befördert. Bei mehreren ICs werden deren BS-Einheiten hintereinander geschaltet und bilden einen so genannten „Scan Path“ oder eine „Scan Chain“. Das erste IC einer solchen Kette erhält die JTAG-Daten direkt an seinem TDI-Pin (Data In). Via TDO (Data Out) gelangen sie an TDI des nachfolgenden ICs. TDO des letzten ICs der Kette ist wieder direkt mit dem JTAG-Interface verbunden. Theoretisch kann auf diese Weise anhand einer Netzliste der Schaltung und der BSDL-Beschreibungen (Bound-



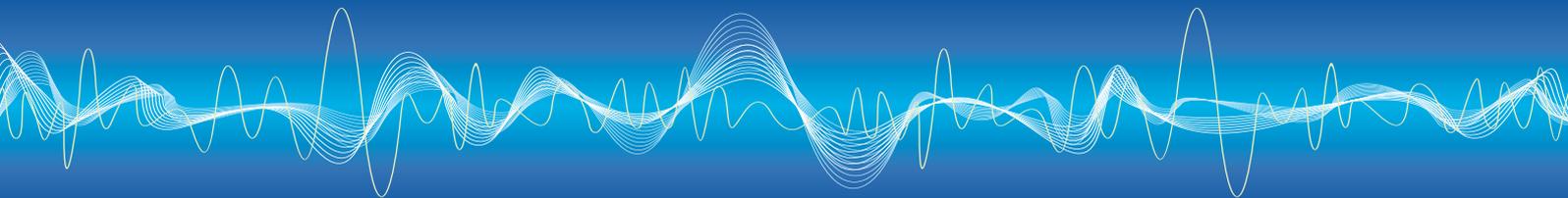
ary-Scan Description Language) der ICs der Kette ein kompletter Verbindungstest aller relevanten Bauteile der Schaltung durchgeführt werden. In der Praxis sind leider fast immer Bauteile vorhanden, die keine BS-Unterstützung mitbringen. Passive Bauteile und simple Logik-ICs lassen sich ja nicht immer ganz vermeiden. Dennoch kann via BS dann immer noch ein großer Teil der Elektronik elegant auf Funktion, offene Verbindungen und Kurzschlüsse getestet werden.

Für erste BS-Gehversuche eignet sich das kostenlose Programm „JTAG Live Buzz“ der Firma JTAG Technology [1] hervorragend. Erweiterte Funktionen in Form der Module „Clip“ und „Script“ kosten dann Geld.

Um JTAG Live Buzz auszuprobieren, benötigt man neben einem JTAG-Port eine Platine mit einer *Scan Chain* samt Schaltungsunterlagen und BSDL-Dateien der ICs. Wir haben die Sache mit einem Demo-Board ausprobiert, auf dem zwei *Scan Chains* und ein BS-Controller mit USB-Anschluss und zwei JTAG-Interfaces untergebracht waren.

JTAG Live Buzz muss zunächst über die Konfiguration der *Scan Chain* und den Typ des vorhandenen JTAG-Controllers informiert werden. Außerdem muss die Reihenfolge der ICs in der Kette bekannt sein. Die notwendigen IC-Infos finden sich in den zugehörige BSDL-Dateien. Nach dieser Konfiguration kann es losgehen.

Wenn alles angeschlossen ist, muss man zuerst „Test Infrastructure“ wählen, wobei die Software prüft, ob die *Scan Chain* korrekt eingestellt ist und funktioniert. Neben Fehlern in der Kon-



figuration kann es auch vorkommen, dass die Datenverbindungen selbst Unterbrechungen oder Kurzschlüsse aufweisen. In diesen Fällen wird BS kaum funktionieren. Ist alles in Ordnung, erscheint die Meldung von **Bild 1** und man kann mit den Funktionstests weitermachen. Mit „Open Buzz“ beginnen die richtigen Messungen. Die Ein- und Ausgänge der ICs der Scan Chain stehen in der linken Spalte von **Bild 2**. Sie können einer nach dem anderen in das Messfenster rechts gezogen werden.

„Watch“ dient dazu, den Zustand eines IC-Eingangs zu beobachten. In diesem Fall geht es um einen Eingang eines CPLDs (Pin 17 von D500), der von einem Schalter auf der Demo-Platine angesteuert wird. Das Feld „Value“ zeigt seinen logischen Zustand in Echtzeit. Auf diese Weise kann man sehen, ob der Schalter korrekt mit dem IC-Pin verbunden ist.

„Buzz“ ist für den Test einer Verbindung von zwei IC-Anschlüssen gedacht. Hier handelt es sich quasi um die Simulation der „Durchpiepsens“ einer Leitung mit einem Durchgangsprüfer. Bei „Measure“ passiert etwas Ähnliches wie bei „Buzz“. Allerdings kann hier der Anwender in der Spalte „Value (Drive)“ den Zustand von Ausgängen festlegen (0, 1 oder HiZ = hochohmig). In unserem Beispiel sitzt zwischen den Ausgängen von D500 (linke Spalte) und den Eingängen (rechts) das Decoder-IC 74138. Da es nicht BS-fähig ist, ist es nicht in der *Scan Chain*

enthalten. Wie man sieht, kann man auf diese Weise aber auch Hardware außerhalb der Kette testen.

Mit Hilfe von „Constraints“ hat man die Möglichkeit, beim Testen mit „Measure“ bestimmte Steuersignale auf der Platine (Chip Select, Output Enable etc.) in einem definierten Zustand zu halten.

Das alles klingt vielleicht nicht spektakulär. Doch wenn man sich klar macht, dass man hier Tests mit Hilfe eines PCs durchführt, die mit Multimeter und Scope kaum realisierbar sind, da man schlicht nicht an geeignete Testpunkte herankommt, dann dreht sich das Bild komplett. Mit Boundary Scan kann man an Hardware eigentlich unmögliche elektrische Messungen durchführen!

Die Software ist dazu gedacht, die Leistungsfähigkeit und Einfachheit von Boundary Scan zu demonstrieren. Bei komplexer Hardware ist es aber viel zu aufwändig, jede mögliche Verbindung manuell zu checken. Für diese Zwecke gibt es daher mit „Clip“ und „Script“ noch Zusatzmodule für die Software, die wesentlich mehr können.

(100590)

Link:

[1] www.jtag.com

USB im 9-poligen SUB-D-Steckverbinder



Von Ernst Krempelsauer (D)

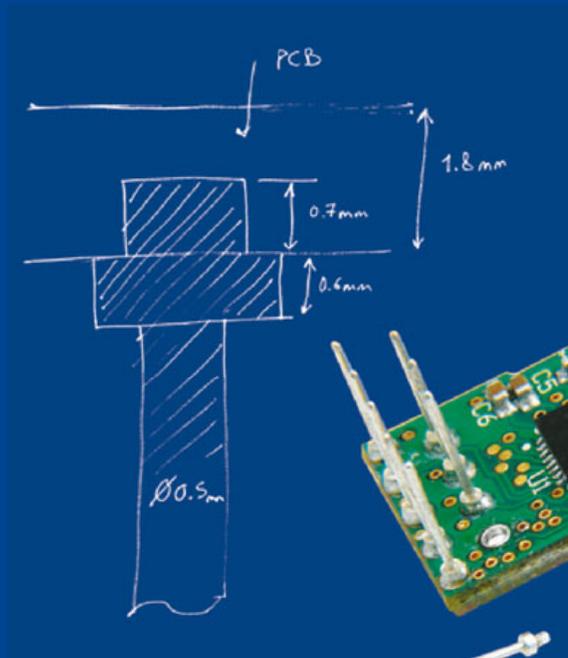
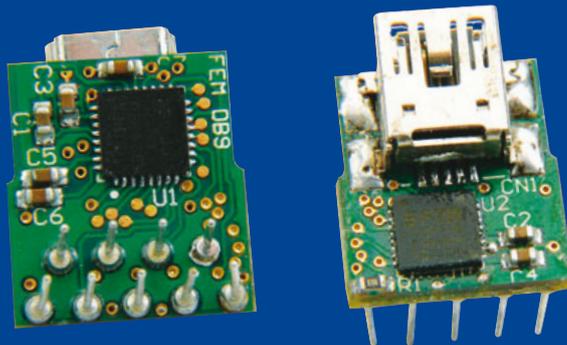
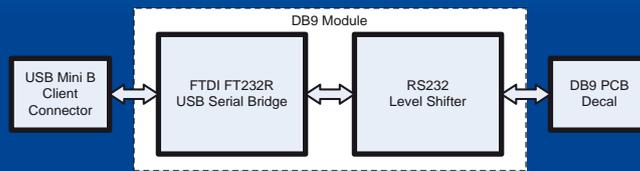
FTDI hat kürzlich eine Reihe von USB-Modulen vorgestellt, die auf einer vorhandenen Platine einfach anstelle der üblichen gewinkelten Sub-D-RS232-Steckverbindung bestückt werden, um einen USB-Anschluss zu realisieren. An der Stelle des 9-poligen Steckers befindet sich dann eine Mini-B-USB-Buchse, die der Platine ohne Layout-, Schaltungs- oder Firmwareänderung zu einem USB-Anschluss verhilft. Die Module gibt es natürlich auch in einer „Female“-Ausführung, die eine gewinkelte Sub-D-RS232-Steckverbindung mit neunpoliger Buchse ersetzt. Elektor-Leser vermuten natürlich, dass sich die Funktion der Module nicht wesentlich von der eines USB/RS232-Konverter-

Kabels von FTDI unterscheidet. Diese Vermutung wird durch das Blockschema im Datenblatt bestätigt. Das Modul enthält zwei ICs: Den bekannten FT232R als Konverter USB 2.0 nach seriell-TTL und einen Pegelwandler von TTL nach RS232-Pegel.

Nach dem Eintreffen der ersten Muster der neuen Module im Elektor-Labor haben wir sie natürlich erst einmal mit einer Elektor-Platine getestet, und zwar mit dem Elektor-Internet-Radio (EIR) aus Heft 4/2008 (siehe Vorher-Nachher-Fotos). Dieses Projekt verfügt über eine RS232-Schnittstelle mit 9-poligem Sub-D-Stecker, die vorzugsweise fürs Debuggen gedacht ist. Tatsächlich ging alles weitgehend wie erwartet: Sub-D auslöten, FTDI-USB-Sub-D-Male-Modul einlöten (passt!), USB-Stecker

einstecken (etwas schwergängig, größerer Widerstand nach halbem Einstecken), einschalten und Verbindung zum PC herstellen. Der FTDI-Treiber installiert sich fast von selbst, man muss nur noch die Nummer des virtuellen COM-Ports und die Baudrate auswählen. Im FTDI-Datenblatt gibt es außerdem eine ausführliche Installationsanleitung, und was die Installation und die Funktion betrifft, gibt es auch keinen Unterschied zur Verwendung eines USB/RS232-Konverter-Kabels von FTDI am originalen Sub-D-Stecker des Boards. Bis auf einen natürlichen: Falls die serielle Schnittstelle des Boards doch noch einmal gebraucht werden sollte, steht sie leider nicht mehr zur Verfügung. Dem steht allerdings der große Vorteil gegenüber, dass das Board jetzt über einen zeitgemäßen USB-Anschluss verfügt und nicht mehr von vorne herein wegen der RS232-Schnittstelle als „veraltet“ eingestuft wird.

Ein weiterer Vorteil liegt in der höheren Datenrate. Der vom FTDI-Treiber installierte virtuelle COM-Port lässt sich auf maximal 921.600 Baud einstellen. Voraussetzung ist natürlich, dass die serielle Schnittstelle des Boards ebenfalls auf die höhere Datenrate eingestellt oder durch eine Firmwareänderung aufgeböhrt werden kann.



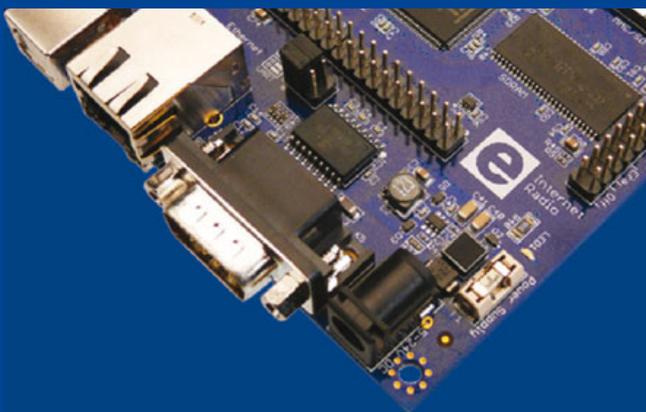
Interessant ist auch das auf den Detailfotos festgehaltene Innenleben des Moduls. Nach dem Abnehmen einer Kunststoffkappe kann man die kleine Platine mit den beiden ICs aus dem Modulgehäuse herausziehen. Fertigungstechnisch sicher nicht ganz trivial sind die nur einseitig (auf der Bestückungsseite) verlöteten neun Stifte des Sub-D-Moduls. Die Stifte sind nicht durch die Platine, sondern nur etwa 0,5 mm tief in die Platine gesteckt, also sozusagen in ein Sackloch („buried via“). Elektor-Laborchef Antoine Authier hat einen Stift ausgelötet und die ungefähren Maße in der Handskizze angegeben.

Der höhere Fertigungsaufwand schlägt sich im Preis nieder, der etwas über dem eines USB/RS232-Konverter-Kabels von FTDI liegt. Aber dafür bekommt man auch eine saubere und derzeit noch konkurrenzlose Lösung – bei der man sich wundert, warum es so etwas erst jetzt gibt...

(100104)

Link:

www.ftdichip.com/Products/Modules.htm



Minutenschnell zum Prototyp

Von Jens Nickel (Redaktion D)

Nach dem Zeichnen des Schaltplans kommt ein Arbeitsschritt, der bei vielen Elektronikern recht unbeliebt ist: Die Zusammenstellung einer Stückliste und das zeitraubende Bestellen der Bauteile. Und das, obwohl Entwickler im Alltag immer wieder auf dieselben Feld-, Wald- und Wiesenaufgaben treffen, wie das Bereitstellen einer geregelten Spannung, die Unterstützung eines Controllerboards mit USB oder auch das Einbinden eines Displays.

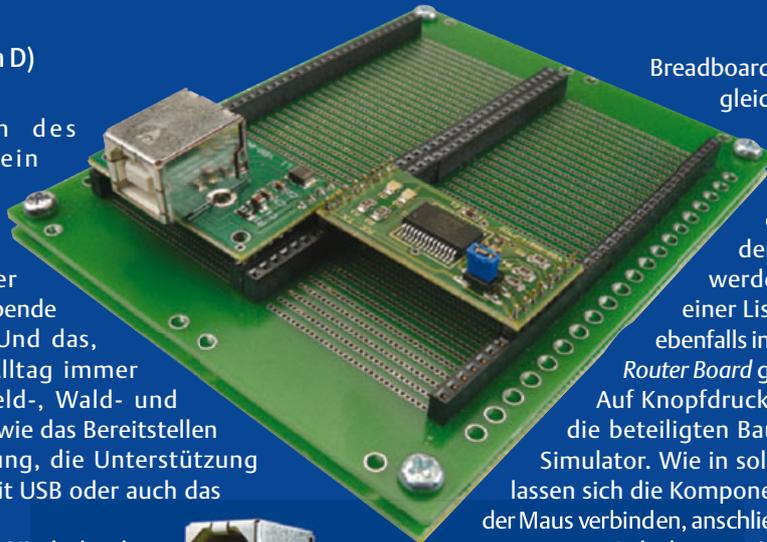
Die „AutoFAB“ des in der Niederlande beheimateten Tool-Herstellers Muvium will dieses Problem durch eine zusätzliche Abstraktionsebene lösen [1]. Grundlage sind kleine Boards („FlexTiles“), die gebräuchliche Schaltungs-Funktionen bereitstellen. So gibt es ein Board für eine Zweifach-5-V-Spannungsversorgung, eines mit zwei Potentiometern, ein LCD-Board, eine Platine mit einem FT232 und vieles mehr. Für Intelligenz sorgen *FlexTiles*, die mit einem PIC ausgestattet sind, außerdem ist ein Arduino-kompatibles Board zu haben.

Im Gegensatz zu ähnlichen modularen Lösungen haben alle Boards hier dieselbe Breite und sind mit nach unten zeigenden Kontaktpins ausgestattet. Die *FlexTiles* lassen sich so auf ein spezielles Steckbrett namens „Flex Router Board“ aufsetzen, das Ähnlichkeit mit einer Lochrasterplatine aufweist.

Nach dem Aufstecken eines Moduls sind dessen Kontaktpins dann jeweils mit einer Reihe „Lötunkte“ verbunden. Zum System gehört eine Platine derselben Größe, die hierzu senkrecht angebrachte Kontaktbahnen aufweist; am Schluss wird diese an die erste Platine geschraubt. Nun kommt der Trick: Durch einen kleinen Kontaktstift, der zwischen die Platinen gesetzt wird, kann man einen Modulpin mit einer solchen Kontaktbahn verbinden. Wenn es sich hier zum Beispiel um den Ausgangs-Pin eines 5-V-Spannungsreglers handelt, stehen entlang der Kontaktbahn 5 V zur Verfügung. Mithilfe weiterer Kontaktstifte lassen sich dann andere Bausteine an die senkrechte Kontaktbahn anschließen (und so mit Spannung versorgen).

Wie wir anhand eines Testexemplars feststellen konnten, ist die Hardware, die Zug um Zug noch um weitere Boards erweitert werden soll, gut verarbeitet. Die Arbeit mit den kleinen Metallstiften ist zwar etwas fummelig. Nach dem Zusammenschrauben der beiden Platinen entsteht aber ein Prototyp, der sehr stabil und kompakt ist, da die Schaltdrähte eines herkömmlichen Steckbretts fehlen.

Doch das ist noch nicht alles: Die kostenlose Software „Virtual



Breadboard (VBB)“ – ein Simulator des gleichen Herstellers, der schon länger erhältlich ist – erlaubt in der neuesten Version nämlich auch das virtuelle Arbeiten mit den AutoFAB-Boards. Hierzu werden (virtuelle) *FlexTiles* aus einer Liste ausgesucht und auf ein ebenfalls im Computer nachgebildetes *Router Board* gesetzt.

Auf Knopfdruck übernimmt die Software die beteiligten Bauteile in den eigentlichen Simulator. Wie in solchen Programmen üblich, lassen sich die Komponenten in dieser Ansicht mit der Maus verbinden, anschließend kann die entstehende Schaltung simuliert werden. Etwas ganz Besonderes ist die Möglichkeit, beteiligte Controller per Java-Code zu programmieren, der mit einem speziellen Compiler in ausführbaren Hexcode übersetzt wird [2]. Die Arbeit mit dem Simulator verlangt natürlich

nach Einarbeitungszeit. Wer sich für das Konzept interessiert, dem sei ein Workshop empfohlen, der im Rahmen des Elektor Live! Events am 20. November im niederländischen Eindhoven stattfindet [3]. Der Muvium-Chef (entwickler) James Caska wird hier vorführen, wie schnell man mit der AutoFAB und dem Virtual Breadboard zu einem funktionierenden Prototypen kommt.

Ganz neu: Eine abgespeckte Variante des „virtuellen Steckbretts“, die in allen Browsern läuft (Java ist nötig) und speziell auf die AutoFAB zugeschnitten ist [4]. Nachdem man die *FlexTiles* auf dem virtuellen *Router Board* platziert hat, kann man die Pins in einer Art Schaltplanansicht mit Hilfe von Mausclicks verbinden (die Möglichkeit zur Simulation fehlt allerdings).

So bald die Verbindungen stehen, lässt sich mit beiden Programmen die Rückseite des Steckbretts mit den zu setzenden Metallstiften anzeigen.

Nun muss man das Ganze nur noch „in echt“ nachbauen. Ganz ohne mechanische Schritte geht der Prototypen-Bau also noch nicht, was Leute mit schlechten Augen oder dicken Fingern bedauern könnten. Das Tüpfelchen auf dem i (für den faulen User) wäre hier noch ein kleiner, per Software konfigurierbarer Baustein, der die Reihen und Spalten der Platinen miteinander verbinden kann...

(100413)

[1] www.virtualbreadboard.com

[2] www.muvium.com

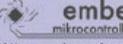
[3] www.elektorlive.nl

[4] www.virtualbreadboard.com/diky/diky.html

Kontakt: Tel. 0511/61 65 95-0 – Fax 0511/61 65 95-55 – E-Mail: service@id-medienservice.de



Entwicklung industrietauglicher Software und Hardware sowie Elektronik
03303/212166 oder www.jasys.de



Aktive, passive und mechanische Bauteile AVR Controller, Module und Prototype Boards. AT91SAM7 Controller, AT32UC3 Controller ATNGW100 nur 89,95€, AVRISP mkII nur 39,-€ Versand in Deutschland nur 3,95€, EU nur 8,90€ Embedit Mikrocontrollertechnik, Kiefersweg 7, 36100 Petersberg Tel: 0951/2911047 Fax: 0951/2911048 <http://shop.embedit.de>

Alles Spule!

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.



www.spulen.com



www.easydaq.biz

- Stromversorgung via USB, 4 Relais + 4 Digital-I/O-Kanäle
- Schaltet 240 V AC @ 10 A
- LabVIEW, VB, VC, C#, Java
- Schraubanschlussklemmer
- Keine Versandkosten

Entwicklung & Lieferung von Relais-, Digital-I/O- und DAQ-Produkten für USB, Wireless, LAN, Internet & Seriell
info@easydaq.biz

Anzeigenschluss:
23. 11. 2010

Erscheinungstermin:
20. 12. 2010

Bausätze zu ELEKTOR 1986 bis heute!

Teilesätze, Platinen, programmierte Controller sowie Cds zu fast allen Elektor-Projekten vom Spezialist. Alle Elektor-Artikel zum Verlagspreis.

Ihr zuverlässiger Partner für aktive und passive elektronische Bauteile und Komponenten:



Geist Electronic-Versand GmbH
Tel.: 07720/36673
Fax: 07720/36905
Mail: info@geist-electronic.de
Shop: www.geist-electronic.de



schlanke Preise - fettes Angebot
Schnellversand ohne Mindestumsatz
Bauteile - Ersatzteile - Zubehör Fernbedienungen - Zeilenträfos HDTV DVB-T Sat Audio/Video Überwachungstechnik und vieles mehr.
www.Laehn-Versand.de



160 pages of tech audio articles
Self, Linkwitz, Cordell, Pass a.o.
www.linearaudio.net

Gravuren / Schilder / Frontblenden
www.webgrav.de



Preisgünstige Bauteile zusätzlich über 3.500 Auslaufartikel zum Super-Sonderpreis
www.elcomp.at

Leiterplattenfertigung (Onlinekalkulation)
• Bestückung SMD und konventionell
• Entwicklung/Layouterstellung
• LED-Anzeigensysteme



www.thale-elektronik.de

www.anttronic.de



ab 1 Stck. **Leiterplatten zu TOP-Preisen!!**

HEXWAX LTD www.hexwax.com
Treiberunabhängige USB-ICs von einem der Weltmarktführer

- USB-UART/SPI/I2C-Konverter • TEAleaf-USB Authentifizierungs-Dongles • expandIO-USB I/O-USB-Expander • USB-FileSys Flash-Drive mit SPI-Interface
- USB-DAQ Flash-basierter Datenlogger

LCDs und mehr



www.lcd-store.de
www.LC-Design.de
www.crystalfontz.de



Unser Leistungsspektrum:

- Diverse Schrittmotoren ab Lager lieferbar
- Eigene Entwicklung von Schrittmotorendstufen in versch. Ausführungen
- Netzteile, Endschalter, geschirmte Kabel u.v.m.

Kundenspezifische Lösungen entwickeln wir schnell und preiswert

Fon: 0241/4091800 • Fax: 0241/4091803
www.mechapro.de • info@mechapro.de

Roboter-Bausätze mit AVR-Mikrocontrollern



NIBObee + ATmega16 + ATtiny44
NIBO 2 + ATmega128 + ATmega88

<http://nibo.nicai-systems.de>



Zukunftsweisende Ladetechnik, in Design, Qualität und Technologie
www.h-tronic.de

www.AAAA-electronic.de
Schnäppchenmarkt
Bauteile, Bausätze, Module, Restposten
Fon: 0049 471 3097133



A Rohde & Schwarz Company

- Oszilloskope
- Netzgeräte
- RF-Messtechnik
- Systemgeräte

Great Value in Test & Measurement
www.hameg.com

VTS – ELEKTRONIK GbR
Preiswerter Leiterplatten Service
info@vts-elektronik.de
www.vts-elektronik.de

Baugruppenbestückung vom Prototypen bis zur Serie
FS-ELECTRONIC.de

Die Buchung einer Anzeige beinhaltet einen kostenlosen Eintrag auf der Website von Elektor, inklusive eines Links zu Ihrer Seite.

Reservieren Sie jetzt Ihre Jahresbuchung

www.elektor.de

Bildverarbeitung leicht gemacht

Bewegungserkennung per Webcam

Von Jens Nickel (D)

Wenn sich Elektor mit dem Thema Sensorik auseinandersetzt, darf ein Artikel zur Bildverarbeitung natürlich nicht fehlen. Jedoch ist dieses sehr interessante Gebiet als überaus kompliziert verschrien. Zu Unrecht, wie wir an einem einfachen Beispiel beweisen. Eine Webcam und ein paar einfache Algorithmen genügen für erste Experimente!

Der Artikel „Bildverarbeitung mit kleinem Controller“ [1] bewies schon eindrucksvoll, dass keine hochpreisige Hardware nötig ist, um eine einfache Anwesenheitserkennung und dergleichen mehr zu realisieren. Hier wollen wir zeigen, dass auch die Software nicht allzu komplex sein muss. Ein kleines Experimental-Programm demonstriert, wie eine einfache Bewegungserkennung grundsätzlich verwirklicht werden kann. Um zu beweisen, dass das Ganze funktioniert, genügen ein PC, eine Webcam und eine kostenlose Entwicklungsumgebung wie zum Beispiel Visual Studio Express.



Bild 1. Für einen Vergleich dieser Bilder ...

Von der Idee...

Die ganze Geschichte beginnt an einem Freitag Nachmittag, als der Autor das Buch „Computer Vision – das Praxisbuch“ aus dem Elektor-Verlag [2] auf der Suche nach Anregungen zum Thema studiert. Das Buch behandelt die Theorie, aber auch die Praxis der Bildverarbeitung (Bewegungserkennung, Objekterkennung usw.) umfassend. Entsprechende Algorithmen werden in so genanntem Pseudocode vorgestellt, so dass eine Implementierung in der Programmiersprache der Wahl einfach ist.



Bild 2. ... reduzieren wir erst auf die Grauwerte.

