

**32 x NE5532
= Super-Verstärker**

G3078 E Oktober 2010

(D) € 7,20 • CHF 13,90 • (A, B, L) € 7,95

+ S-FSK Powerline-Communication

Elektor

+ ZigBee – Technologie & Anwendungen

+ Zahnrad-Sensor für Wheelie

+ GPS mit Parallax-Propeller

Intervalltimer für Digitalkameras



20 AC/DC-Stromzangen im Praxis-Test



NXP
mbed
DESIGN
CHALLENGE



What **TECHNOLOGY** can you
SET FREE?



The mbed Microcontroller, based on the NXP LPC1768, lets you work with an ARM Cortex-M3 in a 0.1" DIP form-factor. Combined with the <http://mbed.org> website, featuring the mbed "Cloud" Compiler, it is an ideal platform for rapid prototyping with microcontrollers.

NXP and ARM/mbed challenge you to revolutionize the way people build prototypes! Build a reusable library, component interface, reference design or product prototype that can be shared on <http://mbed.org> to help others build their prototypes even faster, and you could be walking away with part of a prize pool worth \$10,000! **Deadline for entries is February 28, 2011.**

Join the Challenge by registering at
[www.circuitcellar.com/nxpmbeddesignchallenge!](http://www.circuitcellar.com/nxpmbeddesignchallenge)

Apply for a free NXP sponsored mbed Microcontroller kit while supplies last.*

NXP mbed Design Challenge empowered by:



*No purchase necessary. See website for details.

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



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

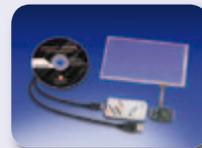
- Weitere Informationen unter: www.microchip.com/mtouch
- Download von Applikationsschriften und lizenzfreiem Quellcode
- Entwicklungstool bestellen



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

elektor 10-2010

www.microchip.com/mtouch

 **MICROCHIP**

Warum nicht schon früher?

In dieser Ausgabe finden Sie das vielleicht ungewöhnlichste Verstärkerprojekt, das jemals in Elektor veröffentlicht wurde: Den 5532-OpAmplifier.

Die Idee dieses Verstärkers ohne Endstufe ist so verblüffend einfach und zugleich naheliegend, dass man sich fragen kann, warum ein solcher Entwurf nicht schon früher veröffentlicht wurde. Integrierte Operationsverstärker gibt es schon sehr lange, und den 709 von 1965 und den 741 von 1968 kann man sogar heute noch kaufen. Der für den voll opampisierten Verstärker verwendete Doppel-Opamp NE5532 basiert auf dem TDA1034 (Philips/Sigmetics) von 1976, bei TI ist er seit 1979 ununterbrochen in Produktion.

Warum erscheint der 5532-OpAmplifier dann erst 2010 und nicht schon 1980? Ein Grund ist natürlich der Preis. 1980 musste man für einen NE5532 noch etwa 20 DM ausgeben – für 10 Euro bekommt man heute bei Reichelt ganze 33 Stück. Ein wahrscheinlich wichtigerer Grund ist die gewandelte Einstellung zum Thema Audio und Verstärker. Wer mit MP3-Qualität nicht zufrieden ist, der ist heute durchaus bereit, etwas mehr Geld für etwas weniger Watt auszugeben, wenn dann das klangliche Ergebnis seinen Vorstellungen entspricht. Es muss nicht unbedingt ein Röhrenverstärker sein. Mit dem 5532-OpAmplifier gibt es