Warum also nicht in Visual Basic, das vielen Lesern besonders vertraut ist? Beim Durchlesen des ersten Praxisbeispiels zur Bewegungserkennung (eine Anwendung wäre etwa die Detektion eines unbefugten Besuchers) juckte es schon in den Fingern des programmierbegeisterten Autors. Da er das (kostenlose!) Visual Studio Express in der Basic-Variante schon auf dem Rechner installiert hatte, dauerte es nur rund zwei, drei Stündchen, bis die nötigen Algorithmen

zur Bewegungserkennung sowie eine simple Benutzeroberfläche programmiert waren. Um das Ganze gleich auszuprobieren, wurden rasch zwei Bilder mit der Redaktions-Digitalkamera gemacht; beim zweiten Bild war ein Stuhl um wenige Zentimeter verschoben. Und siehe da, es funktionierte: Durch einen Bildvergleich ließ sich die ungefähre Größe und der Ort des bewegten Objektes detektieren.

...zum Programm

Und so funktioniert es: Als Erstes muss das Programm an die Farbinformationen der einzelnen Pixel herankommen. Im modernen, vom .NET-Framework unterstützten Visual Basic 2008/2010 geht das recht einfach. Nachdem eine Bilddatei (.bmp oder .jpg) als Bitmap-Bild namens *pic* geladen wurde, lässt sich mit folgenden Befehlen auf die Farben eines Pixels zugreifen:



Bild 3. Das Differenzbild entsteht durch Subtraktion der Grauwerte, negative Werte werden verworfen.

```
intR = pic.GetPixel(intX, intY).R
intG = pic.GetPixel(intX, intY).G
intB = pic.GetPixel(intX, intY).B
```

wobei intX und intY die Pixelkoordinaten sind und die Variablen intR, intG und intB die Farb-Bytes für Rot, Grün und Blau aufnehmen (Werte von 0..255).

Bei der Bewegungserkennung kann man sich auf den Grauwert eines Pixels beschränken, der sich recht einfach aus der Farbinformation errechnen lässt:

```
intGrey = (intR + intG + intB) / 3
```

Für einen einfachen Bild-Vergleich werden die Grauwerte beider Bilder Pixel für Pixel verglichen. Dabei wird synchron über alle Pixel iteriert. Um Problemen von vornherein aus dem Weg zu gehen, sollten beide Bilder die gleiche Größe haben (intX von 0..intXmax-1, intY von 0..intYmax-1).

Zum Vergleich der Pixel genügt eine einfache Subtraktion. Die Ergebnisse für jede Pixelkoordinate können wir wieder als Bild darstellen, wobei sich allerdings keine negativen Werte ergeben sollten. In unserem Beispiel lassen wir negative Werte einfach unter den Tisch fallen (hierzu unten mehr).

```
intDiff = intGrey1 - intGrey2
if intDiff < 0 then intDiff = 0
```

Das Ergebnis einer solchen Berechnung, die auf das **Bildpaar 1** beziehungsweise die Graustufendarstellung **Bild 2** angewendet wurde, ist in **Bild 3** dargestellt.

Durch das immer vorhandene Bildrauschen, geringfügige Änderungen der Bildgesamtheit usw. kann man sich bewegende Objekte in dieser Darstellung allerdings noch nicht besonders klar eingrenzen, da schon kleinste Änderungen



Bild 4. Ergebnis eines weiteren Schrittes: Ein Pixel erscheint hier weiß, wenn die Differenz der Grauwerte einen festgelegten Grenzwert übersteigt.

des Pixel-Grauwertes visualisiert werden.

Das Ergebnis wird besser, wenn man geringfügige Grauwertänderungen im Ergebnisbild verwirft. Wir definieren hierfür eine Grenze intLimit (sinnvolle Werte rund 0..100). Wenn die Differenz intDiff größer als intLimit ist, soll eine Helligkeitsänderung als erkannt gelten (angezeigt durch ein weißes Pixel im Ergebnisbild). Bei einer kleineren Änderung (oder gar keiner) bleibt das Pixel schwarz.

Aus den gewonnenen Pixeln lässt sich in VB.NET recht einfach ein neues Bitmap-Bild aufbauen (Rot, Grün und Blau werden auf 255 gesetzt, wenn im Bild ein weißes Pixel erscheinen soll):

```
pic.SetPixel(intX, intY, _
Color.FromArgb(intResult, _
intResult, intResult))
```

für alle intX = 0..intXmax-1 und intY = 0..intYmax-1, wobei intResult entweder 255 oder 0 ist.

Das Ergebnis zeigt **Bild 4**. Der sich bewegende Anteil ist jetzt klar zu erkennen. Allerdings kann es schwierig werden, das Ergebnis einem Objekt im Originalbild zuzuordnen (nicht alle Objekte sind aufgrund ihrer Umrisse so klar zu erkennen wie der Kollege des Autors ;-)). Daher bilden wir aus dem Originalbild und den erkannten Pixeln ein neues Bild, das die Informationen kombiniert. Die folgenden Befehle werden wieder für jedes Pixel aufgerufen. Bei einem erkannten Pixel legen wir ein mittelhelles Grün für das Pixel fest, falls an der Stelle keine Bewegung detektiert wurde, bleiben die Farben des Originalbildes erhalten.



Bild 5. Die detektierten Pixel werden hier in das Originalbild eingespiegelt. Der rote Punkt in der Mitte markiert den Schwerpunkt.

```
If intResult = 255 Then
pic.SetPixel(intX, intY, _
Color.FromArgb(0, 150, 0))
Else
pic.SetPixel(intX, intY, _
Color.FromArgb(intR, intG, intB))
End If
```

Das Ergebnis wird in **Bild 5** gezeigt. Ein solches Bild ließe sich zum Beispiel in ein Head-up-Display o.ä. einspeisen, womit eine Art „Augmented Reality“ möglich wird (Live-Video-Bild, das mit virtuellen Zusatzinformationen versehen ist).

Bewegungserkennung

Das Ergebnis ist ganz nett anzusehen, um aber etwa eine Alarmanlage anzusteuern, müssen wir noch maschinenlesbare Werte extrahieren. So beispielsweise, ob überhaupt eine „kritische“ Bewegung stattgefunden hat. Sinnvoll wäre es noch, das Zentrum des sich bewegenden Objekts zu detektieren. Dann könnte man etwa eine zweite Kamera nachführen, um ein Detail-Bild des Objekts festzuhalten.

Beides lässt sich relativ einfach umsetzen. Für eine einfache Abschätzung der Relevanz der Bewegung zählen wir einfach die Pixel, bei denen intResult = 255 ist.

Wenn wir bei einem erkannten Pixel noch über die jeweiligen Koordinaten intX und intY summieren und anschließend durch die Zahl dieser Bildpunkte teilen, erhalten wir den Schwerpunkt von Bild 4, der durch die Koordinaten intPX und intPY repräsentiert wird.

Im Beispielprogramm, das unter [3] downgeloadet werden kann, wurde für alle erwähnten Algorithmen eine eigene Prozedur implementiert, so dass man eine gute Grundlage für eigene Experimente hat (Quellcodefile PicProcedures.vb).

Installation von Visual Studio Express

Falls noch nicht installiert, ist zuerst die neueste Version der Entwicklungsumgebung Visual Studio Express 2010 (für Visual Basic 2010) downzuloaden [4] (die deutsche Sprachversion findet man unter [5]).

Nach einem Klick auf das Downloadfile beginnt die Installation, bei der weitere Files heruntergeladen werden (Internetverbindung nötig). Nach abgeschlossener Installation sollte man unter Programme den Menüpunkt „Microsoft Visual Studio 2010 Express“ finden, und hierunter die Basic-Variante der Entwicklungsumgebung.

Die Beispielsoftware zu diesem Artikel ist wie immer kostenlos von der Elektor-Website downloadbar [3]. Den Inhalt des Zip-Files kopiert man am besten in den Ordner, den VS2010 für Projekte vorsieht, in der Regel ist das C:\... \[USERNAME] \My Documents \Visual Studio 2010 \Projects (My Documents = Eigene Dokumente).

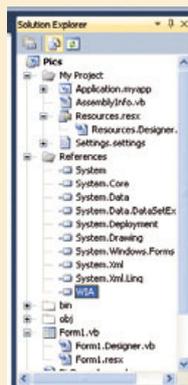
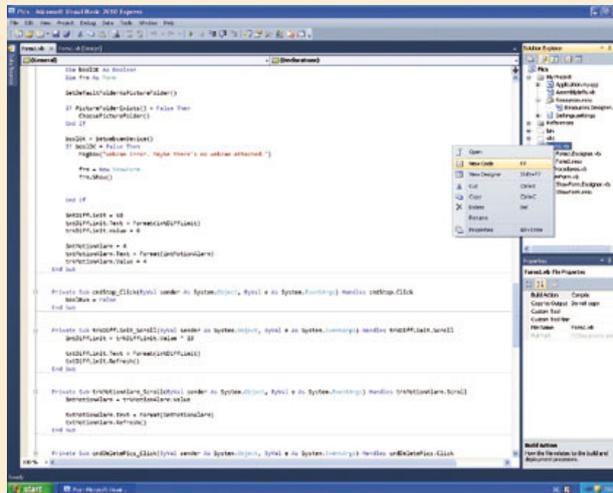
Nach dem Start der Entwicklungsumgebung kann man das Projekt „Pics“ über *File >> Open Project* öffnen. Im Fenster rechts oben („Solution Explorer“) findet man alle zum Projekt gehörenden Dateien (in der Sprache von Visual Studio handelt es sich um eine *Solution*).

Ein Doppel-Klick auf *Form.vb* öffnet das Hauptformular der Beispielsoftware in der Entwurfsansicht (siehe Bild 7). Hier kann man die Controls (Steuerelemente wie Buttons, Textboxen usw.) editieren. Mit *View >> Other Windows >> Toolbox* öffnet man die Toolbox (Werkzeugkiste), über die sich neue Steuerelemente hinzufügen lassen.

Über einen Rechtsklick auf *Form.vb* im *Solution Explorer* lässt sich der zugehörige Code zutage fördern, mit dem das Formular auf Ereignisse (wie einen Klick auf einen Button) reagiert. Die eigentlichen Bildverarbeitungsprozeduren sind dagegen in einem eigenen Codemodul zusammengefasst (*PicProcedures.vb*).

Leider können wir hier aus Platzgründen nicht weiter ausführen, wie zum Beispiel neue Buttons platziert und mit entsprechendem Code verbunden werden. Ein kostenloses Online-Tutorial zu Visual Studio und Visual Basic .NET findet man aber bei Microsoft. Wer sich mehr mit dieser sehr leistungsfähigen und überdies kostenfreien PC-Entwicklungsumgebung beschäftigen will, für den dürfte sich auch eines der Bücher zu Visual Basic 2010 lohnen, die es zu Preisen zwischen 30 und 50 Euro gibt. Vor dem Kauf des Buches sollte man sich ansehen, ob die dort verlangte „Lernkurve“ den eigenen Vorkenntnissen entspricht, das Niveau der Werke ist recht unterschiedlich.

Bevor man die Software mit einem Klick auf den grünen Pfeil (Debugging) ausprobiert, muss man sich noch darum kümmern, ob die *wiaaut.dll* korrekt installiert ist (siehe Extra-Kasten). Im *Solution Explorer* findet man bei geöffnetem *Pics*-Projekt einen Menüpunkt *References* („Verweise“). Nach einem Klick auf das Plus vor dem Menüpunkt werden die Software-Bibliotheken angezeigt, die das Programm nutzt. Hier müsste auch der Punkt „WIA“ zu finden sein. Wenn „WIA“ mit einem Kreuz versehen ist, heißt dies, das Visual Studio keinen Zugriff auf die *wiaaut.dll* hat.



Webcam-Einsatz

Ohne eine Bildquelle, die „live“ arbeitet, machte das Ganze freilich noch keinen Sinn. Glücklicherweise kann man mit Hilfe des .NET-Frameworks auf allerlei Hardware zugreifen, so auch auf Webcams. Das Framework bringt hierzu eine Reihe von Klassen mit, die Hardware-Zugriffe über die entsprechende Windows-Bibliothek (.dll) kapseln. Man muss Visual Studio nur über einen „Verweis“ mitteilen, dass man die Klassen (das heißt die entsprechenden Befehle, Statusvariablen usw.) im eigenen Programm verwenden möchte. Unglücklicherweise sind viele dieser Klassen nicht besonders gut dokumentiert. An einem länglichen Samstag Nachmittag fand der Autor schließlich heraus, welche .dll sich für unsere Zwecke am besten eignet (*wiaaut.dll*) und wie man die Webcam unter VB.NET Snapshots schießen lässt, die in eigenen Programmen genutzt werden können. Ein großer Vorteil dieser Lösung ist, dass man keine herstellerspezifischen Treiber braucht. So bald die Webcam als USB-Gerät erkannt ist, kann es losgehen.

Nach ein klein wenig Tüftelei generierte die Logitech QuickCam S5500 des Autors schließlich kontinuierlich Snapshots, die für eine Live-Bildverarbeitung genutzt werden konnten. Mit ein paar Einschränkungen muss man aber leben: Das Ganze geht sehr laaaangsam vonstatten, was wohl daran liegt, dass die Bilder im Speicher der Webcam abgelegt werden. Darüber hinaus läuft dieser Speicher irgendwann voll. Um den Speicher zu leeren, klickt man unter „Arbeitsplatz“ auf das Icon der Webcam (Windows XP) und löscht die abgelegten Bilder mit „Delete pictures on camera“ (siehe Bild 6). Nach Leeren des Speichers erreichte die Webcam des Autors schwindelerregende 1 Frames/s, was für sicherheitskritische Anwendungen sicher nicht ganz ausreicht. Aber wie gesagt, wir wollen ja nur ein wenig experimentieren.

Und nun live

Wenn man jedes Bild der Webcam mit dem vorhergehenden vergleicht, lassen sich Bewegungen „kontinuierlich“ erfassen. Doch auch wenn die Auflösung der Webcam-Snapshots recht niedrig ist, würde es viel zu viel Zeit benötigen, von beiden Bil-

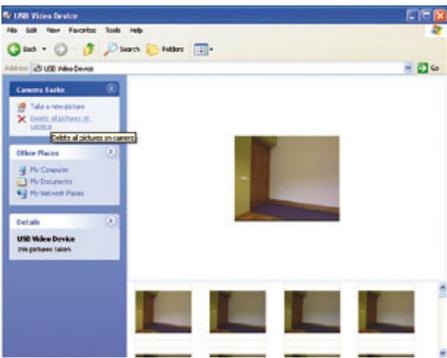


Bild 6. Von Zeit zu Zeit sollte man den Bildspeicher der Webcam löschen.

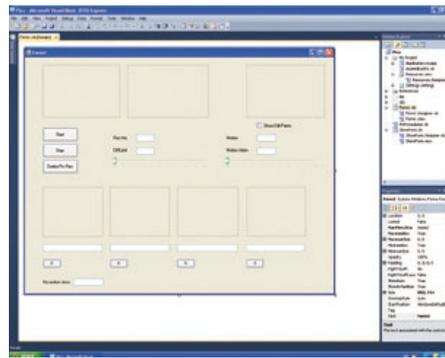


Bild 7. Die Entwicklungsumgebung für Visual Basic 2010 ist kostenlos downloadbar. Auch Einsteiger kommen hier schnell zum Erfolg.

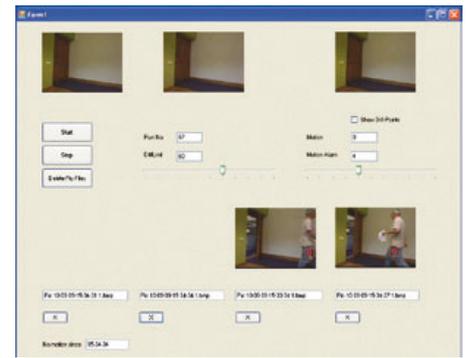


Bild 8. Die Demo-Software eignet sich gut für eigene Experimente.

dern erst eine Grauwert-Darstellung zu berechnen, dann Pixel für Pixel zu vergleichen, das Differenzbild neuerlich zu untersuchen usw. Einen deutlichen Geschwindigkeitsgewinn erreicht man, wenn die Graustufendarstellung jedes Bildes in einer Art Puffer abgelegt wird, so dass diese schon

für den nachfolgenden Vergleich zur Verfügung steht. Da wir das Graustufenbild als solches auch nicht anzeigen, kann eine Division durch 3 ebenfalls entfallen, wir addieren einfach den Rot-, Grün- und Blau-Anteil. Die Funktion *MotionPicture* in der Beispielsoftware fasst den gesamten Code der

Bewegungserkennung zusammen. Sie gibt ein Bitmap-Bild aus, welches eine Kombination aus dem Originalbild und zusätzlichen „eingespiegelten“ Bewegungsinformationen darstellt. Als Eingangsparameter erwartet die Funktion das Originalbild *picNew*, den Parameter *intLimit* und die Boo-

Anzeige

Schaeffer AG
 Halle B5, Stand 519
 electronica 2010

FRONTPLATTEN & GEHÄUSE
 Kostengünstige Einzelstücke und Kleinserien

Individuelle Frontplatten können mit dem Frontplatten Designer mühelos gestaltet werden. Der Frontplatten Designer wird kostenlos im Internet oder auf CD zur Verfügung gestellt.

Neue Version 4.0
 Mit neuen Funktionen z.B. Freikontur für Linux, Windows und Mac OS X

- Automatische Preisberechnung
- Lieferung innerhalb von 5-8 Tagen
- 24-Stunden-Service bei Bedarf

Preisbeispiel: 34,93 € zzgl. USt./Versand

Schaeffer AG
 Nahnitzer Damm 32
 D-12277 Berlin
 Tel +49 (0)30 8 05 86 95-0
 Fax +49 (0)30 8 05 86 95-33
 Web info@schaeffer-ag.de
 www.schaeffer-ag.de

Schrittmotorsteuerkarte SMC-TR-1000 *Neuheit*
 für PC- Positioniersysteme, Bohr-, Gravier- und Fräsanlagen!

Steuerung von 3 Achsen **nur € 89,-***

- Phasenströme einstellbar
- Eingänge für Takt- u. Richtungssignale
- Mikroschrittbetrieb (1/1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16)
- Auch von SPS oder Taktgenerator ansteuerbar
- Inklusive Treibersoftware für Windows
- Automatische Ruhestromreduzierung
- Temperaturüberwachung
- 3 Eingänge für Referenzschalter
- 1 Eingang für Not-Aus-Schalter
- Nur 1 Spannungsvers. (24VDC) notwendig
- Hohe Geschwindigkeit durch optimierte Stromregelung
- Kompakte Bauweise
- Auf Sonderwünsche kann eingegangen werden

Besuchen Sie unsere Homepage

EMIS GmbH
 Zur Drehscheibe 4
 92637 Weiden
 Tel. (0961) 32040, Fax (0961) 31494
 www.emisgmbh.de * + MWST

BESSER GLEICH ONLINE KALKULIEREN.
 STARRE- UND FLEXIBLE LEITERPLATTEN.

ab 12h
 Leiterplatten-Express! Platine gratis!

LEITON
 RECHNEN SIE MIT BESTEM SERVICE

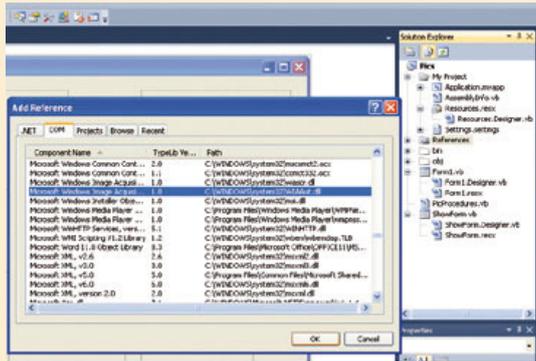
Schluss mit umständlichen Rechenoperationen! Bei uns kalkulieren Sie auch Ihre exotischsten Leiterplatten jederzeit schnell und einfach online. Doch nicht genug: Bei LeitOn gilt die Online-Kalkulation auch für Serien- und flexible Leiterplatten! Ebenso einmalig ist der LeitOn Leiterplatten-Expressdienst mit Top-Garantie: Platinen sind gratis bei überschrittenem Liefertermin! Neugierig? Unsere persönliche Telefonberatung und unser kompetenter Außendienst helfen Ihnen gerne weiter. Denn Sie wissen: Bei LeitOn rechnen Sie immer mit bestem Service.

www.leiton.de Info-Hotline +49 (0)30 701 73 49 0

Installation der wiaaut.dll

Die *wiaaut.dll* ist nicht in allen Windows-Installationen enthalten. Falls im Ordner `C:\windows\system32` die Datei *wiaaut.dll* fehlt, muss man diese im Internet downloaden [6]. Das .dll-File, das im heruntergeladenen Zip-file „WIAAut.sdk“ enthalten ist, verschiebt man in den erwähnten Ordner, der auch die anderen .dll-Dateien enthält.

Dann muss die neue Library noch beim Betriebssystem bekanntgemacht werden. Hierzu öffnet man das kleine Windows-Kommandozeilenfenster mit *Run...* im Startmenü (Windows XP). In die Textbox gibt man `regsvr32 wiaaut.dll` ein und klickt auf OK.



Anschließend muss man den entsprechenden Verweis in Visual Studio neu setzen. Im *Solution Explorer* lässt man sich bei geöffnetem Pics-Projekt alle Verweise anzeigen (siehe Kasten Installation von Visual Studio). Wenn „WIA“ mit einem Kreuz versehen ist, muss der Verweis erst über einen Rechtsklick auf „WIA“ entfernt und anschließend neu angelegt werden. Dies erreicht man mit einem Rechtsklick auf „References“

und einem Klick auf „Add Reference“ („Verweis hinzufügen“). Im aufgehenden Fenster wählt man den Reiter „COM“ und in der langen Liste „Microsoft Windows Image Acquisition Library v2.0“ aus. Nun muss ein gültiger Verweis im *Solution Explorer* auftauchen.

lean-Variable *boolDrawDiffPoints*, die festlegt, ob die erkannten Pixel grün gefärbt werden sollen. Über den Parameter *intMotion* wird die „Relevanz“ der Bewegung an den aufrufenden Programmteil zurückgegeben; der Wert entspricht der Quadratwurzel der Zahl der erkannten Pixel. *MotionPicture* lädt außerdem den Grauwert-Puffer für den nachfolgenden Bildvergleich. Da dieser somit beim ersten Aufruf der Funktion leer ist, muss er vor dem allerersten Bildvergleich mit den Daten des ersten Bildes initialisiert werden (*Sub InitGreyBuffer*).

Demo-Programm

Um alles bis hier erwähnte zu demonstrieren, hat der Autor ein kleines Beispielprogramm geschrieben. Die Benutzeroberfläche gewinnt sicher keinen Schönheitspreis, eignet sich aber sehr gut für erste Experimente.

Die Software soll nur eine Ausgangsbasis für eigene Entwicklungen sein; darüber hinaus sind vom Nutzer noch Konstanten im Quellcode zu ändern (siehe dort). Auf die Erstellung eines .exe-Files wurde daher verzichtet, die Software muss man innerhalb der Entwicklungsumgebung laufen lassen. Die Installation von Visual Studio Express 2010 ist im Kasten beschrieben, ein weiterer Kasten fasst zusammen, wie die Webcam-Lib-

rary eingebunden wird.

Wenn man das Beispiel-Projekt in Visual Studio geöffnet hat (siehe **Bild 7**), kann es mit einem Klick auf den grünen Pfeil in der Symbolleiste losgehen.

Zuerst wird die Webcam ausgewählt, dann erscheint das Hauptformular (**Bild 8**). Nach einem Klick auf Start beginnt die Webcam, Snapshots zu schießen. Oben links werden jeweils das aktuelle und das vorangegangene Bild angezeigt, oben rechts ist das Ergebnis der Bewegungserkennung zu sehen. Mit dem linken Schieberegler kann man den Wert für *intLimit* einstellen, der rechte Schieberegler bestimmt, ab welchem *intMotion*-Wert (siehe oben) ein Alarm ausgelöst wird. Dann wird das entsprechende Bild unten angezeigt (und außerdem als Datei abgespeichert). Die Buttons mit dem Kreuz sind dazu da, „Fehlalarm“-Bilder in der Anzeige zu löschen.

Zu solchen Fehlalarmen kommt es regelmäßig, wenn die automatische Helligkeitsregelung der Webcam das ganze Bild heller oder dunkler werden lässt. Um diesen Effekt teilweise auszufiltern, enthält die Funktion *MotionPicture* einen Algorithmus, der „globale“ Helligkeitsänderungen erkennt. Ansonsten sollte man unbedingt vermeiden, dass allzu viel Tageslicht in den

zu beobachtenden Raum fällt, da die Lichtverhältnisse im Freien fast immer ständig wechseln.

Wer ein wenig experimentiert, wird schnell ein wesentliches Manko der beschriebenen Bewegungserkennung feststellen: Das Ganze funktioniert nur bei dunklen Objekten, die sich vor hellen Hintergründen bewegen; bei einem verschiedenfarbigen Objekt werden überdies hauptsächlich die dunklen Bereiche detektiert (siehe Bild 3). Der Grund ist, dass wir die negativen Grauwert-Änderungen verworfen haben (siehe oben). Wer will, kann stattdessen einmal ausprobieren, den Betrag der Grauwert-Differenz weiterzuerwenden. Dann werden sowohl helle als auch dunkle Objekte detektiert. Wenn das sich bewegende Objekt allerdings schon im ersten Bild zu sehen war, erscheint es im Ergebnisbild zwei Mal, einmal am ursprünglichen und einmal am neuen Ort. Denn an beiden Stellen ändern sich ja die Grauwerte der Pixel. Der beschriebene Versuchsaufbau würde sich schon recht gut für eine Anwesenheitskontrolle eines Objektes oder ähnliche unkritische Überwachungsaufgaben eignen. Wenn man die Bewegungserkennung im Bereich Sicherheit nutzen möchte, wäre eine Erhöhung der Framerate in jedem Fall unabdingbar. Für einen sinnvollen Praxiseinsatz sollten es 5 oder besser 10 Frames/s sein, um auch schnelle Bewegungen sicher zu erkennen. Leider war es dem Autor aus Zeitgründen nicht mehr möglich, andere Bildquellen wie zum Beispiel eine TV-Karte und ähnliches auszuprobieren. Wir freuen uns in jedem Fall über Leser-Feedback!

(100539)

Weblinks

- [1] www.elektor.de/090334
- [2] www.elektor.de/buch-computervision
- [3] www.elektor.de/100539
- [4] www.microsoft.com/express/Downloads/
- [5] www.microsoft.com/germany/express/products/windows.aspx
- [6] www.microsoft.com/downloads/details.aspx?familyid=a332a77a-01b8-4de6-91c2-b7ea32537e29&displaylang=en

SPEED.
FLEXIBILITY.
PERFORMANCE.

Vinculum VNC2

A programmable system-on-chip
USB 2.0 Host / Slave controller

- Dual Kanal USB 2.0 Schnittstelle, unterstützt alle USB Host- und Datenübertragungsfunktionen in einem einzigen IC.
- On-Chip 16 Bit Harvard Architektur MCU-Core mit integriertem 256 Kbyte Flash-Speicher und 16 KByte RAM.
- Schnittstellen für UART, FIFO, SPI Slave, SPI Master, GPIO und PWM.
- Vinculum-II Softwareentwicklungsumgebung verfügbar für eigene kundenspezifische Applikationsfirmwareentwicklung.
- Verschiedene Gehäuse varianten, einschließlich einer kompatiblen VNC1L-Lösungsoption.
- Geeignet für zahlreiche USB Anwendungen, von tragbaren Media-Geräten und Handys zu Industrie- und Automotiveanwendungen.

Vinculum-II Entwicklungsmodule

- V2-EVAL - Komplettes Evaluierungs- und Entwicklungskit für VNC2.
- V2DIP1/2 - Miniature USB Entwicklungsmodule mit Einzel-oder Dual USB Anschluss.
- VNC2 Debug Module.

VISIT US AT
ELECTRONICA 2010

Hall A5, Stand 351



USB MADE EASY

www.ftdichip.com



Video-Switch

Vier Kameras störungsfrei multiplexen

Von Jean-Pierre Reiser (Frankreich)

Bei Orgelkonzerten in der Kathedrale Saint-Pierre der französischen Stadt Annecy (35 km südlich von Genf) können alle Anwesenden dem Organisten via Beamer beim Spielen zuschauen. An der Orgel sind mehrere Kameras, der Beamer kann aber nur das Bild einer einzigen Kamera gleichzeitig wiedergeben. Der Autor löste dieses Problem mit einer Schaltung, mit der man schnell zwischen den Kameras umschalten kann, um die jeweils interessanteste Perspektive (Klaviaturen, Pedale, Register etc.) auszuwählen.



Technische Daten

- Video-Switch mit vier Kanälen
- Störungsfreies Schalten von Videosignalen
- Anzeige von Video-Quelle und ausgewählter Kamera
- Steuerung durch Mikrocontroller

Erste Versuche mit einem einfachen manuellen Umschalter waren alles andere als befriedigend. Das Umschalten führte zu Bildverlusten, und aufgrund der gestörten Synchronisation zeigte der Beamer Fehlermeldungen.

Bei einem Videosignal mit 25 Bildern pro Sekunde dauert ein Bild 40 ms. Ein mechanischer Umschaltvorgang kann aber aufgrund des Schaltverhaltens schon bis zu 100 ms dauern. Und bei einem Drehschalter muss man auf dem Weg von Kamera 1 zu Kamera 4 erst noch über die Kontakte der

noch zumutbar. Der Autor entschloss sich deshalb, die träge Mechanik durch schnelle Elektronik zu ersetzen.

Nach der Anschaffung von vier Mini-Kameras musste natürlich erst einmal herausgefunden werden, was denn die Ursache dieser Sync-Probleme war. Außerdem war es notwendig, die Signale zu untersuchen, um den besten Umschaltzeitpunkt herauszufinden. Das ideale Helferlein für diese Aufgaben schien das IC LM1881 [1] zu sein. Das IC extrahiert aus Komposit-Videosig-

nalen genau die Teilsignale, die für die präzise Steuerung der Umschaltung erforderlich sind. Mit diesen extrahierten Signalen ließen sich dann schnelle Schalter elegant ansteuern.

Beim Autor musste die Elektronik in der Lage sein, vier eingehende Video-Signale zu verarbeiten - folglich waren vier ICs vom Typ LM1881 zur Extraktion der Synchronisationssignale notwendig. Dabei brauchen die vier Kameras dann nicht miteinander synchron zu sein. Es reicht aus, die aktuell selektierte Kamera als Referenz zu nehmen oder die nachfolgende Kamera. Letzteres ist die bessere Lösung, da das Bild dieser Kamera das aktuelle Bild ersetzen soll. Die nachfolgende Kamera wird durch einen Tastendruck gewählt, was viel besser ist als ein Drehschalter.

Jetzt bleibt noch das Problem zu lösen, den optimalen Umschaltzeitpunkt zu finden

und dann schnell auf das neue Videosignal umzuschalten. Für Schaltzwecke gibt es analoge Schalter in Chip-Form, die zwischen zwei Signalen in weniger als 1 μ s umschalten können. Diese Schalter haben allerdings im durchgeschalteten Zustand einen Widerstand von einigen hundert Ohm, was nicht gut zur Standard-Impedanz von 75 Ω bei Videosignalen passt. Allerdings lassen sich Verluste in der Elektronik durch einen Verstärker wieder ausgleichen.

Ein CD4066 enthält vier analoge Schalter mit eigenem Steuer-Eingang. Ein offener Schalter bietet einen Widerstand von mehreren M Ω . Die Stromversorgung eines CD4066 ist aufgrund des zulässigen Spannungsbereichs von 5...15 V ziemlich unkritisch. Da das zusätzliche Verstärker-IC minimal 8 V benötigt, ist es am einfachsten, die komplette Schaltung mit 9 V zu versorgen.

Der Verstärker muss nicht nur die Dämpfung des elek-

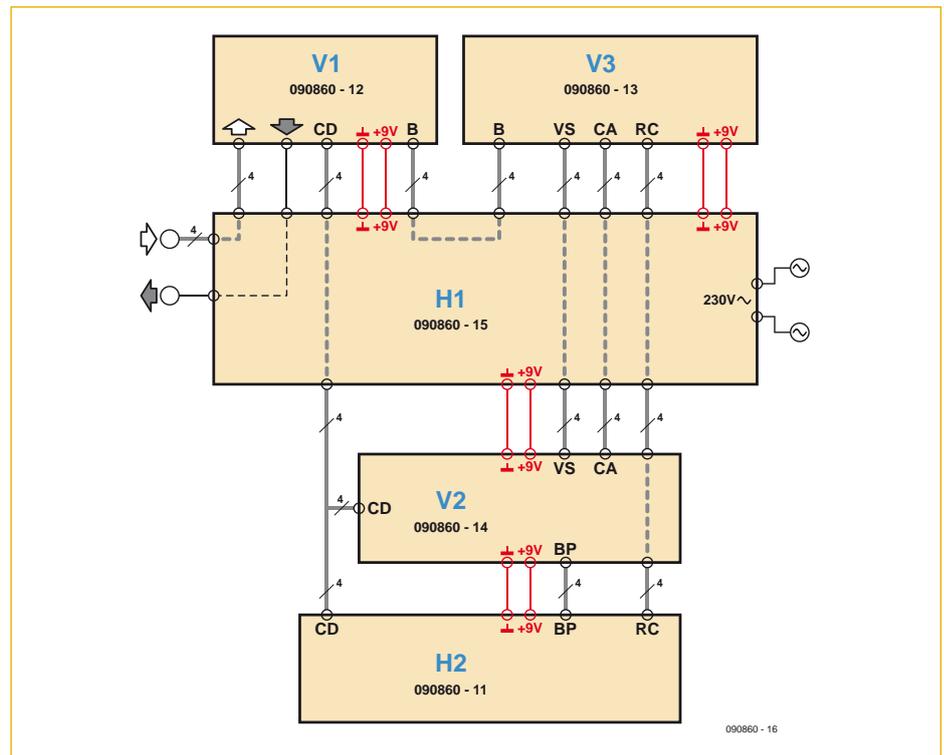


Bild 1. Blockschaltbild der Verbindungen der verschiedenen Karten. Karte H2 wird auf Karte V2 montiert; die Karten V1, V2 und V3 kommen auf die Basisplatte H1.

den die LM1881-Signale ausgewertet. Die LM1881-Signale triggern auch den Timer 555, der eine LED blinken lässt, wenn der Eingang auf ein Video-Signal synchronisiert ist.

ler allerdings, dass nur 256 Byte als Programmspeicher zur Verfügung stehen. Auch wenn ein BASIC-Befehl nicht mehr als 2...3 Bytes benötigt, muss man mit Ideen und Funktionen haushalten, denn

„Dank der Verwendung eines Mikrocontrollers konnte der Video-Switch flexibel gestaltet und schnell realisiert werden.“

tronischen Schalters ausgleichen, sondern auch für eine korrekte Ausgangsimpedanz von 75 Ω sorgen. Hierfür eignet sich der TEA2014, ein spezielles IC, das früher häufig in Fernsehern zum Umschalten zwischen verschiedenen SCART-Buchsen eingesetzt wurde. Obwohl dieses IC mittlerweile nicht mehr hergestellt wird, sind davon noch so viele im Umlauf, dass die Erhältlichkeit kein Problem darstellt. Ein einziges Exemplar reicht für unsere Schaltung schon aus.

Die IC-Schalter werden von Signalen gesteuert, die von Tastern abgeleitet werden, weshalb der jeweils letzte Status gespeichert werden muss. Außerdem sollten nur Kanäle anwählbar sein, an denen auch eine Kamera angeschlossen ist. Hierfür wer-

Man könnte die nötige Signalverarbeitung zwar auch mit einzelnen ICs realisieren, doch ist so eine Schaltung dann komplett festgelegt und schwer zu ändern, wenn einem später noch etwas einfällt. Der erste Entwurf des Autors gipfelte in einer Schaltung, die hierfür alleine schon zwölf Logik-ICs benötigte. Die vier LM1881 und ein Verstärker wären noch hinzu gekommen. Dann aber stieß er bei Recherchen im Internet auf den Mikrocontroller PICAXE [2], der einfach in BASIC programmierbar ist. Damit war es sehr einfach, die zwölf ICs für die Steuerung des Umschalters zu ersetzen. Das dafür notwendige Programm ist sehr schnell geschrieben oder auch geändert. Zu beachten ist bei diesem speziellen BASIC-Mikrocontrol-

nicht jedes denkbare Feature lässt sich da noch hineinquetschen.

Bau und Funktion

Der Video-Switch besteht aus einer Anzahl einfacher Platinen. Da nur ein Exemplar benötigt wurde, wählte der Autor normale Lochraster-Platinen. **Bild 1** zeigt, wie die Einzelteile miteinander verbunden werden. In **Foto 1** kann man sehen, wie die Teile in ein Gehäuse eingebaut wurden. Die Kürzel für die einzelnen Module werden durchgehend beibehalten. H steht dabei für horizontal und V für vertikal.

- H1 : Basisplatte
- H2 : Karte mit Tastern und Signal-LEDs
- V1 : Karte mit Video-Umschaltung und

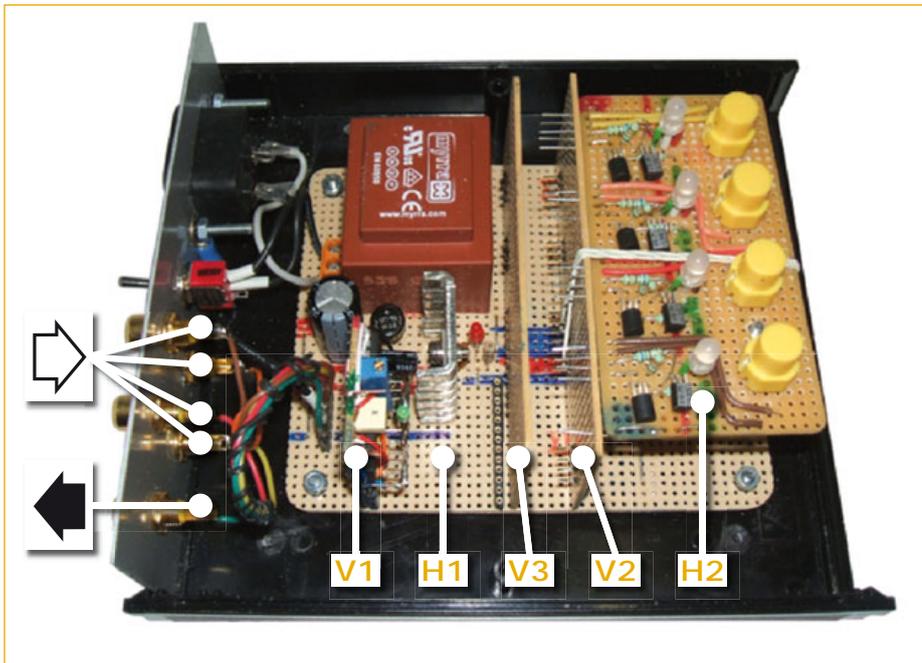


Foto 1. Konstruktion und Aufbau des Video-Umschalters. Auf diesem Foto ist Karte V3 noch nicht bestückt. Die Anordnung der fünf Karten ist aber gut zu erkennen.

- Ausgangsverstärker
- V2 : Prozessor-Modul
- V3 : Karte mit Sync-Signal-Extraktion

Die Basisplatine **H1** trägt die anderen Karten, die jeweils ihre eigenen Funktionen haben. Auf diese Weise lassen sich die verschiedenen Funktionseinheiten getrennt halten und unabhängig voneinander testen sowie gegebenenfalls leicht reparieren oder erweitern. Die Schaltung der Basisplatine enthält daher nicht viel mehr als die Stromversorgung sowie einige Kontakte und Verbindungen. Eine grüne LED signalisiert die Anwesenheit von stabilisierten 9 V.

Karte **V1** (**Bild 3**) enthält die eigentlichen Video-Schalter (CD4066), die unter der Kontrolle eines Mikrocontrollers auf einer anderen Karte stehen. Auf die Schalter folgt der Video-Verstärker TEA2014, der nicht nur verstärkt, sondern für einen normgerechten Ausgang mit einer Impedanz von 75 Ω sorgt.

Karte **H2** (**Bild 4**) enthält die Bedien- und Anzeigeelemente (Taster und LEDs). Es handelt sich dabei um Zweifarben-LEDs, für die jeweils zwei Transistoren zur Ansteuerung vorgesehen sind. Ein rotes Blinken zeigt an, dass der jeweilige Eingang mit einem Video-Signal verbunden ist. Ein grünes Dauerleuchten informiert darüber, dass dieser Kanal gerade auf den Ausgang geschaltet ist. Wenn eine grüne LED-Hälfte über ihr CDx-Signal eingeschaltet ist, sorgt der untere Transistor für einen Kurzschluss der roten LED-Hälfte.

Karte **V2** (**Bild 5**) enthält den PICAXE-20M-Mikrocontroller mit seinen acht Ein- und Ausgängen. Außerdem befinden sich noch zwei CD4066 und ein 78L05 für die Versorgung des Mikrocontrollers auf dieser Platine. Eine rote LED zeigt die 5-V-Betriebsspannung an. Alle Eingänge des Mikrocontrollers sind mit einem 100-k Ω -Pull-down-Widerstand versehen, damit undefinierte Pegel sicher vermieden werden. Die beiden Steuer-Eingänge der beiden CMOS-Schalter-ICs sind parallel geschaltet, wobei von jedem IC jeweils ein Schalter gleichzeitig mit dem Schalter des anderen ICs aktiv ist. Die Ausgänge CD1...CD4 steuern nicht nur die Schalter auf Karte V1, sondern auch

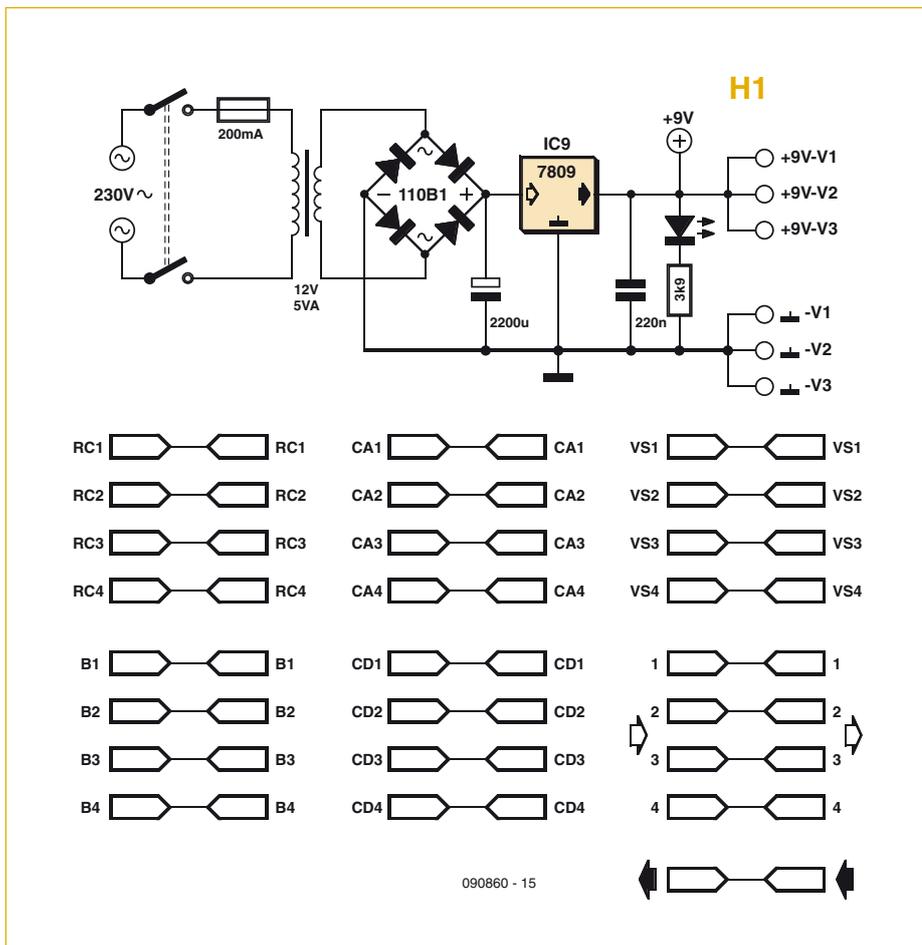


Bild 2. Schaltung der Basisplatine H1.

Karte H2, damit die entsprechende LED richtig auf grünes Leuchten geschaltet wird. Die Eingänge BP1...BP4 für den Controller stammen von den Tastern der Karte H2. Die Eingangsleitungen T1 und T2 sind für spätere Tests reserviert. Der Mikrocontroller wird mittels eines über SER IN und SER OUT angeschlossenen PCs programmiert. Die zugehörige Software kann man sich von der Elektor-Webseite zu diesem Projekt [3] herunterladen.

Karte **V3 (Bild 6)** enthält die Synchronisierungslogik. Die abgebildete Schaltung befindet sich vierfach auf der Platine. Wie schon erwähnt, extrahiert ein LM1881 aus einem Komposit-Videosignal die benötigten Steuersignale.

Ausgang CS (Composite Sync, Pin 1) liefert lediglich eine Gleichspannung (Signal CA), mit Hilfe derer der Prozessor feststellen kann, ob eine Kamera angeschlossen ist. Das VS-Signal von Pin 3 wird zunächst invertiert und bildet dann eines der Signale VS1...VS4. Dieses Signal wird vom Controller analysiert, um den richtigen Umschaltzeitpunkt zu bestimmen. Weiter wird damit der frequenzbestimmende Kondensator entladen. Da das Signal nur eine Impulsbreite von 230 μ s bei einer Pausenzeit von 40 ms aufweist, dauert es etwa 0,5 s, bis der Kondensator entladen ist und über eine der Leitungen RC1...RC4 die jeweilige rote LED blinkt. TP* (Pin 7) dient als Sync-Signal für ein Oszilloskop, wenn man die Signale auf so einer Karte genauer untersuchen möchte.

Der gesamte Strombedarf der Schaltung bleibt unter 150 mA bei 9 V. Selbst bei voller Last (vier angeschlossene Kameras) bleibt die Temperatur der Elektronik moderat. Selbst wenn man die Verluste am Spannungsregler mit einrechnet, kommt man auf eine typische aufgenommene Leistung von 1,5 W, wofür ein 4,5-VA-Trafo locker ausreicht.

Zum Schluss

Durch den Einsatz eines Mikrocontrollers bleibt die Schaltung flexibel und relativ klein. Man kann sehr einfach weitere Funktionen realisieren oder die Schaltung erwei-

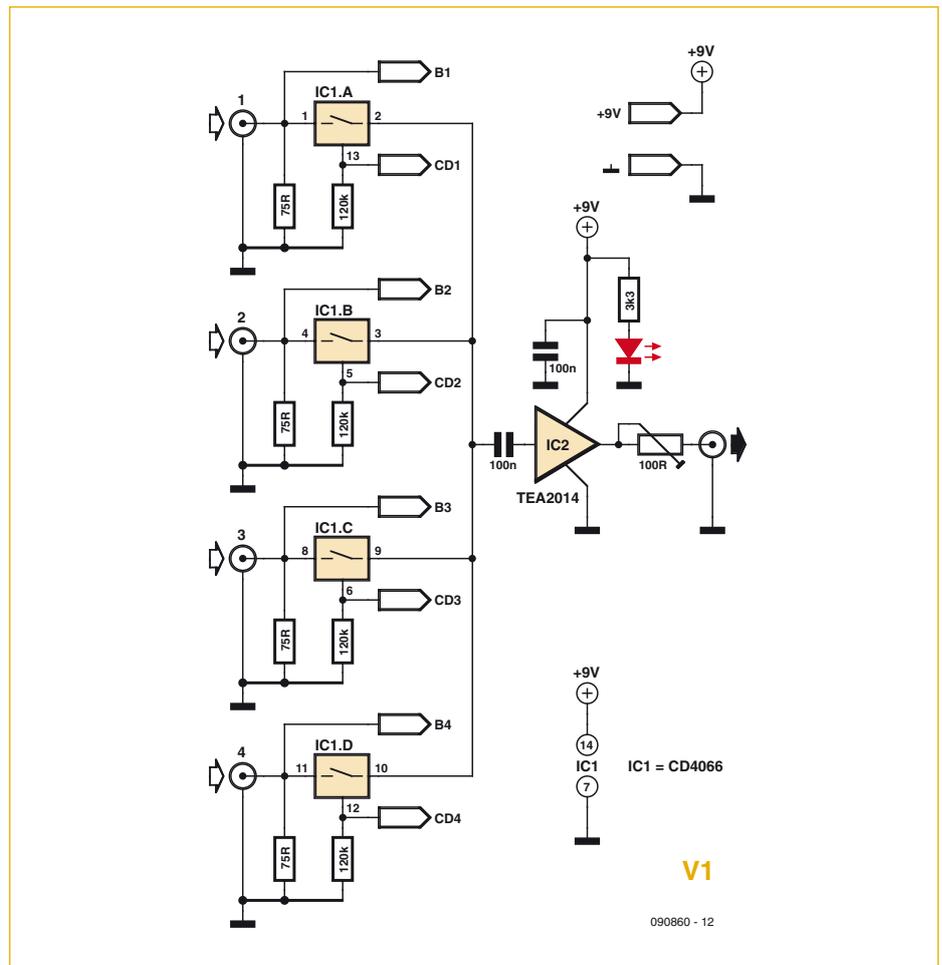


Bild 3. Karte V1 enthält die Eingangsumschaltung und den Video-Ausgang.

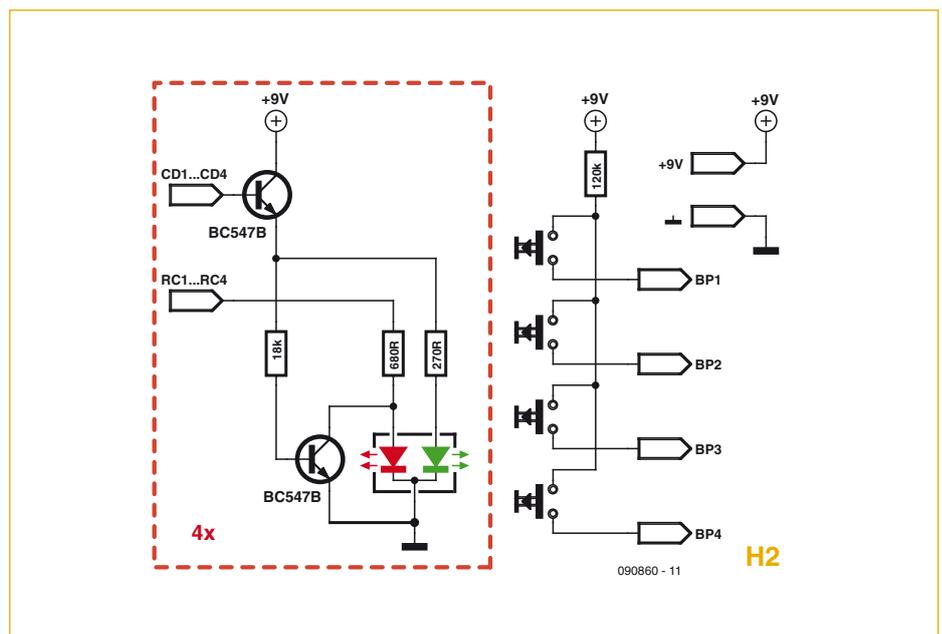


Bild 4. Die LEDs und die Taster sitzen auf Karte H2. Alles innerhalb des roten Kastens muss vierfach aufgebaut werden.

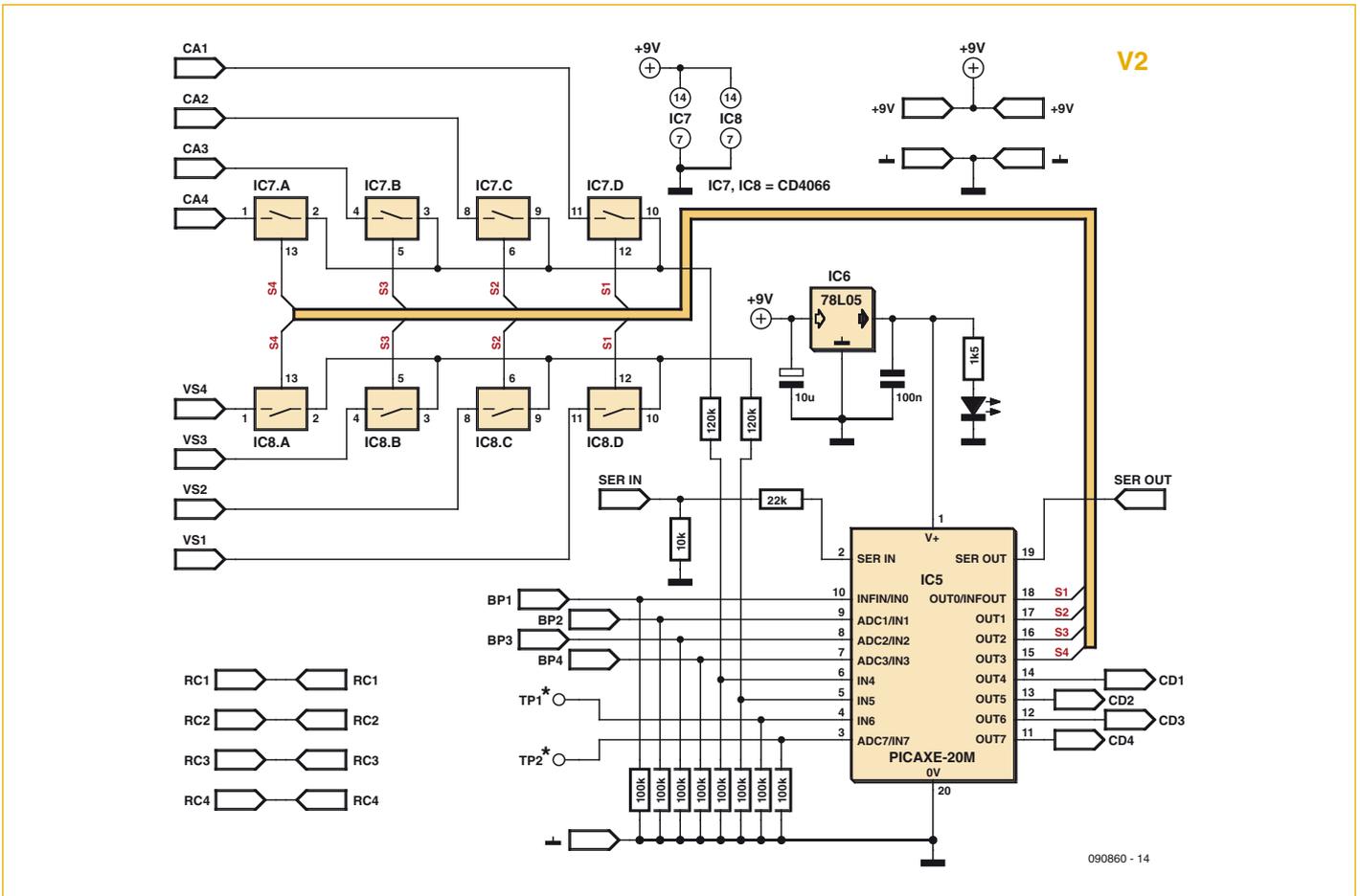


Bild 5. Das „Gehirn“ des Video-Umschalters ist ein PICAXE-Mikrocontroller.

tern. Bei den ersten Praxistests erlebte der Autor übrigens keinerlei Überraschungen. Hier hat sich also die sorgfältige Recherche und Planung ausgezahlt. Und da dieses Pro-

jekt auf Anhieb so gut funktionierte, kann er zu recht stolz auf seine Entwicklung sein. Seiner Ansicht nach haben sich Aufwand und Mühe auf jeden Fall gelohnt. Die Bild-

umschaltung funktioniert jetzt bei jedem Orgelkonzert absolut störungsfrei.
(09o86o)

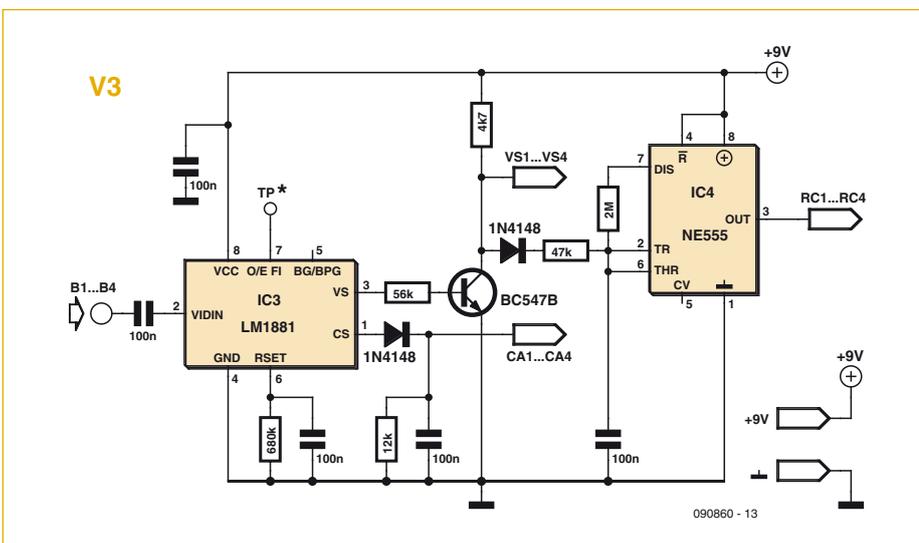


Bild 6. Die Video-Elektronik auf Karte V3. Auch hiervon sind vier Exemplare nötig.

Links

- [1] www.national.com/ds/LM/LM1881.pdf
- [2] PICAXE: www.rev-ed.co.uk/picaxe/
- [3] www.elektor.de/090860

Von den Machern von Elektor!

elektor

SPECIAL PROJECT

Audio 4

11004
(D) 16,90 €
(A) 18,50 €
CHF 28.90
(B) 18,50 €
(L) 18,50 €

High-End-Verstärker und Lautsprecherboxen

**Acht Verstärker für
den Selbstbau, u. a.:**

- 2 x 20 Watt für iPod
- Experimenteller 30-W-Verstärker
- Vielseitiger Gitarrenverstärker
- TI-Verstärker mit 2 x 300 W



**Sieben Lautsprecher-
boxen für den
Selbstbau, u. a.:**

- Kompakter 2-Weg-Monitor
- Line-Array mit 16 Breitbandchassis
- Home-Cinema-Kombination
- Trapezbox für die professionelle PA



**Jetzt
neu am
Kiosk!**



Oder frei Haus unter www.elektor.de bestellen!

Klasse-D-Entwicklungen

Weniger Störungen trotz filterlosem Ausgang

Von Thijs Beckers

Es gibt tatsächlich auch in der Audiotechnik immer noch Potential für Verbesserung. So können neuerdings Schaltungen für Klasse-D-Verstärker mit weniger hochfrequentem Störpotential aufwarten, obwohl sie auf klassische Ausgangsfilter verzichten. Was sich findige Köpfe dabei gedacht haben, lesen Sie hier.

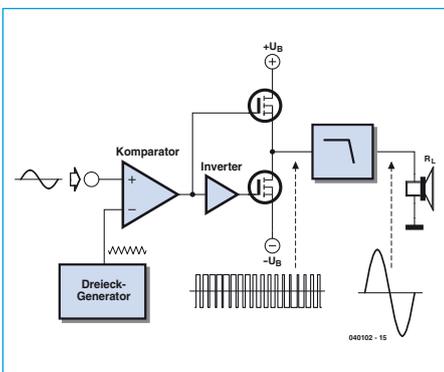


Bild 1. Prinzipschaltung eines Klasse-D-Verstärkers.

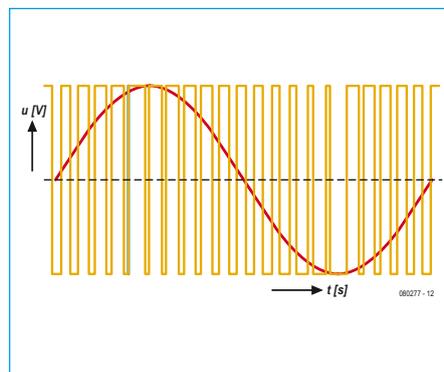


Bild 2. Aus dem PWM-Signal (blau) entsteht nach Tiefpassfilterung ein sinusförmiges Ausgangssignal (rot).

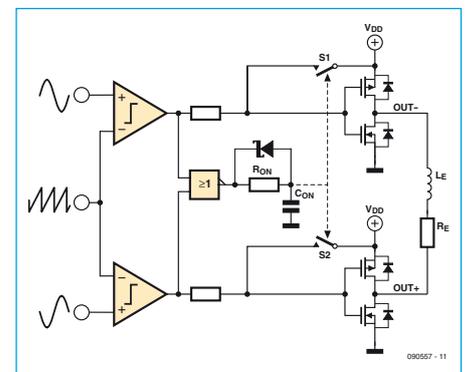


Bild 3. Dank neuer Schaltungstricks kommt ein moderner Klasse-D-Verstärker sogar ohne Ausgangsfilter aus.

Klasse-D-Verstärker sind aufgrund ihres guten Wirkungsgrads ganz besonders für tragbare Geräte ideal. Konventionelle Klasse-D-Verstärker haben ein Tiefpassfilter am Ausgang nötig, um aus dem pulsbreitenmodulierten Signalgemisch nur die niederfrequenten Audiosignale durchzulassen. Klasse-D wird daher auch immer mit der Problematik störender HF-Strahlung assoziiert. Auch Verzerrungen sind nicht einfach zu vermeiden. Doch glücklicherweise setzen sich zur Zeit neuere Verfahren durch, die diese Probleme reduzieren können und sogar Ausgangsfilter überflüssig erscheinen lassen. Letzteres reduziert den Platzbedarf und senkt gleichzeitig die Kosten - wichtig gerade bei mobilen Anwendungen.

Klasse-D

Ein kurzer Überblick über Klasse-D-Technik: Ein Klasse-D-Verstärker verstärkt das Signal nicht linear, wie das beim analogen Pendant der Fall ist (siehe **Bild 1**). Stattdessen wird in aller Regel Pulsbreitenmodulation (englisch PWM = **P**uls **W**idth **M**odulation) genutzt. Dabei wird das Tastverhältnis eines hochfrequenten Rechtecksignals von der analogen Audiospannung moduliert. Je breiter der Impuls, desto höher das modulierende Signal (siehe **Bild 2**). Bei höheren Trägerfrequenzen lässt sich am Ausgang das Nutzsignal einfacher ausfiltern. Allerdings bringen hohe Schaltfrequenzen schwieriger zu beherrschende HF-Abstrahlungen und in der Regel auch höhere Schaltverluste mit sich. Von daher werden für die Ver-

stärkung von Audiosignalen typischerweise Schaltfrequenzen zwischen 100 kHz und 2 MHz verwendet.

Das Tiefpassfilter am Ausgang dient einerseits der Reduktion der HF-Abstrahlung und mittelt andererseits das hochfrequente PWM-Signal zum (verstärkten) Audiosignal aus. Da so ein Filter nicht ohne Spule auskommt, braucht es Platz und erhöht die Kosten. Seine Nichtlinearitäten verursachen außerdem auch noch weitere Verzerrungen des Audiosignals.

Filterlos

Verständlicherweise orientieren sich Optimierungsbemühungen an dem Ziel, das Ausgangsfilter zu eliminieren. Der integrierte Klasse-D-Verstärker MAX9700 von Maxim verwendet solch ein filterloses Design (siehe Prinzipschaltung in **Bild 3**).

Diese Technik funktioniert wie folgt: Jede Halb-Brücke hat einen eigenen Komparator, weshalb jede der beiden Ausgangsstufen unabhängig angesteuert werden kann. Die Komparatoren der beiden Zweige werden nun vom Audiosignal im Gegentakt und von einem gemeinsamen Sägezahnsignal angesteuert. Wenn die Ausgänge der beiden Komparatoren gerade „Low“ sind, werden ihre beiden Verstärkerausgänge OUT+ und OUT- „High“. Dann geht auch der Ausgang des NOR-Gatters auf „High“, und über eine kleine Verzögerung durch das RC-Glied R_{ON}/C_{ON} werden die beiden Schalter S1 und S2 durchgesteuert. Dann werden beide Ausgänge schlagartig

wieder „Low“ und bleiben das, bis der nächste Zyklus beginnt. Ohne Eingangssignal sind also beide Ausgänge pro Periode lediglich für die kurze Verzögerungszeit $t_{ON}(min)$ „High“. Mit Audiosignal führt der Ausgang mit dem höheren Eingangssignal nur jeweils Impulse mit der Breite $t_{ON}(min)$ und der andere ein PWM-Signal mit um $t_{ON}(min)$ verbreiterten positiven Impulsen.

Ohne Eingangssignal gibt es also auch kein Differenzsignal am Ausgang. Mit Signal steht im Mittel an OUT+ eine um den Effekt von $t_{ON}(min)$ ins Positive verschobene positive Halbwelle des Ausgangssignals an (bezogen auf das Signal am positiven Eingang von Komparator A) und an OUT- entsprechend die um $t_{ON}(min)$ ins Positive verschobene Umkehrung der negativen Halbwelle. Das Differenzsignal am Ersatzschaltbild des Lautsprechers aus L_E (induktiver Anteil) und R_E (Realteil) entspricht dann wieder dem (verstärkten) Eingangssignal. Damit bildet der Lautsprecher selbst ein Tiefpassfilter mit der Grenzfrequenz:

$$f = 1/(2\pi \cdot L_E/R_E).$$

Bei den meisten Lautsprechern reicht dieser Tiefpass aus, um die HF-Energie klein zu halten und das NF-Signal wieder herzustellen. Ein zusätzliches Ausgangsfilter erübrigt sich, was ebenfalls dem Wirkungsgrad zugute kommt.

Energiespektrum

Typisch für Klasse-D-Verstärker ist die bei der Schaltfrequenz und deren Oberwellen abgestrahlte elektromagnetische Energie. Die steilen Flanken des PWM-Signals machen es nicht einfach, die EMV-Normen einzuhalten.

Ein speziell in neueren Schaltnetzteilen mehr und mehr eingesetztes Verfahren ist die so genannte Spread-Spectrum-Modulation. Dabei wird nicht mit einer konstanten Schaltfrequenz gearbeitet, sondern diese wird in zufälliger Weise und völlig unabhängig vom Tastverhältnis (= Nutzsinal-Modulation) variiert. Praktikabel ist eine Frequenzmodulation von etwa 10 % der Schaltfrequenz. Resultat ist, dass sich im Störspektrum keine scharfen Peaks aus Schaltfrequenz und ihren ungeradzahigen Oberwellen befinden. Die Störenergie verteilt sich durch die zufällige Frequenzmodulation über einen größeren Frequenzbereich. Da die mittlere Energie der Störsignale dabei gleich bleibt, ist die Energie bei bestimmten Frequenzen über die Zeit entsprechend geringer.

So wird erreicht, dass andere Geräte durch die HF-Abstrahlung über Lautsprecherkabel oder Versorgungsleitungen im Vergleich zu Klasse-D-Verstärkern mit fester PWM-Frequenz deutlich weniger gestört werden.

Obwohl die Spread-Spectrum-Modulation im Prinzip eine deutlich geringere Störstrahlung produziert, gilt das nur für kurze Lautsprecherleitungen. Mit der Leitungslänge steigt nämlich die Abstrahlungsfähigkeit im langwelligen HF-Bereich. Von daher muss die Länge des Lautsprecherkabels begrenzt sein, wenn so eine Verstärkeranlage

CE-tauglich sein soll. Oft hilft in solchen Fällen dann ein über die Leitung geschobener Ferritkern ein Stück weiter.

ERC

Es geht noch besser: Es gibt sogar aktuelle Verfahren, EMI (Electro Magnetic Interference) und Verzerrungen zu reduzieren, ohne Effizienzseinbußen in Kauf nehmen zu müssen. Eine Maßnahme gegen EMI ist das so genannte ERC (Edge Rate Control). Die Hauptursache für störende HF-Energie sind die steilen Schaltflanken des PWM-Signals. Vereinfacht gesagt gilt: Je steiler die Flanken, desto mehr HF-Störungen. Folglich kann man das Störpotential reduzieren, indem man die Flanken etwas weniger steil macht.

Man sollte diesen Weg aber nicht überstrapazieren, denn unterhalb bestimmten Flankensteilheiten hat das langsamere Schalten mehr Schaltverluste und damit eine geringere Effizienz zur Folge. Je länger sich die Ausgangstransistoren nämlich in der nicht idealen Phase zwischen vollkommen leitend und vollkommen sperrend befinden, desto mehr elektrische Energie wird nutzlos in Wärme umgesetzt. Außerdem nehmen Verzerrungen des Audiosignals zu, wenn das Schaltsignal vom idealen PWM-Signal abweicht.

Obwohl man mit ERC deshalb auch negative Einflüsse auf die Verstärkereigenschaften befürchten muss, sprechen die EMV-Vorteile für den maßvollen Einsatz von ERC in modernen Klasse-D-Verstärkern. Wenn man diese Technik optimal einsetzt, können HF-Störungen reduziert werden, ohne dass Schaltverluste und Verzerrungen im Vergleich zu Verstärkern ohne ERC zunehmen. Der Trick besteht darin, lediglich einen Teil der Schaltflanken „anzuschrägen“. Die entstehenden Fehler im Audiosignal werden durch interne Gegenkopplung korrigiert.

Anwendung

Auch wenn die beschriebenen Verfahren wesentlich zum EMI-armen Klasse-D-Verstärker beitragen, so muss man beim Aufbau eines solchen Verstärkers noch einige weitere Aspekte berücksichtigen. Wichtig ist zum Beispiel, dass auf der Platine des Verstärkers die analogen Eingänge und Signale von den Leiterbahnen mit digitalen Signalen möglichst ferngehalten werden. Neben der Vermeidung kapazitiver Kopplung ist besonders auch auf die magnetischen Effekte von Leitungen zu achten, über die impulsförmige hohe Ströme fließen. Besondere Sorgfalt gilt auch der Trennung der Masseleitungen von analogem und digitalem Teil des Verstärkers. Mit der Nachfrage nach leistungsstarken portablen Verstärkern nimmt auch die Verbreitung von Klasse-D-Verstärkern zu. Verbesserungen der Audioqualität und des EMV-Verhaltens ermöglichen die Realisierung von Verstärkern mit weniger strengen Layout-Regeln, weniger Bauteilen und geringeren Kosten. Die höhere Effizienz schont die Akkukapazität, ohne die Audioqualität einzuschränken. Von daher können Klasse-D-Verstärker in vielen Fällen eingesetzt werden, wo früher nur Klasse-AB-Technik in Frage kam.

(090557)

Jonglieren mit Audio-Bits

DSP für Audio-Individualisten

Von Harry Baggen (Redaktion NL)

Im Fokus vieler Audio-Individualisten steht die analoge Technik, denn im digitalen Umfeld ist der Spielraum für eigene Entwicklungen vergleichsweise begrenzt. Die erfolgreiche Arbeit mit DSPs setzt fundierte Kenntnisse dieser Materie voraus. Hinzu kommt, dass gute DSP-Entwicklungssysteme ihren Preis kosten. Einen alternativen Weg gehen die digitalen Module von miniDSP. Mit ihnen lassen sich ohne langwieriges Einarbeiten in die Digitale Signalverarbeitung auch komplexe Audio-Funktionen realisieren.

Individuelle Entwicklungen und Konstruktionen von Audio-Systemen gehören noch längst nicht der Vergangenheit an. Der Verstärker- und Boxen-Bau ist nach wie vor beliebt, das Anpassen käuflicher Systeme steht dem nicht nach. Auch wenn die Informations-träger und Lesesysteme (sprich: CD und CD-Player) digital arbeiten, bleibt noch ein weites Betätigungsfeld auf der analogen Seite offen. Allerdings bewegt sich der Trend hin zur vollständigen Digitalisierung, gekennzeichnet von digitalen Signalprozessoren und digitalen Endverstärkern. Für viele Audio-Individualisten ist dies ein steinigtes Terrain, auf dem es kaum noch Betätigungsfelder für die eigene Kreativität gibt. Andererseits gilt die digitale Audio-Technik als höchst spannendes Gebiet, weil sie (fast) unbegrenzte Möglichkeiten bietet. Als Beispiel sei eine digitale Frequenzweiche für ein aktives Boxensystem genannt, bei der sich Filtertypen, Übergangsfrequenzen, Steilheiten und Phasenlagen durch Mausklicks programmieren lassen.

Es sind zwar einige Systeme auf dem Markt, die Spielraum für eigene Entwicklungen bieten (beispielsweise die Verstärkermodule AS2.100 von Hypex, zu denen zwei digitale Endstufen und ein DSP für Filterung und Frequenzgangkorrektur gehören, oder das halbprofessionelle System Behringer DCX2496), doch die Auswahl ist begrenzt.

In Hongkong hat sich das noch junge Unternehmen miniDSP zum Ziel gesetzt, flexible und gleichzeitig preisgünstige digitale Audio-Komponenten auf den Markt zu bringen. Zielgruppen sind sowohl die Audio-Individualisten als auch die Audio-Gerätehersteller. Priorität haben unkomplizierte, übersichtliche Programmieroberflächen. Angeboten wird ein System aus DSP-Boards zusammen mit passenden Software-Komponenten, aus denen der Anwender wählen kann. Die Systemparameter werden bequem auf dem Bildschirm des PCs festgelegt. Das Eingeben der Eckfrequenzen und Steilheiten genügt, damit sich das DSP-Filter exakt wie vorgegeben verhält. Kenntnisse über interne Funktionen des DSP und die DSP-Programmierung sind nicht notwendig, der Anwender muss nicht einmal Spezialist der digitalen Audio-Technik sein.

Das „miniDSP“-Board ist im übertragenen Sinn das Sprungbrett, eine quadratische Karte mit den Abmessungen 7,5 mal 7,5 cm, auf der sich außer dem DSP auch mehrere Steckverbinder befinden. Dort können eine I/O-Karte mit digitalen Ein- und Ausgängen („miniDIGI“) sowie eine Karte mit vier digitalen Endstufen („miniAMP“) angeschlossen werden. Alle Karten haben identische Abmessungen, so dass sie bequem gestapelt und miteinander ver-

kabelt werden können. Mit so genannten „Audio Plugins“ wird die Funktionalität der DSP-Karte festgelegt, diese Plugins enthalten die in den DSP zu ladende Software. Zur Zeit stehen Plugins für Zweiweg- und Vierweg-Frequenzweichen mit Equalizer (eine einfache und eine komplexe Version) sowie ein Mixer mit grafischem 31-Band-Equalizer zur Verfügung. Das Entwickler-Team in Hongkong arbeitet mit Hochdruck an der Erweiterung der Palette. Die Plugins werden mit Adobe Air geladen, das zuvor auf dem PC installiert werden muss. Ein doppelter Mausklick genügt, um den Ladevorgang zu starten.

Kartentrümpfe

Das zweifellos wichtigste Bauteil auf der miniDSP-Karte (**Bild 1**) ist der ADAU1701 von Analog Devices, ein DSP, der speziell für Audio-

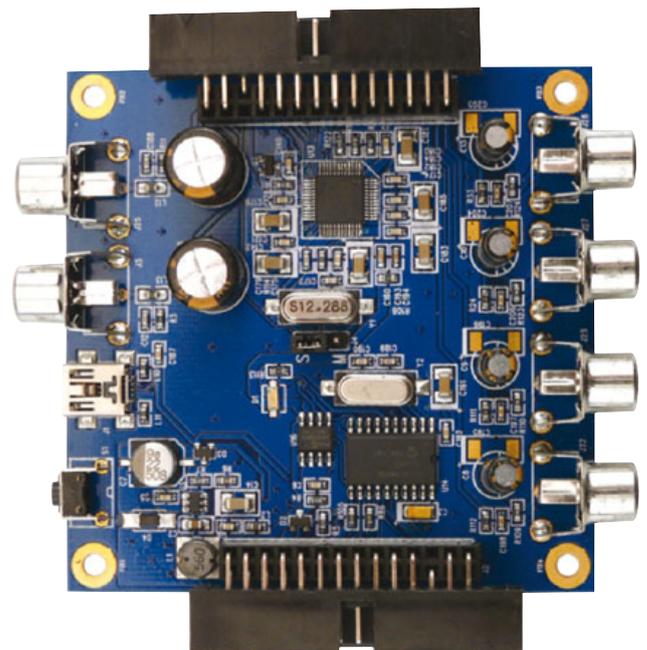
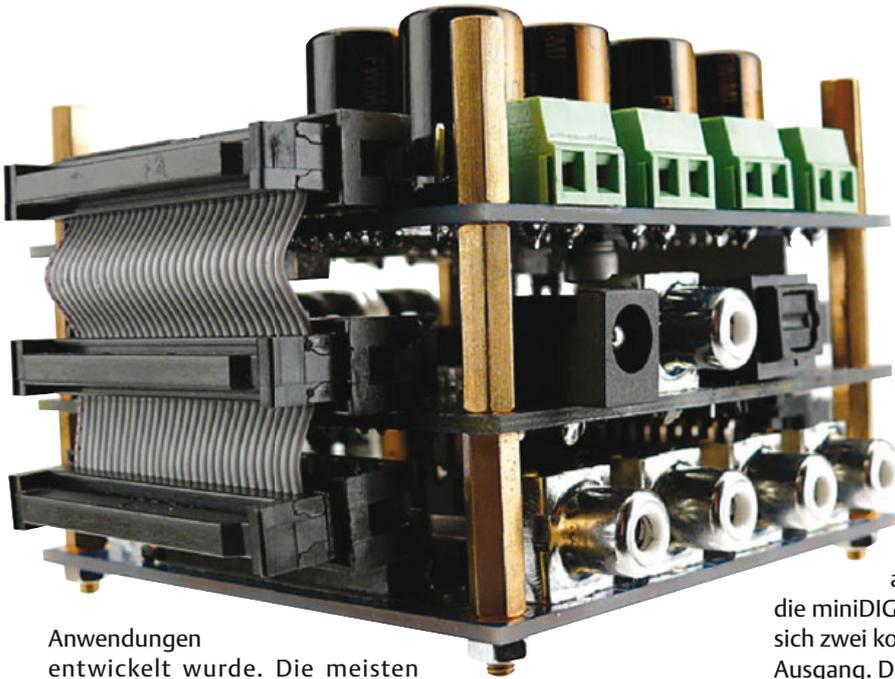


Bild 1. Die miniDSP-Karte hat zwei analoge Eingänge und vier analoge Ausgänge.



Anwendungen entwickelt wurde. Die meisten Rechenoperationen führt der DSP im 56-bit-Modus mit doppelter Präzision durch. Außer dem eigentlichen DSP hat der ADAU1701 mehrere 24-bit-A/D- und D/A-Wandler an Bord, die nach dem Sigma-Delta-Verfahren arbeiten und daher einen weiten Dynamik-Bereich bieten. Das DSP-Programm wird beim Einschalten der Betriebsspannung aus einem separaten seriellen EEPROM in den DSP kopiert. Ferner befindet sich ein Mikrocontroller PIC18F14K50 auf der Karte, er sorgt für die Kommunikation zwischen dem DSP und dem PC über eine USB-Schnittstelle. Verbindungen zu anderen Audio-Komponenten können unkompliziert über Cinch-Buchsen (zwei Eingänge, vier Ausgänge) hergestellt

werden. Die Karte ist mit hoch qualitativen Elkos von Nichicon bestückt, ihr Einfluss auf die analogen Signale ist vernachlässigbar gering. An zwei Kartenseiten befinden sich Steckverbinder, über die alle relevanten Signale zu anderen miniDSP-Karten geführt werden können. Ein herkömmliches Potentiometer, mit dem die DSP-interne Lautstärke eingestellt werden kann, lässt sich dort ebenfalls anschließen.

Wenn digitale Ein- und Ausgänge benötigt werden, beispielsweise um die Signale eines CD-Players ohne Umwege zu verarbeiten oder verarbeitete Signale an andere Systemkomponenten weiter zu leiten, kommt die miniDIGI-Karte (**Bild 2**) zum Einsatz. Auf dieser Karte befinden sich zwei koaxiale und zwei optische Eingänge sowie ein optischer Ausgang. Die Karte ist wahlweise ohne Übertrager oder mit Übertrager für die koaxialen Eingänge erhältlich. Zentrale Komponente ist der Samplefrequenz-Wandler SRC43821 von TI. Er rechnet Signale mit Samplefrequenzen bis 216 kHz auf die Samplefrequenz 48 kHz um, mit dieser Frequenz arbeitet der DSP. Mit einem Jumper ist unter vier Eingängen der aktive Eingang wählbar, von einem anderen Jumper hängt ab, welches Signal zu den digitalen Ausgängen durchgeschaltet wird (beispielsweise das Eingangssignal oder das vom DSP verarbeitete Signal). Die Karte ist auch in der Lage, das S/PDIF-Eingangssignal von Jittereffekten zu befreien. Die dritte zur Zeit erhältliche Systemkomponente ist die miniAMP-Karte (**Bild 3**). Auf der Karte befinden sich vier digitale Verstärker,

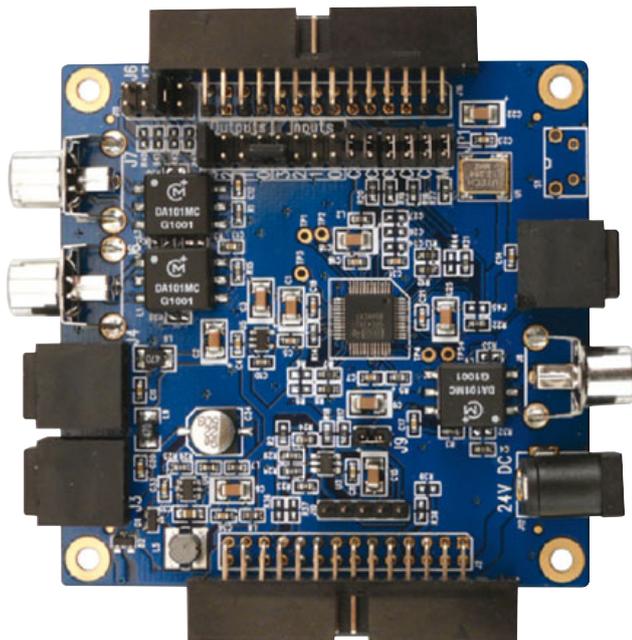


Bild 2. Auf der miniDIGI-Karte befindet sich ein Samplefrequenz-Wandler, zusammen mit zahlreichen digitalen Eingängen und Ausgängen.

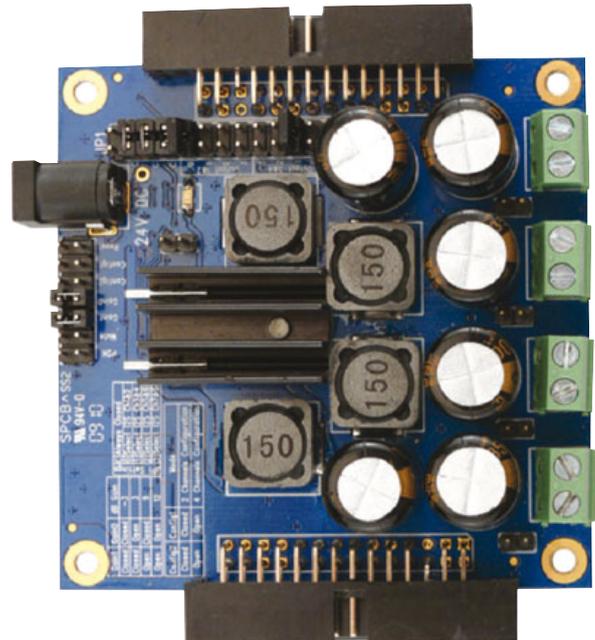


Bild 3. Ein vierfacher Klasse-D-Endverstärker-Baustein ist Mittelpunkt der miniAMP-Karte. Die Endverstärker können auch als Brücken geschaltet werden.

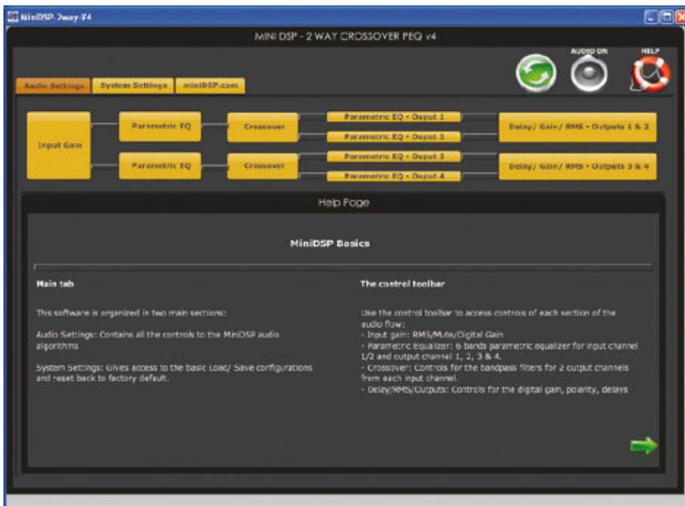


Bild 4. Die Software auf dem Bildschirm. Hinter den Funktionsblöcken verbergen sich die Einstellungen, sie werden beim Anklicken eingblendet.



Bild 5. Hier wurden die Einstellungen der Frequenzweiche aufgerufen. Einstellbar sind der Filter-Typ, die Eckfrequenz und die Steilheit. Ferner ist eine Bandfilter-Konfiguration wählbar.

die in Stereo-Konfiguration als Brücken geschaltet werden können. Der Endverstärker-Baustein ist der TAS5704, der ebenfalls von TI stammt. Die Ausgangsleistungen betragen $4 \cdot 10 \text{ W}$ an 4Ω oder in Brückenschaltung $2 \cdot 20 \text{ W}$ an 8Ω . Wegen des Klasse-D-Betriebs liegt der Wirkungsgrad nahe 90 %, so dass zur Wärmeabfuhr der Miniatur-Kühlkörper genügt, der auf der Karte montiert ist. Die Nichicon-Elkos auf der Ausgangsseite werden in der Brücken-Konfiguration nicht benötigt, in dieser Betriebsart können sie mit Jumpern überbrückt werden. Da der TAS5704 digitale Audio-Eingangssignale verarbeitet, haben die D/A-Wandler des DSP-Bausteins keine Funktion. Die Ausgangsleistungen sind zwar nicht überwältigend, bei Entwicklungsarbeiten leisten die vier Endverstärker trotzdem unverzichtbare Dienste. Nach Ankleben der Lautsprecherboxen können die Ergebnisse der DSP-Verarbeitung unmittelbar beurteilt werden.

Die Karten haben identische Abmessungen und identische Montagebohrungen, so dass sie über Abstandshalter zu einem „Sandwich“ verschraubt werden können. Zum Lieferumfang gehören diverse Flachkabel, sie stellen die Verbindungen zwischen den Karten her. Die Stromversorgung der miniDSP-Karte kann der USB-Port des PC übernehmen. Die miniDIGI-Karte und die miniAMP-Karte sind mit Standard-Buchsen für den Anschluss von Steckernetzteilen ausgestattet. Bei der miniDSP- und miniDIGI-Karte darf die Betriebsspannung 4,5...24 V betragen, die miniAMP-Karte arbeitet an 12...24 V.

Verbinden und Messen

Für unseren Labortest haben wir ein Kit bestellt, das alle drei Karten (miniDSP, miniDIGI und miniAMP) enthält. Wir haben uns für die miniDSP-Version mit dem Eingangssignalbereich 2 V entschieden, an die beispielsweise CD-Player unmittelbar angeschlossen werden können. Parallel dazu bietet der Hersteller eine Version mit der Empfindlichkeit 0,9 V an, ihr kann im Bedarfsfall ein externer Spannungsteiler vorgeschaltet werden. Wie das Titelfoto zeigt, sind die Karten untereinander über kurze Flachkabel verbunden. Der Erwerb eines vollständigen Kits ist nicht zwingend notwendig, normalerweise wird man nur die Komponenten anschaffen, die für das geplante Vorhaben erforderlich sind. Ein Beispiel: In aktive

Lautsprecherboxen sollen digitale Frequenzweichen mit analogen Eingängen integriert werden, die vorhandenen Endstufen werden beibehalten. In diesem Fall reicht die miniDSP-Karte aus. Wenn auch die Eingänge digital sein sollen, wird zusätzlich die miniDIGI-Karte benötigt. Die miniAMP-Karte ist ein kaum verzichtbares Zubehör, wenn umfangreiche Tests mit unterschiedlichen Boxen durchgeführt werden sollen.

Die Karten kommen voll funktionsfähig ins Haus, so dass nur noch die Signale und die Betriebsspannungen angeschlossen werden müssen. Allerdings sind vor der Inbetriebnahme diverse Jumper in Position zu bringen. Insbesondere auf der miniDIGI-Karte befindet sich eine Vielzahl, unter anderem für die Verbindungen der I²S-Signale zwischen den Platinen, was auf den ersten Blick verwirrend sein kann. Nützliche Hilfestellung leistet die Website des Herstellers, dort hat miniDSP eine ebenso detaillierte wie umfassende Beschreibung einschließlich diverser Konfigurationsbeispiele veröffentlicht. Die Software und die Dokumentation werden kontinuierlich auf dem neuesten Stand gehalten, sogar während der relativ kurzen Dauer unserer Tests erschienen mehrere kleine Updates.

Für unsere erste Bekanntschaft mit dem miniDSP-System hatten wir das Zweifweg-Filter mit integrierten parametrischen Equalizern gewählt, es erschien uns als Testprojekt besonders geeignet.

Unser Messplatz Audio Precision II diente zum Prüfen, Messen und Testen des miniDSP-Systems und der Applikation, die Betriebsspannung (24 V) lieferte ein leistungsstarkes Labornetzgerät. Zuerst wurden alle Filter in der Software auf linearen Verlauf gestellt, damit ein Vergleich der originalen Signale mit den vom DSP verarbeiteten Signalen möglich war. Danach haben wir an die miniDIGI-Karte ein digitales Signal gelegt. Die an den analogen DSP-Ausgängen gemessenen Signalverzerrungen lagen mit etwa 0,005 % bei 1 kHz und fast 100 % Aussteuerung ungewöhnlich niedrig. Als wir auf die analogen DSP-Eingänge umschalteten, so dass auch die A/D-Wandler in die Kette einbezogen waren, änderte sich der Wert nur geringfügig. Das linear gemessene Signal-Rausch-Verhältnis lag bei mehr als 90 dB, ein Wert, der mit den von Analog Devices für den ADAU1701 propagierten Daten übereinstimmt.

Die Klasse-D-Verstärker auf der miniAMP-Karte arbeiten mit Schalt-



Bild 6. Die parametrischen Equalizer der Zweigweg-Frequenzweiche erlauben bis zu sechs Korrekturen (Frequenz, Signalniveau, Q-Faktor). Hier wurde eine leichte Bassanhebung realisiert.

frequenzen um 400 kHz (variierend mit der Sample-Frequenz des Eingangssignals), die Signalreste an den Ausgängen lagen bei akzeptablen 100 mV_S. Die harmonischen Verzerrungen bei Single-Ended-Konfiguration betragen ungefähr 0,07 % (100 Hz und 1 kHz, 1 W an 8 Ω). Bei 1 % THD und 24 V Betriebsspannung haben wir die Ausgangsleistungen 14,5 W an 4 Ω und 8 W an 8 Ω gemessen. Diese Werte entsprechen den von TI angegebenen Werten. In Brückenschaltung haben wir die Ausgangsleistungen nicht gemessen, sie dürften aber 20 W an 8 Ω betragen.

Testprojekt

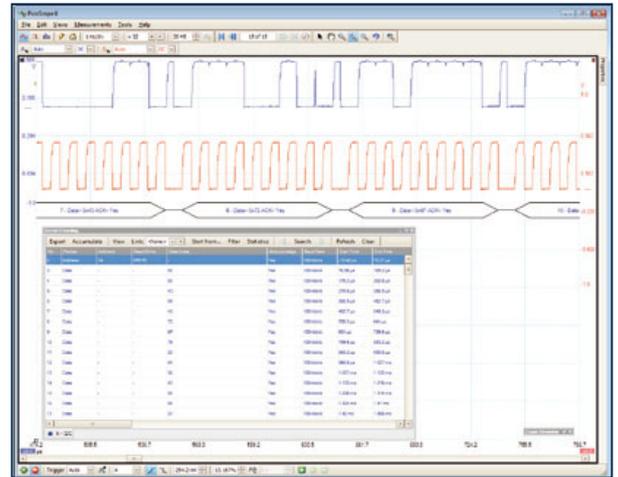
Nun war es an der Zeit, die Software zu installieren, um herauszufinden, wie sich unser Testprojekt in die Praxis umsetzen lässt. Nach der Installation von Adobe Air (Runtime-Version, kostenlos bei Adobe) und dem Download des Plugins für das Zweigweg-Filter von der miniDSP-Website genügte ein doppelter Mausklick auf die heruntergeladene Datei. Die nächsten Schritte liefen ohne weiteres Zutun ab, gleichzeitig wurden auch Shortcuts angelegt. Danach mussten wir nur noch die Mini-USB-Buchse der miniDSP-Karte über ein Kabel mit dem PC verbinden.

Nach dem Programmstart erscheint zuerst der Tab „Audio Settings“, er zeigt eine schematische Darstellung der Software-Funktionen. Der Tab „System Settings“ ist für einige allgemeine Aktionen zuständig, zum Beispiel die Wahl des Eingangssignals (analog oder digital), das Aktivieren eines externen Volume-Einstellers und das Speichern und Laden von Konfigurationen (im XML-Format). Alle Einstellungen können mit einem Mausklick gespeichert werden, und auch die Rückkehr zu den Standard-Einstellungen ist möglich. Ferner gibt es einen dritten Tab, der auf die Website von Hersteller miniDSP führt. Die Oberflächen der anderen miniDSP-Plugins sind identisch gestaltet.

Nach Klicken auf eine Funktion im Tab „Audio Settings“ werden die dazugehörigen Parameter eingeblendet. Bei der Zweigweg-Frequenzweiche lässt sich zuerst die Abschwächung des Eingangssignals festlegen, danach folgt für jeden Kanal ein parametrischer Equalizer mit sechs Einstellwerten. Die nächsten Einstellungen betreffen die Übernahme-Charakteristiken, dort sind für jeden Treiber der Filter-Typ,

BEZAHLBARES KNOW-HOW

DIE PC-OSZILLOSKOP-REIHE VON PICO TECHNOLOGY



BANDBREITE
20 MHz bis 12 GHz



ABTASTRATEN
50 MS/s bis 5 GS/s



SPEICHER
8 kS bis 1 GS

AUFLÖSUNG
8 bis 6 bit

PREISE
150 € bis 9060 €

Neueste Software-Updates:
I²C & CAN-Bus-Dekodierung,
Mask-Limit-Test, erweiterte Triggermöglichkeiten,
digitale Tiefpassfilterung, Schnelltriggerung

www.picotech.com/scope2025

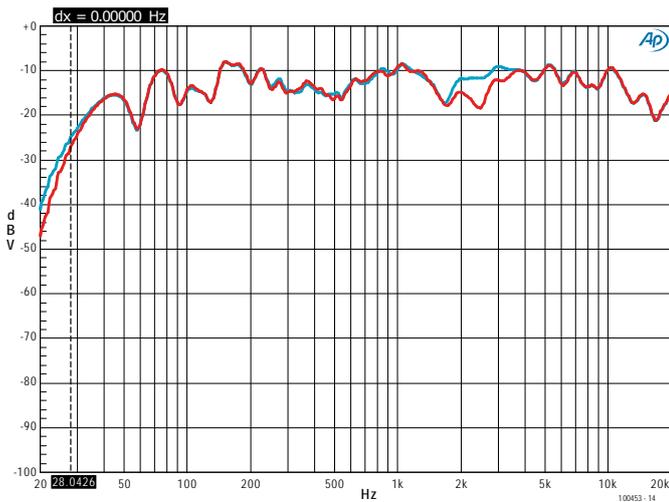


Bild 7. MLS-Messung, bei der die Laufzeitdifferenz zwischen Woofer und Tweeter in kleinen Schritten verändert wurde: Rot = Keine Laufzeitdifferenz, blau = Laufzeitdifferenz 0,2 ms (etwa 7 cm).

die Eckfrequenz und die Steilheit wählbar. Als Filter-Typen stehen Bessel, Linkwitz-Riley (12, 24 und 48 dB/Oktave) sowie Butterworth (6...48 dB/Oktave) zur Wahl. Jedes Filter kann zu einem Bandpass erweitert werden, beispielsweise um empfindliche Woofer vor zu tiefen Bässen zu schützen, oder um ein Zweiweg-System mit einem bereits vorhandenen aktiven Subwoofer zu kombinieren. Es folgt ein parametrischer Sechsband-Equalizer, mit dem individuelle Korrekturen der Treiber vorgenommen werden können. Die letzten Einstellungen beziehen sich auf die Abschwächung und das Laufzeitverhalten der einzelnen Treiber, was insbesondere bei Linkwitz-Riley-Filtern von Bedeutung ist. In diesem Fall müssen nämlich die akustischen Zentren von Woofer und Tweeter genau übereinander angeordnet sein. Korrekturen sind in weiten Grenzen möglich, sie reichen bis 7,5 ms (mehr als 2,5 m).

Nachdem die Einstellungen vorgenommen sind, ist der grüne Button „Synchronize“ anzuklicken. Das Programm stellt dann die USB-Verbindung zur miniDSP-Karte her und kopiert die Daten in ihren Speicher. Falls nötig wird auch noch die DSP-Firmware aktualisiert. Sobald der Vorgang beendet ist, verschwindet der grüne Button, was zunächst etwas befremdlich erscheint. Sind von nun an keine weiteren „Synchronisationen“ möglich? Doch natürlich, alle folgenden Änderungen werden in Echtzeit zur miniDSP-Karte übertragen, sie werden sofort wirksam. Zwischen PC und miniDSP-Karte besteht gewissermaßen eine „Live“-Schaltung. Im Verlauf unseres Testprojekts konnten wir beispielsweise das Signalniveau des Tweeters verändern und sogar mit der Laufzeitdifferenz zwischen Woofer- und Tweeter-Signal experimentieren! Beim Schließen des Programms auf dem PC bleiben die zuletzt vorgenommenen Einstellungen im Speicher der miniDSP-Karte erhalten.

Nach Abschluss der beschriebenen Arbeiten können die Karten zusammen mit den Endverstärkern und Stromversorgungen in die Boxen eingebaut werden. Wie schon erwähnt, leistet die miniAMP-Karte während der Entwicklungsphase gute Dienste. Im Endprodukt sollten vielleicht etwas leistungsstärkere Endverstärker noch höherer Qualität eingesetzt werden.

Voll überzeugt

Das miniDSP-System ist maßgeschneidert, um auf unkompliziertem Weg in kürzester Zeit Audio-Systeme zu entwickeln, die mit analogen Komponenten wesentlich schwieriger und aufwändiger realisierbar wären. Als typisches Beispiel sei eine aktive Frequenzweiche mit Laufzeitkorrektur und mehreren Frequenzgang-Korrekturen genannt. Kenntnisse der DSP-Technik bleiben hier völlig außen vor, allerdings muss der Anwender Kenntnisse auf dem Gebiet des Boxen-Entwurfs einschließlich Filter-Anwendungen mitbringen. Doch solche Kenntnisse und Erfahrungen hat jeder Entwickler, der sich mit dem Entwurf von Lautsprechersystemen beschäftigt. Das Einstellen der DSP-Parameter am PC verläuft völlig problemlos, es verleitet dazu, vieles zu erproben, an das ursprünglich nicht gedacht war. Wenn die definitiven Parameter gefunden sind, kann die miniDSP-Karte zusammen mit dem passenden Endverstärker und der Stromversorgung in die Box eingebaut werden. Falls noch nicht alles perfekt ist, sind nachträgliche Korrekturen überhaupt kein Problem, ein PC ist über USB schnell angeschlossen.

Trotz seiner ausgereiften Technik und seiner zahllosen Möglichkeiten ist das miniDSP-System erschwinglich. Die meisten typischen Anwendungen kommen mit der miniDSP-Karte und dem benötigten Plugin aus, was mit 99 US-\$ plus 10 US-\$ zu Buch schlägt. Eine miniDSP-Karte kann zwar zwei Zweiweg-Lautsprecherboxen steuern, doch meistens dürfte es praktikabler sein, jede Box mit einer eigenen miniDSP-Karte auszustatten. In dieser Konfiguration haben beide miniDSP-Karten genügend Rechenkapazität, um auch Vierweg-Filter realisieren zu können. Die Audio-Qualität der miniDSP-Karte braucht keinen Vergleich zu scheuen. Es ist jedoch vorstellbar, dass der eine oder andere Audio-Enthusiast noch höher hinaus möchte und andere A/D- und D/A-Wandler den im DSP integrierten Exemplaren vorzieht. Auch dem steht dank der I²S-Ein- und I²S-Ausgänge nichts im Weg. Der größte Pluspunkt ist jedoch die absolut unkomplizierte Anwendung der DSP-Technik im Audio-Bereich zu einem attraktiven Preis.

(100453)gd

Weblink

www.minidsp.com

Herstellerepreise

miniDSP-Karte Rev. A (0,9 V) oder Rev. B (2,0 V): 99 US-\$

minDIGI-Karte Rev. A ohne S/PDIF-Übertrager: 55 US-\$

minDIGI-Karte Rev. A mit S/PDIF-Übertrager: 60 US-\$

miniAMP-Karte: 60 US-\$

Audio-Plugins: Jeweils 10 US-\$

Ferner werden mehrere kombinierte Pakete angeboten.

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



Wählen Sie unter

www.cc-access.com/subs

Ihr gewünschtes
Abonnement aus!

12 Original-Ausgaben jährlich für nur

Print: 63 US-Dollar

Digital: 38 US-Dollar

Print + Digital: 90 US-Dollar

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

Alternatives Drehzahlmessen

Der Motorstrom als Drehzahlindikator

Von Ernesto Vázquez Sánchez und Jaime Gómez Gil (E)

Gleichstrommotoren sind elektromechanische Wandler mit umkehrbarer Funktion, sie arbeiten wahlweise als Motor oder Generator. Die Doppelfunktion spiegelt sich bereits in der Umkehrbarkeit der Gesetze von Faraday und Lorenz wider. Auf ihrer Grundlage lässt sich ein Messsystem realisieren, das die Drehzahl eines Gleichstrommotors aus dem hindurchfließenden Strom ableitet. Wir beschreiben eine vielseitig verwendbare Methode.

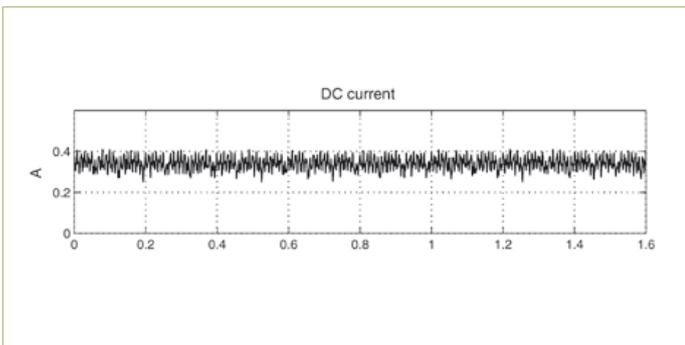


Bild 1. Strom eines Gleichstrommotors in Abhängigkeit von der Zeit.

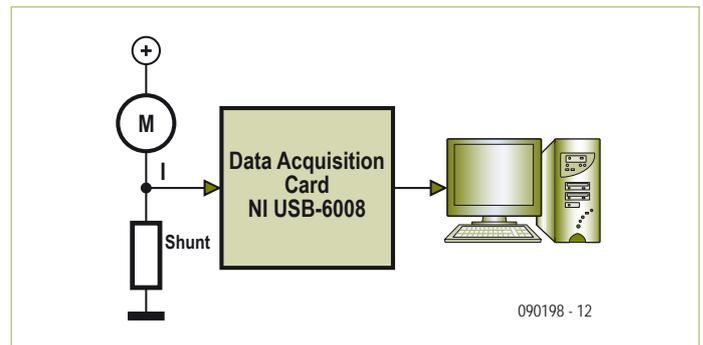


Bild 2. Schematische Darstellung des Testsystem-Aufbaus.

Die fortschreitende Automatisierung hat dazu geführt, dass zahllose Bewegungsabläufe heute nicht mehr von Hand, sondern von Motoren ausgeführt werden. Ein alltägliches Beispiel ist das Öffnen und Schließen eines Seitenfensters im Auto. Wo früher eine Kurbel von Hand betätigt werden musste, genügt heute der Druck auf einen Taster, der einen Gleichstrommotor in Gang setzt. Gleichstrommotoren und ihre Varianten (Schrittmotoren und bürstenlose Motoren) werden vorwiegend dort eingesetzt, wo es auf das genaue Abbilden eines Bewegungsablaufs oder die präzise Positionierung eines Objekts ankommt. Der Leistungsbedarf und der Wirkungsgrad des Motors stehen hier an zweiter Stelle. Der verbreitete Einsatz von Gleichstrommotoren ist nicht zuletzt darauf zurückzuführen, dass sich diese Motoren unkompliziert steuern lassen. Viele Applikationen, in denen Gleichstrommotoren arbeiten, verwenden eine Drehzahlsteuerung über einen Regelkreis. Der Istwert

Tabelle 1. Eigenschaften des Gleichstrommotors EMG30.	
Parameter	EMG30
Nennspannung	12 V
Stromaufnahme ohne Last	530 mA
Nenndrehzahl	3000 r.p.m.
Widerstand (R_a)	1,8 Ω
Motorkonstante (c)	0,0178 V/r.p.m.

wird mit einem Fühlerelement gemessen, beispielsweise mit einem Tachogenerator, einem Digitalencoder oder einem Hallensensor. Seinen Platz hat der Fühler entweder auf der Motorachse oder in unmittelbarer Nähe, vorzugsweise nahe der Last. Drehzahlsteuerungen mit derartigen Sensoren erhöhen nicht nur die Kosten, sondern

haben auch nachteiligen Einfluss auf die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems.

Ohne solche Fühlerelemente kommt das System aus, wenn eine Methode angewendet wird, die sich auf das Messen des Motorstroms stützt. Ausgangsgröße ist die Elektromotorische Kraft (EMK), die bei der Drehbewegung in der Rotorwicklung entsteht. Wenn sich der Rotor in einem konstanten magnetischen Feld dreht, ist die EMK sinusförmig. Der auf dem Rotor befindliche Kommutator richtet die EMK gleich. Nach der Gleichrichtung bleibt eine niedrige Wechselfrequenz übrig, deren Höhe proportional zur Anzahl



Bild 3.
Ansicht des realen Testaufbaus.

der Rotorwicklungen ist. Die Frequenz dieser Wechselspannung ist ein Maß für die Motordrehzahl. Der Zusammenhang geht aus Gleichung (1) hervor, in der f die Frequenz der überlagerten Wechselspannung ist, sie soll hier „Welligkeitsfrequenz“ (Ripplefrequenz) genannt werden.

$$f = \frac{2pk_d n}{60\eta} \quad (1)$$

In der Gleichung ist p die Anzahl der Motor-Polpaare, k_d ist die Anzahl der Polpaare des Rotors, n steht für die Motordrehzahl in rpm, und η ist der größte gemeinsame Teiler von $2p$ und k_d . Das Diagramm in **Bild 1** zeigt den Verlauf eines Stroms, der durch den getesteten Gleichstrommotor fließt. Der Strom besteht aus einer etwa 0,3 A betragenden gleichförmigen Komponente sowie einer wechselförmigen Komponente mit dem Spitze-Spitze-Wert 0,1 A.

Versuchsaufbau

Der Aufbau des Testsystems ist schematisch in **Bild 2** dargestellt.

Testobjekt ist ein Gleichstrommotor des Typs EMG30, seine Eigenschaften sind in **Tabelle 1** zusammengefasst. Der Motorstrom wird über einen Shunt-Widerstand gemessen, dessen Wert 20 m Ω beträgt. Eine Datenakquisitionskarte (NI USB-6008) wertet die am Shuntwiderstand abfallende Spannung aus. Die maximale Abtastfrequenz dieser Datenakquisitionskarte beträgt 10 kHz. Die Karte stellt vier differenzielle analoge Eingänge zur Verfügung, die sich so konfigurieren lassen, dass der Eingangsspannungsbereich $\pm 1 \dots \pm 20$ V beträgt. Im Versuchsaufbau wird nur ein Eingang belegt.

Die Karte ist über USB mit einem PC verbunden, der die angelieferten Informationen verarbeitet und daraus die Motordrehzahl berechnet. Als PC wurde ein Notebook mit Intel-T8300-Prozessor, 3 GB Arbeitsspeicher und 320-GB-Festplatte und Windows Vista als Betriebssystem verwendet. Darauf war als Entwicklungsumgebung LabVIEW 8.5. installiert. **Bild 3** zeigt ein Foto des realen Versuchsaufbaus.

Algorithmen

Die Funktionen, die von den Algorithmen der Software übernommen werden müssen, sind schematisch in **Bild 4** dargestellt: Auf den Welligkeitsdetektor folgen ein Frequenzmesser und ein Konverter.

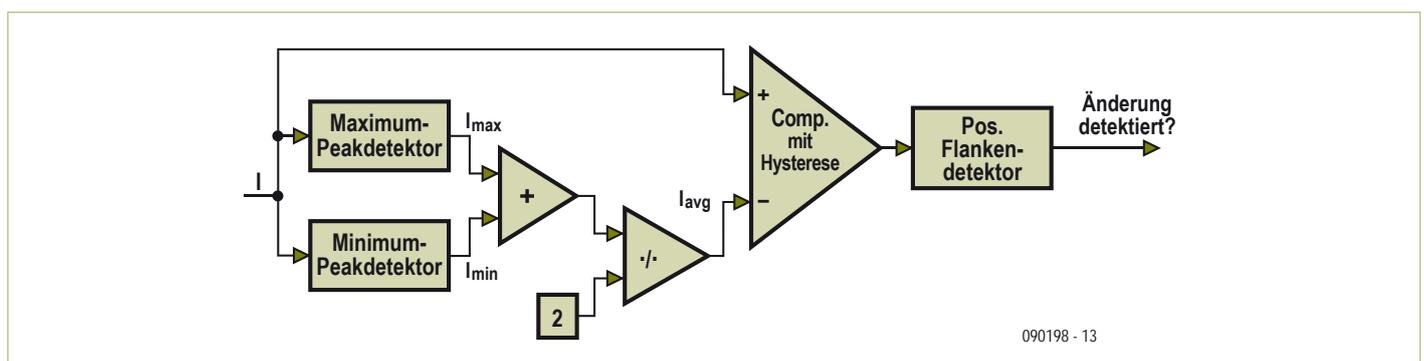


Bild 4. Die hier dargestellten Funktionen werden von der Software übernommen.

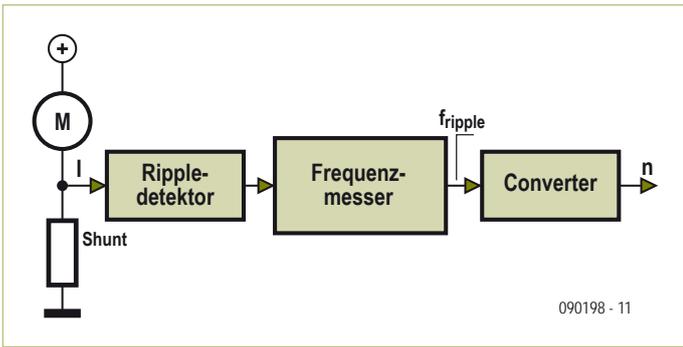


Bild 5. Funktionsschema des Welligkeitsdetektors.

Der Welligkeitsdetektor erkennt die Stromänderungen und bereitet sie für den Frequenzmesser auf. Der Frequenzmesser ist in der Lage, die Periode beliebiger periodischer Signale zu messen. Er liefert den Frequenzwert der wechselförmigen Komponente, die dem Motorgleichstrom überlagert ist. Der Converter rechnet die Welligkeitsfrequenz in die Motordrehzahl um.

Welligkeitsdetektor

Dieser Block hat die Aufgabe, die Periodenstarts der überlagerten wechselförmigen Größe (Ripple) zu erkennen. In Bild 5 wird die am Shunt-Widerstand abgegriffene Spannung parallel zwei Spitzendetektoren zugeführt. Ein Detektor ist für die positiven Spitzen des wechselförmigen Signalanteils zuständig, der andere Detektor übernimmt diese Aufgabe für die negativen Spitzen. Mithilfe der Spitzendetektor-Ausgangssignale kann sich der Welligkeitsdetektor dynamisch und ohne störenden Verzug an Schwankungen der Spitzenwerte anpassen.

Anschließend wird aus dem Maximal- und Minimalwert der Mittelwert gebildet und mit dem Gesamtwert des Stroms verglichen. Den Vergleich nimmt ein hysteresebefahter Komparator vor. Die Hyste-

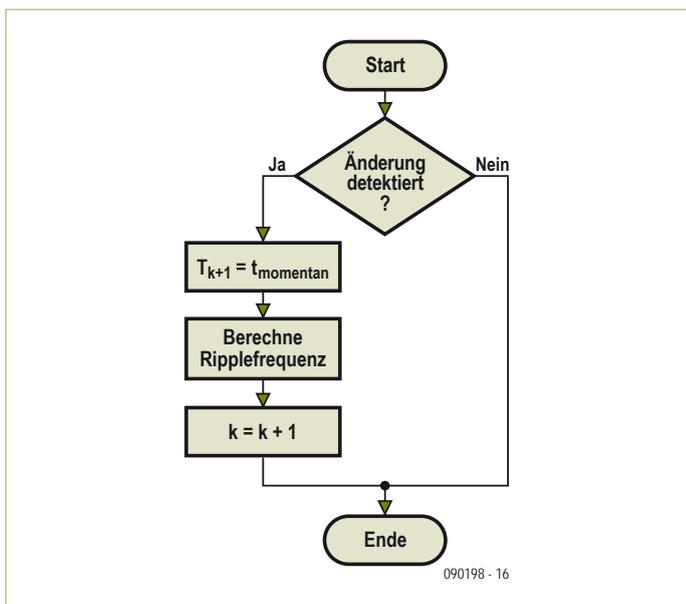


Bild 6. Flussdiagramm des Algorithmus, der die Welligkeitsfrequenz bestimmt.

rese bewirkt, dass niedrige Störsignale einflusslos bleiben. Das rechteckförmige Komparator-Ausgangssignal gelangt zum Eingang eines Flankendetektors. Wenn das abgetastete Signal bei der vorangegangenen Abtastung niedrig war und jetzt hoch ist, geht der Ausgang des Flankendetektors für die Dauer eines Taktimpulses auf TRUE.

Anzumerken ist hier, dass das System die anfallenden Informationen in Echtzeit verarbeitet. Wenn der Flankendetektor den Wert TRUE liefert, bedeutet dies, dass der Signalsprung zum Zeitpunkt der Abtastung bereits stattgefunden hat.

Frequenzmesser

Dieser Algorithmus berechnet aus den Umschaltzeiten die Motordrehzahl, sein Flussdiagramm ist in Bild 6 skizziert. Zuerst wird geprüft, ob ein Signalsprung stattgefunden hat. Falls das nicht zutrifft, folgt keine weitere Aktion. Wenn ein Signalsprung stattfand, wird sein Zeitpunkt T_{k+1} an eine Liste angehängt, die eine bestimmte Anzahl vorangegangener Umschaltzeiten enthält. In der Liste ist k die Anzahl der erkannten Umschaltzeiten.

Nachdem das geschehen ist, folgt das Berechnen der Welligkeitsfrequenz f mit der Näherungsgleichung (2). Dort ist N die Anzahl der Umschaltzeiten, deren Mittelwert aus (3) hervorgeht, f_k ist die Welligkeitsfrequenz, die beim letzten erkannten Umschaltzeitpunkt ermittelt wurde, f_{k+1} ist die aktuelle Welligkeitsfrequenz, und T_p ist das Zeitintervall, über das der Mittelwert als Integer-Zahl gebildet wird. Am Schluss steht das Erhöhen des Wertes k um 1, er gibt die Anzahl der erkannten Umschaltzeitpunkte an.

$$f_{k+1} = \frac{N}{\sum_{i=0}^{N-1} T_{k+1-i} - T_{k-i}} \tag{2}$$

$$N = \lceil T_p f_k \rceil \tag{3}$$

Der beschriebene Algorithmus ist geeignet, die Motordrehzahl zuverlässig zu messen. Wenn T_p geschickt gewählt wird, ist das System in der Lage, auch schnellen Drehzahländerungen ohne Verzug zu folgen.

Konverter

Der Converter berechnet aus der Welligkeitsfrequenz die Drehzahl des Gleichstrommotors in Umdrehungen pro Minute (rpm). Der angewendete Algorithmus ist die Beziehung (1).

Testergebnisse

Die Tauglichkeit der beschriebenen Methode wurde in verschiedenen Praxistests überprüft. Zuerst wurden der mittlere Fehler und die Fehlerabweichung gemessen, dabei lief der Motor mit konstanter Drehzahl. Anschließend wurde die Motordrehzahl linear, also mit konstanter Beschleunigung variiert. Unter diesen Bedingungen wurden der Fehler und die Verzögerung gemessen. In der dritten Testphase wurde die Drehzahl sprunghaft geändert. Gemessen wurde

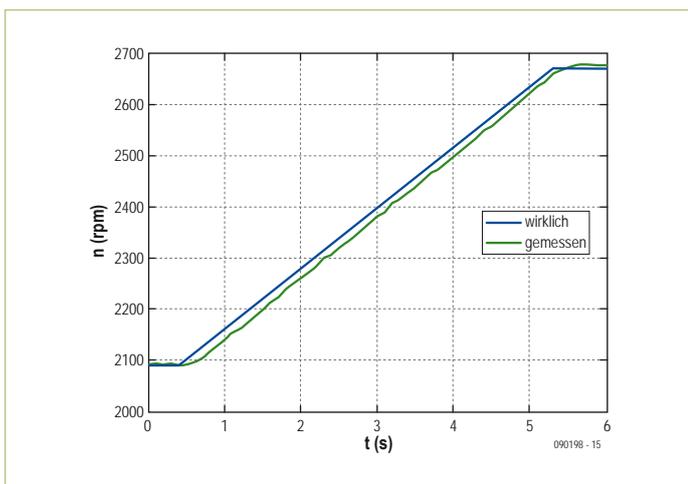


Bild 7. Messwertverlauf bei linearer Drehzahländerung.

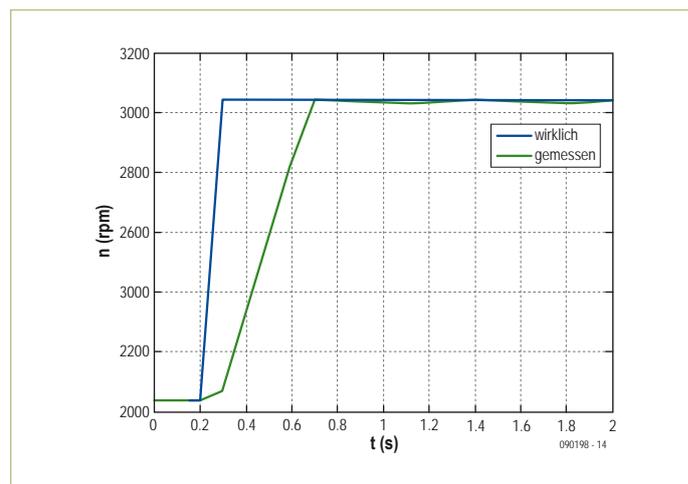


Bild 8. Messwertverlauf bei sprunghafter Drehzahländerung.

die Zeit, die bis zur Anzeige der korrekten Drehzahl verging. Die Testergebnisse sind in **Tabelle 2** angegeben.

Das Diagramm in **Bild 7** gibt das Ergebnis bei linear variiert Drehzahl wieder. Die gemessene Drehzahl folgte der Drehzahländerung mit dem mittleren Fehler 17,30 rpm, die Abweichung betrug 8,90 rpm. Die zeitliche Verzögerung lag bei 0,2 s, was bei vielen Applikationen vernachlässigbar sein dürfte. Der Messfehler, der bei sprunghafter Drehzahländerung auftrat, ist in dem Diagramm dargestellt, das **Bild 8** zeigt. Die Zeit bis zum Erreichen des Endwerts betrug etwa 0,4 s.

Fazit

Es wurde ein Verfahren zum Bestimmen von Drehzahlen bei Gleichstrommotoren beschrieben, das die Drehzahl ausschließlich aus dem Motorstrom ableitet. Im Testaufbau wurde ein PC eingesetzt, doch das ist nicht zwingend notwendig. Der Welligkeitsdetektor lässt sich auch mit Operationsverstärkern realisieren. Für die beiden anderen Stufen genügt ein kostengünstiger Mikrocontroller, es ist auch denkbar, dass der für die Motorsteuerung zuständige Mikrocontroller diese Aufgabe zusätzlich übernimmt. An dem realisierten System wurden umfangreiche Tests durchgeführt. Die Ergebnisse gewährleisten einen erfolgreichen Einsatz in einer Vielzahl von Applikationen. Die Vorteile des beschriebenen Verfahrens liegen auf der Hand: Die Motorachse bleibt frei von Sensoren oder anderen Objekten, die Kosten des Gesamtsystems sind niedriger und die Fehlerwahrscheinlichkeit wird verringert. Die beschriebene Methode der Drehzahlmessung kann als gleichwertige Alternative zu anderen Methoden betrachtet werden, die

mit Sensoren unterschiedlichster Art arbeiten. Es können auch Multiplexverfahren zum gleichzeitigen Messen der Drehzahlen mehrerer Motoren angewandt werden, was mit konventionellen Messsystemen nicht möglich ist.

(090198)gd

Tabelle 2. Fehler der Drehzahlmessungen am EMC30.

Tatsächliche Drehzahl (r.p.m.)	Mittlerer Fehler (r.p.m.)	Abweichung (r.p.m.)
500	676,18	157,82
721	117,60	73,47
1023	1,86	7,91
1242	0,74	3,74
1516	0,23	5,08
2015	0,19	4,86
2514	0,30	5,75
3021	1,28	5,97
3502	1,96	7,15
4037	0,06	4,36
4492	0,50	7,31
5000	0,51	9,69
5518	1,27	11,94

Die Autoren

Jaime Gómez-Gil, Jahrgang 1971, stammt aus Aguilar de Bureba in Spanien. Im Jahr 2000 schloss er sein Studium an der Universität Valladolid im Fach Telekommunikation ab. Anschließend war er dort als Lehrbeauftragter mit den Schwerpunkten Signal- und Kommunikationstheorie tätig. Die Promotion folgte im Jahr 2005. Spezielle Arbeitsgebiete sind GPS-Applikationen für die Landwirtschaft, sensorlose Verfahren bei Motoren, das „Künstliche Sehen“ (artificial vision) und die „Erweiterte Wirklichkeit“ (augmented reality).

Ernesto Vázquez-Sánchez, Jahrgang 1985, wurde in Plasencia, Spanien geboren. Er studierte ebenfalls an der Universität Valladolid, wo er 2008 sein Studium im Fach Telekommunikation und 2010 ein Zweitstudium im Fach Elektronik abschloss. Die Promotion ist für die nahe Zukunft geplant. Seine Arbeitsgebiete an der Universität Valladolid sind seit 2009 die Signal- und Kommunikationstheorie sowie die Telematik. Sein besonderes Interesse gilt der Forschung im Bereich der Telekommunikation sowie den sensorlosen Verfahren bei Motoren.

Resistives Bolometer

Werfen Sie Ihre Glühlampen noch nicht in den Müll!

Von Matthieu Denoual, Julien Gasnier und Sylvain Lebargy (F)

Wenn Ihre Leuchten mit modernen, stromsparenden Leuchtmitteln ausgestattet sind, hat Ihr Glühlampenvorrat nicht zwangsläufig ausgedient. Wir schlagen Ihnen den Bau eines Strahlungsmessers nach dem Prinzip des resistiven Bolometers vor. Die Bezeichnung „Bolometer“ ist mit dem griechischen Wort „βολη“ verwandt, das „Wurf“ oder „Strahl“ bedeutet. Ein Bolometer ist ein Sensor, der für den Infrarot-Bereich empfindlich ist und insbesondere in Thermokameras sowie in Systemen für die Weltraumbeobachtung Verwendung findet. Dort wird der Sensor auf sehr niedrige Temperaturen gekühlt, das thermische Rauschen wird gesenkt und die Empfindlichkeit steigt. Ferner kommen dort supraleitende Materialien zum Einsatz.

Ein resistives Bolometer besteht aus einem Absorptionskörper, der die Strahlung auffängt, und einem temperaturempfindlichen Messwiderstand. Das System ist gegen die Umwelt thermisch isoliert. In **Bild 1** erwärmt die Strahlung den Absorptionskörper, so dass auch die Temperatur des in der Nähe befindlichen Messwiderstands steigt. Bei thermischem Gleichgewicht stimmen die Temperaturen des Absorptionskörpers und des Messwiderstands überein, sie liegen um einige Grad über der Umgebungstemperatur. Ein Maß für die Intensität der Strahlung ist die Widerstandsänderung. Da ein konstanter Strom I fließt, muss lediglich der Spannungsabfall an Widerstand R_m gemessen werden. Die Empfindlichkeit eines solchen Sensors lässt sich wie folgt ausdrücken:

$$S = \eta \cdot \alpha \cdot I \cdot R_m \cdot R_{th}$$

Darin ist η ein Materialfaktor der Absorptionskörpers, α ist der Temperaturkoeffizient des Widerstands (TCR, *Temperature Coefficient of Resistance*) und R_{th} ist der thermische Widerstand, der zwischen dem Messsystem (Absorptionskörper und Widerstand) und der Umwelt vorhanden ist.

Die Glühlampe arbeitet hier als Strahlungsmesser nach dem Vorbild des Radiometers. Der mattschwarze Glühwendel aus Wolfram dient gleichzeitig als Absorptionskörper und Messwiderstand. Da der TCR des Wolfram bei 0,48 %/K liegt, ist sogar eine relativ hohe Empfindlichkeit zu erwarten. Das inerte Gas in der Glühlampe, beispielsweise Stickstoff oder ein Edelgas wie Xenon oder Argon, sorgt für die thermische Isolation und damit für einen hohen R_{th} -Wert. Die Glühlampenfassung, deren Temperatur etwa gleich der Umgebungstemperatur ist, übernimmt die Rolle der Strahlungsquelle.

Unser Bolometer arbeitet mit zwei Glühlampen: Eine Glühlampe misst die Strahlung, während die andere Glühlampe als Referenz dient. Der paarweise Einsatz hat den Vorteil, dass die Umgebungstemperatur das Messergebnis nicht beeinflusst. Die Glühlampen werden, wie **Bild 2** zeigt, in einem zylinderförmigen Gehäuse unter-

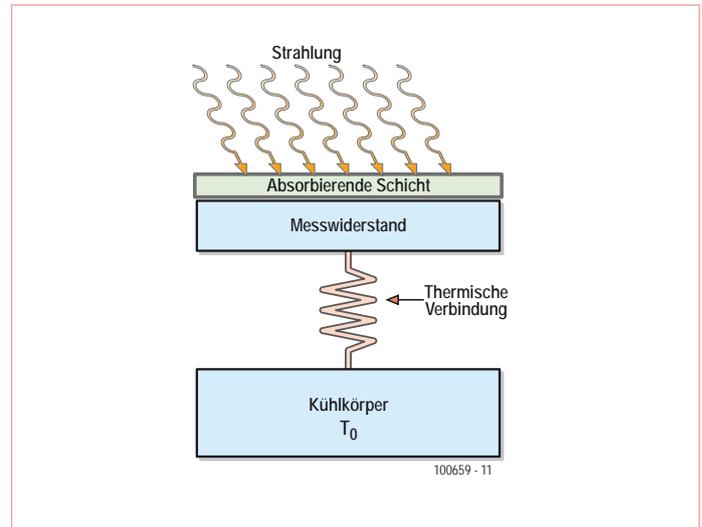


Bild 1. Prinzip eines Bolometers.

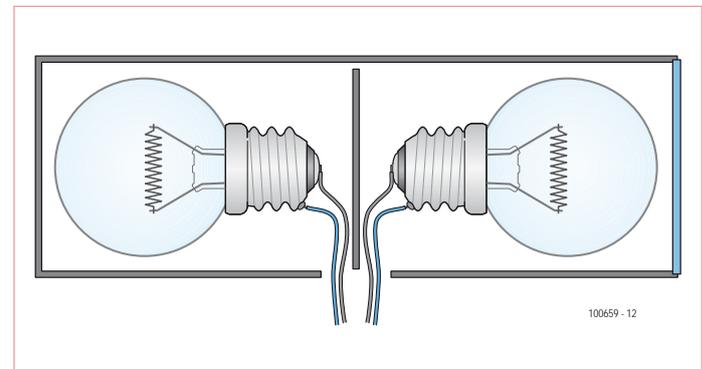


Bild 2. Mechanischer Aufbau.

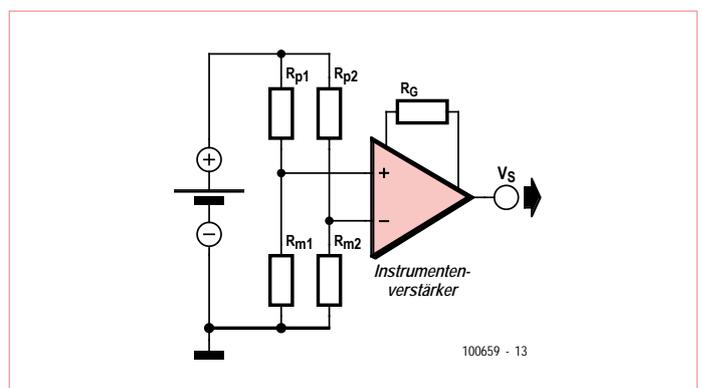


Bild 3. Die Widerstandswege müssen symmetrisch sein.

gebracht, das auf einer Seite offen ist. In der zugehörigen Schaltung (**Bild 3**) sind R_{p1} und R_{p2} zwei Präzisionsmesswiderstände, R_{m1} und R_{m2} sind die Glühlampen. Die beiden Widerstandszweige müssen unbedingt elektrisch symmetrisch sein. Falls die Glühlampenwiderstände voneinander abweichen, können die Zweige durch Anpassen eines Messwiderstands (R_{p1} oder R_{p2}) ins Gleichgewicht gebracht werden. Die Spannungen an den Verbindungspunkten steuern einen Instrumentenverstärker, beispielsweise einen Opamp AD620. Die Verstärkung muss mit R_G auf mindestens 1000 eingestellt werden. Durch Variieren des Stroms im Bereich von etwa 1...10 mA lässt sich die Empfindlichkeit beeinflussen. Beim Betrieb an einem Netzteil besteht die Gefahr, dass Fremdsignale die Funktion stören. Deshalb empfehlen wir, für die Stromversorgung eine Batterie zu verwenden.

Was jetzt noch fehlt, ist eine geeignete Strahlungsquelle: Eine Leuchte mit konventioneller Glühlampe, ein eingeschalteter LötKolben oder auch eine heiße Tasse Kaffee. Am Ausgang muss ein Signal erscheinen, wie es **Bild 4** zeigt.

(100659)gd

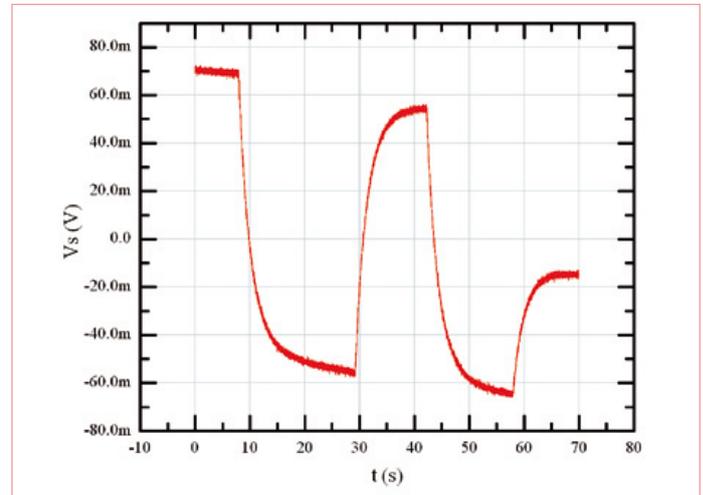


Bild 4. Ausgangssignal beim Annähern und Entfernen einer Strahlungsquelle.

Anzeige

Elektor auf der **electronica** 2010 in München 09.11. – 12.11.2010

Besuchen Sie den Elektor-Stand auf der electronica 2010 in München vom 09.11. – 12.11.2010!
Nutzen Sie die Gelegenheit zum Kontakt mit der Redaktion und informieren Sie sich über unsere neuesten Entwicklungen und Projekte!

Sie finden uns in

Halle A5 / Stand 531

(Neue Messe München)

Öffnungszeiten:

Dienstag bis Donnerstag 09.11. bis 11.11. von 09:00 – 18:00 Uhr

Freitag 12.11. von 09:00 – 17:00 Uhr

Wir freuen uns auf Ihren Besuch!



Weitere Infos unter www.elektor.de

Leuchtturmfeuer

Drehlicht ohne Drehen

Von Leo Szumylowycz (D)

Modellbauern ist es ein Anliegen, den Effekt der Leuchtturmbefuerung möglichst realistisch nachzubilden. Eine tatsächlich rotierende Minilampe ist sehr aufwendig und erfordert viel Platz. Ähnliches gilt auch für ein LED-Lauflicht, das optisch noch weniger befriedigt. Der Leuchtturm-Lichteffekt der hier vorgestellten Schaltung wurde

ursprünglich per Software mit einem Mikrocontroller erzeugt. Dem Autor ist es aber gelungen, diesen Effekt mit ähnlich geringem Bauteilaufwand auch ohne Mikrocontroller zu erzielen.



Das Drehen des Reflektors im echten Leuchtturm wird vom Betrachter als langsame Helligkeitszunahme wahrgenommen, so lange sich der Lichtstrahl auf ihn zubewegt. Im Moment, in dem der Lichtstrahl den Standort des Betrachters passiert, nimmt die Helligkeit blitzartig zu und dann sofort wieder ab.

Um dies zu simulieren, muss man die Helligkeit eines Lämpchens (oder einer LED) periodisch an- und abschwellen lassen, was elektrisch einem Dreiecks-Signal entspricht. Diesem Dreiecksignal überlagert man dann noch im Maximum einen kräftigen Impuls, um die Lampe kurz aufblitzen zu lassen.

In der Schaltung (Bild 1) wurde der Dreiecksgenerator mit einem Doppel-Opamp (IC1A und IC1B) realisiert. Eigentlich ist es ein Dreieck-/Rechteckgenerator. IC1A ist als Komparator geschaltet und IC1B als Integrator, dessen Ausgang auf den Eingang des Komparators über R5 zurückgekoppelt ist. Dadurch entsteht am Ausgang von IC1A ein Rechtecksignal und am Ausgang von

IC1B ein Dreiecksignal. Beim Maximum des Dreiecksignals wechselt der Pegel am Aus-

gang von IC1A von Low auf High. Diese Flanke triggert über C2 und T2 das Timer-

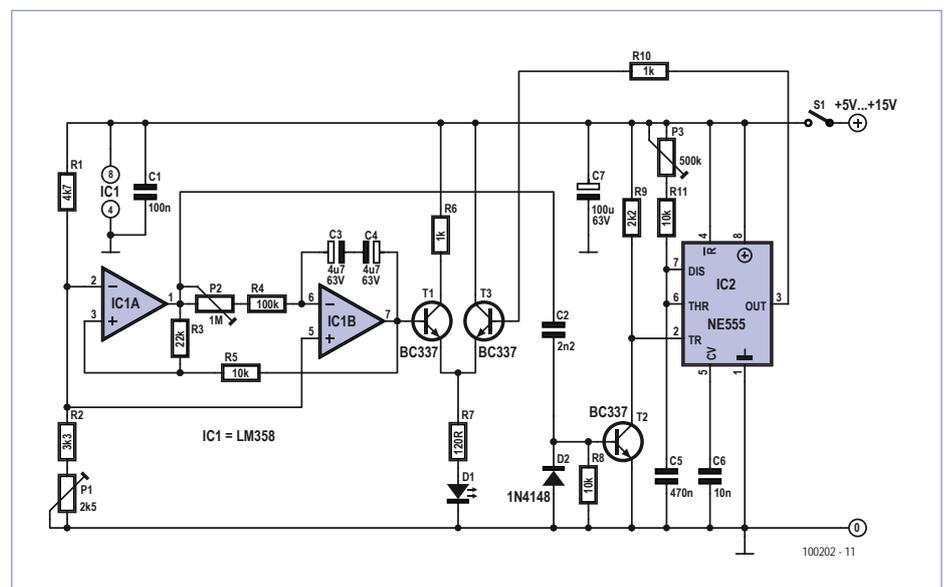


Bild 1. Die Schaltung besteht aus einem Zwei-Opamp-Dreieckgenerator mit zusätzlichem 555 als Monoflop.

IC 555 (IC2), das als Monoflop geschaltet ist und an seinem Ausgang einen kurzen Impuls liefert. Dieser Impuls steuert T3 auf, der dann kurzzeitig den Strom durch die LED D1 kräftig erhöht. Mit P3 lässt sich die Dauer des Aufblitzens der LED einstellen, während P2 die Frequenz des Dreiecksignals (die simulierte Umlaufdauer des Drehlichts) bestimmt. Mit P1 im Spannungsteiler des Komparators kann man die Amplitude des Dreiecksignals und damit den Helligkeitsverlauf beeinflussen. Damit ist es möglich, eine Dunkelzeit (Auszeit) der LED einzustellen. Beim echten Leuchtturm ist das die Phase, in der sich der Lichtstrahl in der auf der vom Betrachter abgewandten Seite befindet. Der Helligkeitsverlauf der LED ist also nacheinander:

Dunkelzeit – zunehmende Helligkeit – kurzes Aufblitzen – abnehmende Helligkeit – Dunkelzeit und so weiter.

Aufbau

Die Schaltung lässt sich mit den angegebenen Bauteilwerten auch ganz gut ohne Platine aufbauen. **Bild 2** zeigt den Testaufbau aus dem Elektor-Labor. Bei dem weiten Betriebsspannungsbereich von 5 – 15 Volt muss man auf die Dimensionierung der

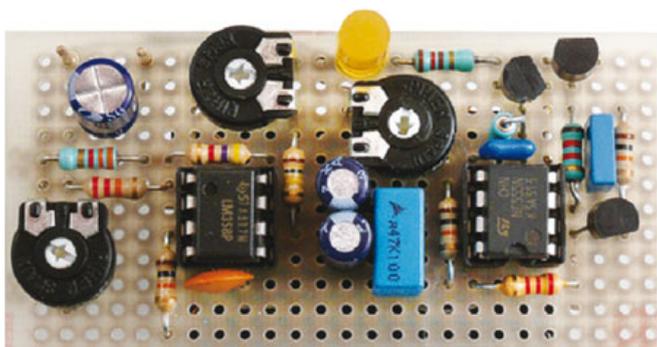


Bild 2. Testaufbau der Schaltung im Elektor-Labor.

LED-Vorwiderstände (R6 und R7) achten und diese an den maximalen LED- bzw. Lampenstrom anpassen. Für T1 und T3 kann man auch NPN-Transistoren mit höherem maximalem Kollektorstrom einsetzen. Die angegebenen BC337 haben einen I_{Cmax} von 800 mA, so dass sich auch sehr helle LEDs und Glühlämpchen ansteuern lassen. Für T2 reicht auch ein BC547.

Beim Elektor-Musteraufbau wurde R6 mit 56Ω (statt 1 k) bestückt. Bei Verwendung einer gelben LED wurde bei 12 V Betriebsspannung eine Stromaufnahme von minimal 2,73 mA und max. 17 mA gemessen.

(100202)

Event-Kalender

Workshops • Seminare • Masterclasses



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



PIC18-Mikrocontroller-Programmierung

München 20.10.2010
www.elektor.de/pic18

Messen, Steuern, Regeln (MSR) über das Internet

München 21.10.2010
 Frankfurt am Main 28.10.2010
www.elektor.de/msr-workshop

AVR-Mikrocontroller in der Praxis

München 22.10. + 23.10.2010
www.elektor.de/avr-workshop

Eagle PCB und Design

Dortmund 29.10.2010
www.elektor.de/eagle-seminar

Grafische PIC-Programmierung mit Flowcode

Dortmund 29.10.2010
www.elektor.de/pic-flow

Praxis des Gitarren-Röhrenverstärkers

Leipzig 30.10.2010
www.elektor.de/gitarren-roehren

CC2-ATmega

Hannover 06.11.2010
www.elektor.de/cc2-atmega

Fahrzeugdiagnose in der Praxis

Regensburg 13.11.2010
www.elektor.de/fahrzeugdiagnose

Grafische AVR-Programmierung mit Flowcode

Seligenstadt 04.12.2010
www.elektor.de/avr-flow

PIC-Mikrocontroller-Programmierung in C

Seligenstadt 09.12. + 10.12.2010
www.elektor.de/pic-prog

Elektor auf der electronica 2010

München 09.11. bis 12.11.2010
 Halle A5, Stand 531

NEU!

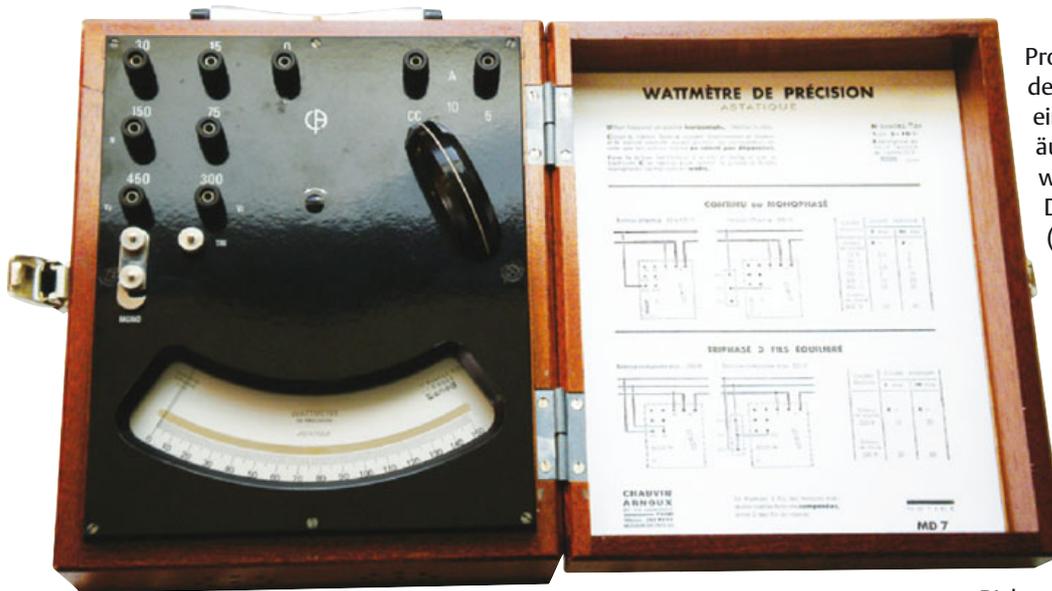
events

Änderungen vorbehalten.

Weitere Infos unter

www.elektor.de/events

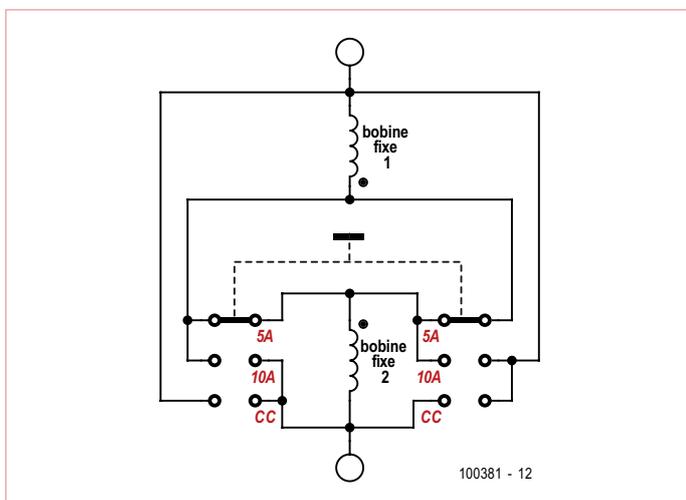
Das astatische Präzisions-Wattmeter



Von Jean-Marc Dubrunfaut (Frankreich)

Seit dem berühmten Kompass, der von André-Marie Ampère vor fast zwei Jahrhunderten „Galvanometer“ getauft wurde, gab es zwei Nachfolger für die Messung elektrischer Größen. Eine Variante ist die Kombination der Idee einer von Strom durchflossenen Wicklung um eine Magnetnadel mit Ampères astatischem System (zwei mechanisch gekoppelte Magnetnadeln mit gegensätzlicher Polung, was den Einfluss des Erdmagnetfelds neutralisiert – nur eine Nadel wird vom Magnetfeld des zu messenden Stroms tangiert). Die bekanntere Variante „Drehspulinstrument“ ist das Gegenteil: Hier bewegt sich kein Magnet in einer Spule, sondern eine Spule in einem Magnetfeld.

Wenn man nun diese beiden Prinzipien kombiniert, indem man eine Spule beweglich im Magnetfeld einer anderen Spule positioniert, dann entspricht die resultierende Auslenkung der inneren Spule dem



Schaltverdrahtung.

Produkt der beiden Ströme durch die beiden Spulen. Mit anderen Worten: Man hat einen analogen Multiplizierer vor sich. Die äußere statische Spule besteht üblicherweise aus wenigen Windungen dickeren Drahts und ist elektrisch in Serie zum DUT (Device Under Test) geschaltet, dessen Leistung erfasst werden soll. Die bewegliche Spule hat viele Windungen aus dünnem Draht und ist parallel zum DUT geschaltet. Die äußere Spule ist also die Stromwicklung und die innere die Spannungswicklung. So ist ein elektrodynamisches Wattmeter aufgebaut.

Anders als ein so genanntes Drehspulinstrument kann ein Drehspulinstrument nur Gleichströme messen, da die Auslenkung auch von der

Richtung des Stromflusses abhängt. Doch im

Falle eines Wattmeters dreht sich bei Wechselstrom passend zu den Verhältnissen der inneren Spule auch der Stromfluss und somit das Magnetfeld in der äußeren Spule synchron um. Von daher ist Gleich- oder Wechselstrom für so ein Instrument egal. Noch besser: Der angezeigte Wert entspricht der Wirkleistung! Die Auslenkung des Zeigers entspricht ja dem Produkt von Strom und Spannung. Aufgrund der mechanischen Trägheit und möglicher zusätzlicher Dämpfungsmaßnahmen erscheint die Anzeige stetig statt pulsierend. Man erhält daher die Anzeige des Mittelwerts der Wirkleistung, also $U \times I \times \cos(\phi)$ im Falle einer sinusförmigen Wechselspannung.

Man muss demnach keine speziellen Techniken einsetzen um die Werte von AC- und DC-Komponenten passend zu integrieren, denn das ist „schon eingebaut“. Allerdings gibt es zu beachten, dass - im Gegensatz zu modernen Digitalmessgeräten - die Frequenz des Wechselstroms in engen Grenzen gehalten werden muss. Bei zu niedrigen Frequenzen fängt der Zeiger aufgrund zu geringer Dämpfung an zu oszillieren. Bei zu hohen Frequenzen verfälschen die induktiven Anteile der Spulen das Messergebnis. Der brauchbare Frequenzbereich solcher Drehspulwattmeter liegt bei einigen hundert Hertz. Beim MD7 sind 50 Hz angegeben, doch nach unseren Tests ist es bis etwa 500 Hz verwendbar. Nicht-sinusförmige Signale werden aufgrund höherfrequenter Oberwellen ebenfalls ungenau gemessen. Doch bei niedrigeren Frequenzen und speziell bei 50 Hz ist die Messung auch für geclippte Sinuswellen oder rechteckige Kurvenformen genau genug.

Die in der Regel isolierten und getrennten Wicklungen für I und U haben einige Vorteile: Man kann sie für Stromfehler- und für Spannungsfehlerschaltung konfigurieren, was angesichts der Impedanz der Spannungswicklung von $5 \text{ k}\Omega$ keine schlechte Idee ist. Weiter: Bei Messungen an Trafos kann man die Spannung auf der Primärseite und den Strom auf der Sekundärseite messen oder umgekehrt – das Übersetzungsverhältnis sollte allerdings berücksichtigt werden. Auf diese Weise lassen sich die zur Verfügung stehenden Messbereiche an das Messobjekt anpassen. Die getrennten Wicklungen ermöglichen auch eine Messbereichserweiterung mit Messtrafos. Dadurch können – ähnlich wie bei einer Stromzange - sehr hohe Stromwerte gemessen werden.

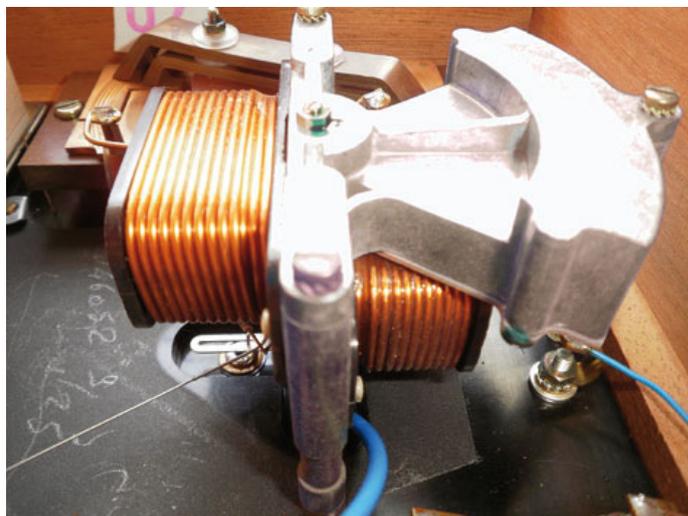
MD7 von Chauvin-Arnoux

Die astatische Wirkung setzt zwei gegeneinander positionierte bewegte Spulen voraus, was den Einfluss eines sie gemeinsam durchdringenden Magnetfelds eliminiert. Sie bewegen sich im Einflussbereich von zwei ebenfalls gegeneinander angeordneten statischen Spulen. Um den Einfluss des Erdmagnetfelds und auch der Streumagnetfelder von Motoren, Generatoren oder Trafos auszuschalten, werden letztlich insgesamt vier Spulen benötigt. Die Frage liegt nahe, ob der Aufwand gerechtfertigt ist und ob es eine ordentliche magnetische Abschirmung nicht auch täte. Außer der langjährigen Erfahrung der Messgerätehersteller legt auch die Logik nahe, dass die Abschirmung aufgrund der auftretenden Wirbelströme die Messungen beeinträchtigen würde. In einem Metallgehäuse würden aufgrund der sich ändernden Magnetfelder der Spulen zum Teil nichtlineare Wirbelströme mit entsprechender Gegeninduktion erzeugt werden. Holz und Bakelit haben also weniger ästhetische Gründe: Die effektivste technische Maßnahme besteht in der Vermeidung von soviel Metall wie möglich, auch wenn das auf den ersten Blick nicht unbedingt zwingend erscheint.

Darüber hinaus nutzten die Entwickler das Vorhandensein der doppelten stationären Spulen systematisch aus: Man kann sie wahlweise in Serie oder parallel schalten und erhält so die beiden Messbereiche 5 A und 10 A. Das ist noch nicht alles: Der Wahlschalter offeriert noch eine dritte, mysteriös mit „CC“ beschriftete Position. Davon steht nichts in der Beschreibung und es gibt es auch keinen Maximalstrom hierfür.

In Stellung CC wird der Strom schlicht an den Stromwicklungen vorbeigeleitet. Das Kürzel CC steht im Französischen für „courant continu“, was ins Englische übersetzt „DC“ – also Gleichstrom – heißen würde, aber de facto hier nicht gemeint ist. Es steht einfach für einen Kurzschluss: der Strom fließt direkt. Die astatische Konstruktion hat zur Folge, dass ein MD7 wie ein synchroner Demodulator arbeitet. Auch in einer magnetisch „verseuchten“ Umgebung spricht es nur auf den Strom an, der durch das DUT fließt. Das gilt auch für dessen Frequenz. Das MD7 reagiert weder auf statische noch dynamische Felder anderer Frequenz. Nur wenn das DUT selbst magnetische Felder produziert beeinflusst das die Messung. In diesem Fall hilft die Stellung CC, denn so kann man allein die Wirkung der Störfelder des DUT erfassen und von der eigentlichen Messung subtrahieren. Genial, nicht wahr?

Diese tollen Eigenschaften erkaufte man sich aber mit gravierenden Nachteilen: So ein Messgerät ist sehr erschütterungsempfindlich. Vor einer Messung sollte man es auf eine waagrechte Oberfläche stellen (Wasserwaage). Und der Trick mit der Erfassung von Störgrößen via CC funktioniert nur, wenn man bei den Messungen weder Messgerät noch Messobjekt bewegt. Das Wichtigste: Man muss sehr vorsichtig sein und eine Überlastung des Messgeräts unbedingt vermeiden. Bei niedriger Spannung kann die angezeigte Leistung durchaus moderat sein und dennoch der zulässige Strom schnell massiv überschritten werden. Analoges gilt für kleine Ströme und (zu) hohe Spannungen. Ein drittes Problem taucht auf, wenn die Wirkleistung im Verhältnis zur Scheinleistung klein ist: Ist die Phasenverschiebung nahe 90°, können Strom oder Spannung auch bei nur kleiner angezeigter Leistung zu groß sein. Wenn man Pech



Die statischen Wicklungen sind zur Vermeidung von Kopplungen versetzt angeordnet.

hat, brennen die Spulen für Strom und Spannung dann gleichzeitig durch. Außerdem ist der mit dem Messkreis verbundene dreistufige Umschalter nicht so ganz mit modernen Anforderungen nach IEC1010 kompatibel...

(100381)



Die Vorwiderstände sind flach gewickelt, um die Induktivität klein zu halten, was dem Frequenzbereich zugute kommt. Sie sind genau abgeglichen. Mit 14 Widerständen für sechs Messbereiche und einer Verteilung der Last ist dafür gesorgt, dass an keinem Widerstand mehr als 1,5 W anfallen. Außerdem ist so die thermische Drift synchron. Dies und die gute Belüftung lassen erkennen, dass Genauigkeit hohe Priorität hatte.

Retronik ist eine monatliche Rubrik, die antiker Elektronik und legendärer ELEKTOR-Schaltungen ihre Referenz erweist. Beiträge, Vorschläge und Anfragen schicken Sie bitte an: editor@elektor.com

Hexadoku

Sudoku für Elektroniker

Das Hexadoku übt eine unwiderstehliche Anziehungskraft auf viele unserer Leser aus. Denn die Herausforderung kitzelt: Schaffe ich es diesen Monat, das Rätsel komplett zu lösen? Wenn Sie diese Frage mit „ja“ beantworten können, sollten Sie uns gleich die Hex-Ziffern in den grauen Kästchen einsenden. Hier warten vier Elektor-Gutscheine auf die Gewinner!

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 Susterfeldstr. 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. November 2010!

Die Gewinner des September-Hexadokus stehen fest!

Die richtige Lösung ist: 3AE58.

Der Elektor-Gutschein über 100 € geht an: Udo Altmann aus Kronach (Deutschland).

Einen Elektor-Gutschein über je 50 € haben gewonnen: Stefanie Kalkbrenner, Suzanne Pecado und W.J. Vis.

Herzlichen Glückwunsch!

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

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

(c) PZZL.com

ARM Microcontroller Interfacing

Hardware und Software

In diesem Buch geht es um Interfaces und die nötige Software, um externe Hardware in einer Vielzahl nützlicher Anwendungen bei ARM7-Mikrocontrollern mit der Programmiersprache C in den Griff zu bekommen. Die Beispiele behandeln sehr detailliert viele Aspekte vom einfachen Anschluss einer LED bis hin zur Einbindung einer Multi-Megabyte-SD-Karte mit FAT-Dateisystem.

Inhalte:

- Prototypschaltungen auf Steckbrett oder Experimentierplatine mit Interface zu ARM-Mikrocontrollern
- Schnittstellen und Software-Beispiele für 32-Bit ARM7-Mikrocontroller
- Allgemeingültige Interface-Prinzipien auch für andere ARM- sowie Nicht-ARM-Mikrocontroller
- Beispiel-Programme in der Programmiersprache C
- Verwendung freier bzw. von Open-Source-Software
- Laden und installieren von Programmier-Tools aus dem Internet
- Vorlagen-Dateien für die einfache Erstellung eigener Projekte



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

I²C-Tools/-Datenmonitor

- USB/RS232 zu I²C Hostadapter
- 1,8/ 2,5/ 3,3 und 5 Volt I²C-Busspannung
- I²C-Analyser bis 1150 kBit/S (Fast Mode Plus)
- I²C-Master-Controller bis 1200 kBit/S
- Analyzer und Master können parallel auf einem oder zwei I²C-Ports betrieben werden
- I²C-Tools und I²C-Datenmonitor Software für Windows-PC

Metec electronic Tel.: (05053)9827-0
eMail: mail@metec-ce.de
www.metec-electronic.eu

Termine für Elektor Nr. 1 / 2011

Anzeigenschluss:

23. 11. 2010

Erscheinungstermin:

20. 12. 2010

Anzeigen:

Verlagsbüro ID
Telefon:
(0511) 61 65 95-0
E-Mail:
service@id-medienservice.de
Internet:
www.id-medienservice.de

Hersteller gesucht

Elektronik für den Sanitärbereich
Produktionsreife und getestete
Mustergeräte sind vorhanden.

Durch mehrfache Patente
geschützt und aktueller
Nachfrage nach Hygiene in
Privat- und Krankenhäusern,
sowie Umweltökologie in der
Wasserwirtschaft versprechen
einen außergewöhnlichen
Markterfolg.

Näheres unter
www.sedomatic.de

www.elektor.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 Electronica 2010 – Halle 5 – Stand 538

ALLE SERVICES

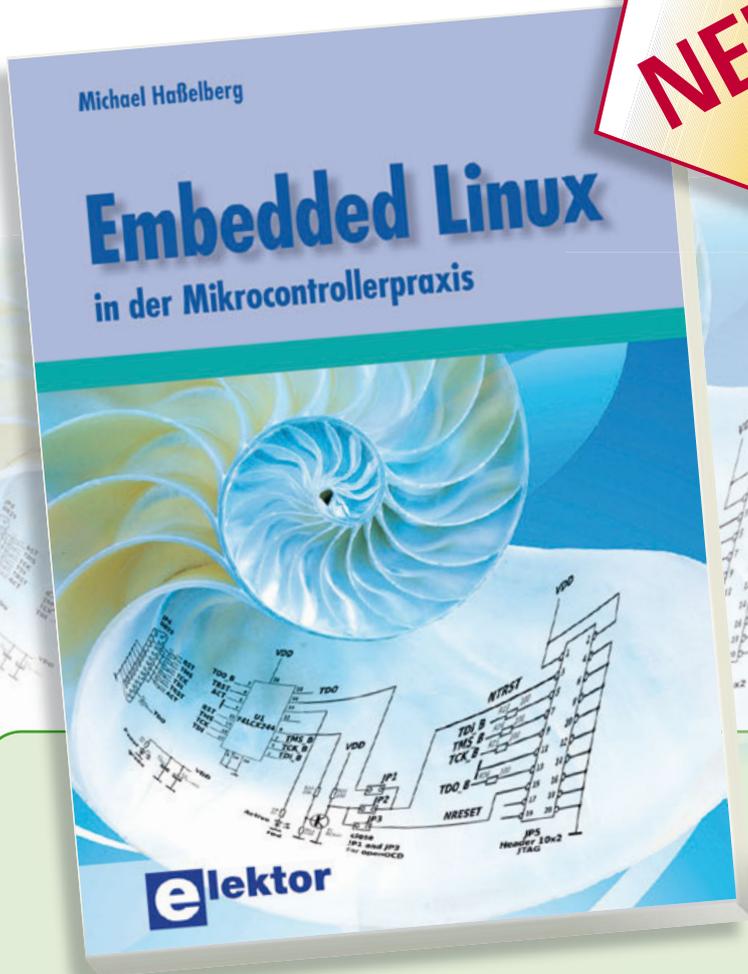
- Preise sofort online
- Online Bestellung
- Attraktive Pooling Preise
- Keine Einmalkosten
- Lieferung ab zwei Werktagen
- Schablonen Service

www.eurocircuits.de

Starke Stücke

Die ganze Welt der Elektronik in einem Shop!

NEU!



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. Das vorliegende 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.

Grundlegende Linux-Kenntnisse auf dem PC werden Schritt für Schritt in Richtung Embedded Linux erweitert. Das Buch beantwortet die Fragen, welche Komponenten hierzu erforderlich sind und wie sich diese erstellen lassen. Nach der Vorstellung der verwendeten Hardware beginnt dies bei der Toolchain und setzt sich über JTAG-Debugger, Bootloader und Kernel bis zur Applikation fort.

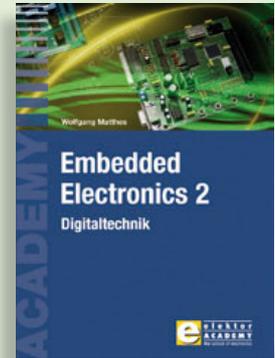
304 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-208-6 • € 44,00 • CHF 69,10



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 72,30



Der 2. Band der neuen Buchreihe

Embedded Electronics 2

Die Bände dieser Reihe wenden sich an jene, die sich von A bis Z in die professionelle Schaltungs- und Systementwicklung einarbeiten wollen. Sie bieten, was Praktiker und Lernende brauchen: Eine Auffrischung und Vertiefung der Grundlagen, Anregungen zu eigenen Gedanken und Zugänge zu Einzelheiten, Querverbindungen und Spitzfindigkeiten. Dieser neue 2. Band befasst sich mit den theoretischen Grundlagen und den Grundsaltungen der Digitaltechnik.

384 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-186-7
€ 49,00 • CHF 77,00



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 59,70



Der professionelle Ratgeber

Funkempfängerkompodium

Wie funktionieren professionelle Funkempfänger? Wie ist es der modernen Funküberwachung und den Nachrichtendiensten möglich, gleich ganze Frequenzbänder in kürzester Zeit auszuforschen? Welche Empfangssysteme und Techniken stehen heute zur Verfügung? Möchten Sie wissen, wie ein Software Defined Radio nun wirklich funktioniert und was der letzte Stand der entsprechenden Technik kann? In diesem Buch finden Sie die Antworten!

346 Seiten (geb.) • ISBN 978-3-89576-224-6
€ 49,00 • CHF 77,00



Schaltungsentwurf mit FPGA-Bausteinen

Hardware-Design mit FPGA

Dieses Buch gibt eine kurze Einführung in die digitale Schaltungstechnik, mit dem Schwerpunkt auf den in FPGA-Bausteinen verwendeten Grundelementen. Danach werden die Randbedingungen und Effekte, die beim Entwurf digitaler Schaltungen auftreten können, beschrieben und schließlich die Grundelemente als HDL-Beschreibungen in den Sprachen VHDL und Verilog aufgeführt. Die Methodik zum Erstellen einer FPGA-Schaltung mit den Schritten Simulation, Verifikation und Implementierung werden ebenfalls erläutert.

274 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-209-3
€ 42,00 • CHF 66,00



Konzepte verstehen und umsetzen

Röhrenverstärker-Schaltungen

Im ersten Teil dieses Buches werden die Ursachen von Verzerrungen untersucht; anschließend geht es um die praktische Umsetzung der theoretischen Hintergründe. In einem gesonderten Kapitel über fehlerhafte SRPPs und μ -Follower wird gezeigt, wie teilweise bizarr anmutende Fehler zu Schaltungen führen, die dann einfacher und zielführender durch gängige Standardschaltungen zu ersetzen wären. Des Weiteren werden Gegenakt-Endstufen und ihr Zusammenwirken mit SRPPs genauer besprochen.

304 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-222-2
€ 46,00 • CHF 72,30



Einstieg in die digitale Steuerungstechnik

Digitale Elektronik im Experiment

Dieses Buch verwendet die grundlegenden Schaltungen mit Gattern, Flipflops und Zählern aus der CMOS-Reihe 4000. Zu jedem der 50 Experimente werden das Schaltbild und der detaillierte Aufbau auf einer Steckplatine gezeigt. Das Studium der Grundlagen geht am besten mit praktischen Versuchen. Viele der hier vorgestellten Schaltungen sind praktisch einsetzbar. Wer den Überblick hat, findet für jede Aufgabe eine einfache und preiswerte Lösung.

160 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-220-8
€ 29,80 • CHF 46,80

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

www.elektor.de

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

elektor



Workshop als Live-DVD

Hochfrequenztechnik

Veröffentlichungen zu HF-Technik in Fachzeitschriften setzen in vielen Fällen bereits Wissen voraus. Von daher wird erst durch die konkrete Kenntnis der Bedeutung der jeweiligen Begriffe die tatsächliche Beurteilung des Potenzials einer Antennenkonstruktion möglich. Man benötigt in der Funk- und Hochfrequenztechnik das Stehwellenverhältnis (SWR), die Welligkeit und eine Zahl weiterer Begriffe, welche mit diesen in einem mehr oder weniger engen Zusammenhang stehen. In diesem Workshop werden sie verständlich an praxisnahen Beispielen erklärt. Ganz nach dem Motto: Von der Praxis für die Praxis und trotzdem sachlich fundiert.

ISBN 978-3-89576-234-5 • € 29,80 • CHF 46,80



Workshop als Live-DVD zum Zweiten

Audio-Röhrenverstärker 2

In diesem Workshop wird das fachkundige Messen an Röhrenverstärkern umfassend behandelt. Welche Messmethoden sind anwendbar? Welche Messgeräte sind notwendig? Können Messungen mit dem PC durchgeführt werden? Wie sind die Messbedingungen festzulegen, damit die Messwerte reproduzierbar sind und was sagen die Messwerte aus? Die Messobjekte sind die Verstärker UL40-S2 und PR20HE, die von Menno van der Veen entwickelt wurden.

ISBN 978-3-89576-235-2 • € 29,80 • CHF 46,80



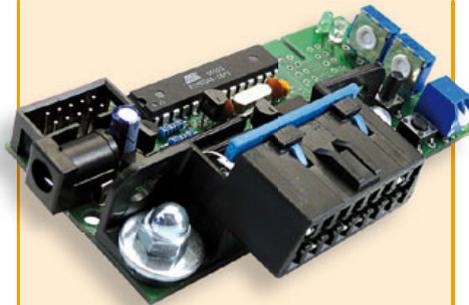
Elektor-DSP-Radio

(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 Bedienteil 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 257,50



OB2-Mini-Simulator für PWM/ISO/KWP2000

(Elektor Juni 2010)

Wer Hardware oder Software zur Kfz-Diagnose entwickeln oder testen möchte, benötigt eine OB2-Signalquelle. Hier kommt unser OB2-Mini-Simulator ins Spiel, der eine moderne Pkw-Motorsteuerung (ECU) emuliert und bis zu vier verschiedene OB2-Protokolle bereitstellt. Der Simulator kann auch die Signale einer ausgelösten MIL mit Fehlerspeicher, Freeze-frame-Umgebung und einer einstellbaren Anzahl von Fehlercodes liefern.

Bausatz mit allen Bauteilen, inkl. Platine und progr. Controller

Art.-Nr. 080804-71 • € 99,95 • CHF 157,00



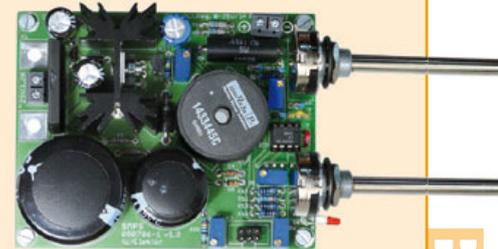
dsPIC-Controller-Board

(Elektor Mai 2010)

Mit diesem speziellen Mikrocontroller-Board können Sie Erfahrungen in typischen industriellen Einsatzbereichen sammeln. Zu dieser Kategorie zählen Motorsteuerungen sowie die Regelungen statischer Buck- oder Boost-Umformer. Es verwendet einen dsPIC30 und bietet 8 PWM-Ausgänge, einen galvanisch getrennten CAN-Bus, eine RS232-/USB-Schnittstelle, I²C und 14 analoge Eingänge.

Bestückte und getestete Platine

Art.-Nr. 090073-91 • € 159,00 • CHF 249,70



Geschaltetes Labornetzteil

(Elektor April 2010)

Ein einstellbares Netzgerät gehört zur Grundausstattung eines jeden Elektronik-Labors. Es sollte nach Möglichkeit eine symmetrische Ausgangsspannung liefern können und über eine einstellbare Strombegrenzung und eine gut ablesbare Anzeige von Strom und Spannung verfügen. Dieses Schaltnetzteil ist mit einer Ausgangsspannung von 0 bis 25 V bei maximal 3 A Ausgangsstrom ausgelegt. Es kann wahlweise als Einfach- oder als Doppel-Netzteil aufgebaut werden.

Bausatz mit allen Bauteilen inkl. Platine (ohne Netztrafo)

Art.-Nr. 090786-71 • € 71,50 • CHF 112,30

November 2010 (Nr. 479) €

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

Oktober 2010 (Nr. 478)

Intervallometer für Fotoapparate

081184-41 Progr. Controller PIC16F886-I/SP (SPDIP28)..... 9,95

CL-3, das digitale Zahlenschloss

100026-41 Progr. Controller ATtiny2313-20PU 9,95

Wheelie Geartooth-Sensor

100479-71 Upgrade-Bausatz mit allen Bauteilen
inkl. Auswerteplatine und zwei Sensorplatinen 115,95

September 2010 (Nr. 477)

AirControl – Bestimmung von Wolkenhöhen

090329-41 Progr. Controller 15,00

090329-91 Bestückte Platine ohne Gehäuse (Produktlistung
nur bei ausreichendem Interesse) www.elektor.de

Bildverarbeitung mit kleinem Controller

090334-1 Platine 24,95

090334-41 Progr. Controller PIC16F690-I/P 9,95

Digitales Multi-Effektgerät

090835-31 Progr. EEPROM 24LC32 5,00

090835-41 Progr. Controller ATmega8-16PU 9,95

090835-42 Progr. Controller ATtiny2313-20PU 9,95

090835-71 Bausatz inkl. Platinen und
progr. Controllern/EEPROM (Produktlistung nur
bei ausreichendem Interesse) www.elektor.de

Schlicht und einfach schön

100500-71 Gehäuse aus Polycarbonat mit Abstandshalter 17,80

Juli/August 2010 (Nr. 475/476)

Elektor-DSP-Radio

100126-41 Progr. Controller ATmega168 PU 14,95

100126-91 Bestückte und getestete Platine 164,00

Modellbauers Pendeluhr

090023-41 Progr. Controller PIC18LF1320 I/P DIL18 9,95

Astrolampe

090550-41 Progr. Controller ATtiny45 DIL8 9,95

ATM18-DIP

090896-1 Platine 12,50

Tiny-Pulser

090444-41 Progr. Controller ATtiny13-20P4 9,95

Segel-BattMeter

090117-41 Progr. Controller PIC16F690 DIP 9,95

Solar-Akkulader

090544-41 Progr. Controller PIC16F877A 19,95

Universelle Timer-Schaltung ohne Standby-Strom

090534-41 Progr. Controller ATtiny2313 9,95

Tiny-Timer

091044-41 Progr. Controller ATtiny2313 9,95

Mikro-Thermometer

090634-41 Progr. Controller ATtiny13(A)DIP8 9,95

Neigungsmesser mit USB

070829-41 Progr. Controller ATmega8-16AU (TQFP) 9,95

090645-91 MMA7620-Sensor-Platine (Breakout-Board) 9,95

Labornetzteil für den PC

090863-41 Progr. Controller PIC16F616-I/P 9,95

Schwertposition

080307-41 Progr. Controller PIC16F628A-DIL-18 9,95

RJ-45-Kabeltester mit PIC

090643-41 Progr. Controller PIC16F72 9,95

Thermometer mit vierstelliger LED-Anzeige

080536-41 Progr. Controller AT89C2051 DIL-20 9,95

Universeller PWM-Generator

090856-41 Progr. Controller PIC16F628-1/P 9,95

Heizungsregelung

100318-41 Progr. Controller ATtiny25-20p4DUO8 9,95

Bestseller

Bücher

- 1  **AVR-Programmierung 2**
ISBN 978-3-89576-230-7 € 46,00 CHF 72,30
- 2  **Embedded Linux in der Mikrocontrollertechnik**
ISBN 978-3-89576-208-6 € 44,00 CHF 69,10
- 3  **Funkempfängerkompendium**
ISBN 978-3-89576-224-6 € 49,00 CHF 77,00
- 4  **Embedded Electronics 2**
ISBN 978-3-89576-186-7 € 49,00 CHF 77,00
- 5  **Hardware-Design mit FPGA**
ISBN 978-3-89576-209-3 € 42,00 CHF 66,00

CD- & DVD-ROMs

- 1  **The Audio Collection 3**
ISBN 978-90-5381-263-1 € 21,50 CHF 33,80
- 2  **Workshop-DVD Röhren 2**
ISBN 978-3-89576-235-2 € 29,80 CHF 46,80
- 3  **Workshop-DVD HF-Technik**
ISBN 978-3-89576-234-5 € 29,80 CHF 46,80
- 4  **LED-Toolbox**
ISBN 978-90-5381-245-7 € 32,50 CHF 52,20
- 5  **Elektor-DVD 2009**
ISBN 978-90-5381-251-8 € 27,50 CHF 43,20

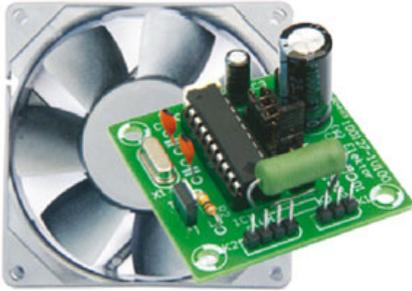
Bausätze & Module

- 1  **Elektor-DSP-Radio**
Art.-Nr. 100126-91 € 164,00 ... CHF 257,50
- 2  **Bluetooth für OBD-2-Analyser NG**
Art.-Nr. 090918-71 € 29,95 CHF 47,10
- 3  **Wheelie Geartooth-Sensor**
Art.-Nr. 100479-71 € 115,95 ... CHF 182,10
- 4  **32-bit-ARM-Board (Zepter)**
Art.-Nr. 090559-91 € 99,95 ... CHF 157,00
- 5  **Geschaltetes Labornetzteil**
Art.-Nr. 090786-71 € 71,50 ... CHF 112,30

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

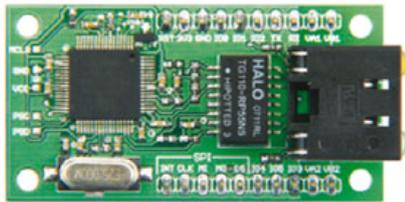


Elektor-Verlag GmbH
Süsterfeldstr. 25, 52072 Aachen
Tel. +49 (0)241 88 909-0
Fax +49 (0)241 88 909-77
E-Mail: bestellung@elektor.de



Strobo-Lüfter im PC

Viele PC-Benutzer versuchen, ihre Computer mit diversen Extras zu schmücken, die visuelle Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Ein PC mit transparenter Seitenwand bietet viele Möglichkeiten, spezielle optische Effekte zu nutzen. Die Schaltung des Strobo-Lüfters basiert auf einem ATtiny25, der eine LED so steuert, dass die Flügel des Lüfters nacheinander scheinbar stillstehen, sich langsam vorwärts oder rückwärts drehen oder schrittweise ihre Position ändern. So etwas hat nicht jeder!



Netzer

Eine Ethernet-Anbindung der eigenen Elektronik ist ein mächtiges Feature, mit dem sich Sensoren, Aktoren und mehr über das Internet bedienen lassen. Allerdings schrecken viele Elektroniker vor der Komplexität der nötigen Hard- und Software zurück. Der „Netzer“ ist eine clevere, universelle und erweiterbare Lösung dieses Problems. Das Modul besteht im Wesentlichen aus einem PIC mit integriertem Ethernet-Transceiver, einem Übertrager und einer Netzwerkbuchse. Dazu gehört eine frei downloadbare Softwarebibliothek und Beispielsoftware. Für einfache Aufgaben wird nicht einmal mehr ein weiterer Controller benötigt. Noch nie war es so einfach, über das Internet zu schalten und zu warten!



Embedded-Special

In der Dezember-Ausgabe überraschen wir unsere Leser mit einem Embedded-Sonderheft, der eine Sammlung interessanter Mikrocontroller-Projekten enthält. Dazu zählen ein IR-Thermometer, eine galvanische Trennung von USB auf RS232/RS485, eine modulare intelligente LED-Anzeige, ein Breadboard-Interface für ein XPort Modul, eine Carrierboard für den Arduino Nano, verschiedene Projekte mit dem Minimod18 und vieles mehr!



Elektor Dezember erscheint am 17. November 2010.

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	€ 7,20
Österreich, Belgien, Luxemburg	€ 7,95
Schweiz	CHF 13,95

Jahresabonnement-Standard

Deutschland	€ 75,50
Österreich, Belgien, Luxemburg	€ 82,00
Schweiz	CHF 145,00
Andere Länder	€ 99,50

Jahresabonnement-PLUS

Deutschland	€ 93,00
Österreich, Belgien, Luxemburg	€ 99,50
Schweiz	CHF 184,00
Andere Länder	€ 117,00

Probeabonnement

Deutschland	€ 13,90
Österreich, Belgien, Luxemburg	€ 13,90
Schweiz	CHF 25,00
Andere Länder (zzgl. Porto)	€ 13,90

Studentenabo-Standard

Deutschland	€ 60,40
Österreich	€ 65,60
Schweiz	CHF 116,00

Studentenabo-PLUS

Deutschland	€ 77,90
Österreich	€ 83,10
Schweiz	CHF 155,00

Upgrade zum Abo-PLUS

Alle Länder	€ 17,50
Schweiz	CHF 39,00

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.

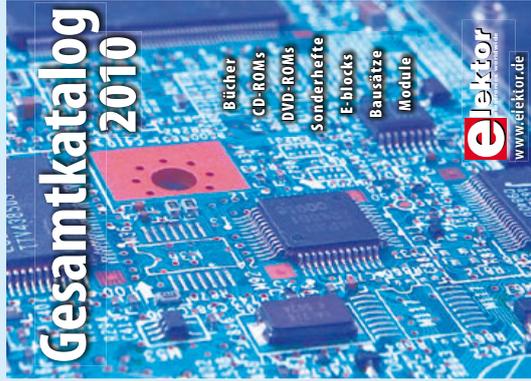
Änderungen und Irrtümer vorbehalten.

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

Fordern Sie jetzt den Elektor- Gesamtkatalog 2010 GRATIS an!



**Bücher • CD- & DVD-ROMs
Sonderhefte • E-blocks
Bausätze • Module**

Fax +49 (0)241 88 909-77
E-Mail: vertrieb@elektor.de

Der Katalog kann auch unter
www.elektor.de/katalog als PDF-
Datei heruntergeladen werden.

Hier ist meine Anschrift:

Firma _____
Vorname _____
Name _____
Straße, Nr. _____
PLZ, Ort _____
Land **DE** _____
Kunden-Nr. _____
E-Mail _____

Antwort

**Elektor-Verlag GmbH
Süsterfeldstraße 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
Süsterfeldstraße 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
Süsterfeldstraße 25
52072 Aachen**

Innerhalb
Deutschlands
kein Porto
nötig!

The Audio Collection 3

NEU!

➔ Mehr als 75 Audio-Selbstbausaltungen

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 33,80

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 NOVEMBER 2010

Becker & Müller	www.becker-mueller.de	9
Beta Layout	www.beta-layout.com	14
Emis	www.emisgmbh.de	51
Eurocircuits	www.eurocircuits.de	79
Future Technology Devices International Ltd	www.ftdichip.com	53
Good Will Instruments	www.gwinstek.com	41
Hameg	www.hameg.com	23
LeCroy	www.lecroy.de	15
LeitOn	www.leiton.de	51
Markt	47
Metec electronic	www.metec-electronic.eu	79
Microchip	www.microchip.com/mtouch	37
mikroElektronika	www.mikroe.com	3
NXP Contest	www.circuitcellar.com/nxpmbeddesignchallenge	2
Pico	www.picotech.com/scope2025	65
Reichelt	www.reichelt.de	88
Schaeffer AG	www.schaeffer-ag.de	51
Sedomatic	www.sedomatic.de	79
Temwell Corporation	www.temwell.com.tw	13

Beilagenhinweis:

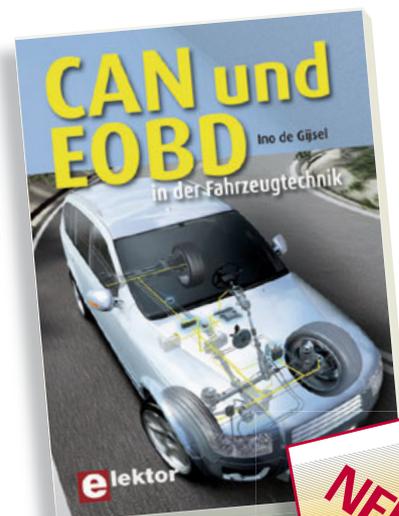
Teilaufgabe: RIBU Elektronik www.ribu.at

CAN und EOBD in der Fahrzeugtechnik

➔ Professionelle Kfz-Fehlerdiagnose für Technik-Freaks

Elektronische Systeme in Fahrzeugen werden immer wichtiger. Dies ist nicht nur auf die gestiegenen Ansprüche der Kunden hinsichtlich Komfort und Sicherheit zurückzuführen: Auch der Umweltschutz spielt bei dieser Entwicklung eine entscheidende Rolle. Aufgrund dieser Tatsache befinden sich heutzutage bis zu 80 elektronische Regeleinheiten in unseren Fahrzeugen, die – auch wenn sie von verschiedenen Herstellern stammen – natürlich auch miteinander kommunizieren müssen.

In diesem Buch werden Funktion und Aufbau des CAN-Protokolls sowohl im Hardware 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?



NEU!

276 Seiten (kart.)
Format 17 x 23,5 cm
ISBN 978-3-89576-242-0
€ 39,00 • CHF 61,30

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



SIEMENS LOGO! Kleinsteuerung

Logikmodul für die Micro Automation

Ob Schaltschrankbau, intelligente Hausinstallation oder Maschinen- und Apparatebau. LOGO! ersetzt mit seinen 8 Grund- und 30 Sonderfunktionen viele Schaltgeräte. Die logischen Funktionen werden auf einfache Weise miteinander verbunden.

- 8 digitale Eingänge
- 4 Relaisausgänge 10 (3) A
- Versorgungsspannung: 24 V AC/DC

LOGO 24 RC
124.⁵⁵

SIEMENS



LOGO! Erweiterungsmodul

- 8 digital Eingänge
- Ausgänge: 8 Relais 5(3) A
- Versorgung: 24V AC/DC

LOGO DM16 24-R **109.85**

Markenqualität - Top-Service - günstige Preise!



Katalog kostenlos!
 Tagesaktuelle Preise:
www.reichelt.de

Überspannungsschutzrelais **wieland**

- Ableiter Typ 1 nach EN 61643-11
- für die Hutschienenmontage (2 bzw. 6 TE)
- Gekapselte, nicht ausblasende Bauform
- Blitzstoßstrom (10/350): 50 kA
- Netzfolgestromlöschvermögen: 50 kA
- Schutzpegel L-PE/N-PE: 4 kV
- Nennspannung DC: 230 V



WIETAP B1 255 H 1-polig
 WIETAP B3 255 H 3-polig/TN-C-Netz

89.95
252.85

Thermostat, regelbar **finder**

- für den Schaltschrank, DIN-Schienen-Befestigung
- Bi-Metall-Sprungkontakt
- Schalt-Temperaturbereich: 0 ... +60 °C
- Umgebungstemperatur: -45 ... +80 °C
- Kontaktbelastung: max. 5 A /1250 VA
- arbeitet ohne Versorgungsspannung



FIN 7T.91.2303 1 Schließer
 FIN 7T.91.2403 1 Öffner

12.90
12.90

Leistungsschutzschalter **SIEMENS**

- S00 0,45-0,63 A/0,18 kW
- Schalten und Schützen von Motoren.
- SIRIUS Innovation 3RV20
- Baugröße: S00, Baubreite: 45 mm
- unverzögerter Überstromauslöser: 8,2 A
- 3-polig mit Schraubanschluss
- Einstellbereich: 0,45 - 0,63 A



3RV2011-0GA10

45.40

N-PE-Blitzstrom-Ableiter **wieland**

- in Verbindung mit WIETAP B1 / B3 255 H
- Ableiter Typ 1 nach EN 61643-11
- gekapselte, nicht ausblasende Bauform
- Blitzstoßstrom (10/350): 100 kA
- Netzfolgestromlöschvermögen: 100 kA
- Schutzpegel L-PE/N-PE: 1,5 kV
- Nennspannung DC: 230 V



WIETAP GPM 255 1-polig

157.65

Multifunktions-Zeitrelais **finder**

- 1 Wechsler 250V~/16A
- 6 Zeitfunktionen: (Ansprechverzögerung (AI), Einschaltwischer (DI), Blinker-impulsbeginnend (SW), Rückfallverzögerung (BE), Ansprech-/Rückfallverzögerung (CE), Impulsformer (DE))
- 6 Zeitbereiche bis 20 Std.
- 12 - 240 V AC/DC



FIN 80.01

26.70

Motorschütz **SIEMENS**

- 1 Schließer 7 A/18 A/3 kW/24 V
- Baugröße: S00, Baubreite: 45 mm
- Betriebsstrom (AC2+AC3): 7,0 A (400 V)
- Betriebsstrom (AC1): 18 A (690 V)
- für Drehstrommotorleistung: 3 kW (400 V)
- Bemessungsspeisespannung: 24 V DC

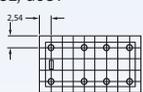


3RT2015-1BB41

29.00

2 Wechsler, 2 A **finder**

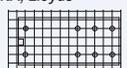
- max. Schaltspannung: 125 V AC
- UL, GÖST



FIN 30.22.9 12V 12 VDC/360 Ω **1.50**
 FIN 30.22.9 24V 24 VDC/1,44 kΩ **1.50**

1 Wechsler, 16 A **finder**

- max. Schaltspannung: 400 V AC
- VDE, UL, CSA, GÖST, IMQ, RINA, Lloyds



FIN 40.61.9 12V 12 VDC/220 Ω **1.70**
 FIN 40.61.9 24V 24 VDC/900 Ω **1.70**

2 Wechsler, 8 A **finder**

- max. Schaltspannung: 400 V AC
- VDE, UL, CSA, GÖST, IMQ, RINA, Lloyds



FIN 40.52.9 12V 12 VDC/220 Ω **1.75**
 FIN 40.52.9 24V 24 VDC/900 Ω **1.75**

2 Wechsler, 30 A **finder**

- max. Schaltspannung: 440 V AC
- VDE, UL, CSA, IMQ
- Faston-Anschlüsse: 6,3 mm



FIN 66.82.9 12V 12 V DC/85 Ω **7.80**
 FIN 66.82.9 24V 24 V DC/340 Ω **7.80**



Digitalmultimeter, 4000 Counts

Modernes UNI-T Digitalmultimeter mit angespritzter Kunststoffhülle und optischer USB-Schnittstelle

- Grundgenauigkeit: 0,5%, Anzeige: 4000 Counts, Bargraf
- Bereichswahl: manuell / Autorange
- Standard-Messbereiche: Spannung DC/AC, Strom DC/AC, Widerstand, Kapazität, Frequenz, Temperatur, Duty Cycle
- Diodentest, Durchgangsbuzzer, Data-Hold, MIN/MAX, REL-Funktion
- Cat III 1000 V / Cat IV 600V
- inkl. Messleitung, Temperaturfühler, Software, Batterie, Adaptersockel



UT 61B **44.95**

Infrarot-Thermometer

Berührungslose Temperaturmessung an heißen oder beweglichen Messobjekten

- zuschaltbarer Laserpointer
- beleuchtetes Display
- Hold und Data-Hold
- Min./Max.-Messung
- UT 301C: mit USB-Port (im Griff)



UT 300B 10:1 -15 bis 380 °C **32.95**
 UT 301C 12:1 -18 bis 550 °C **59.95**

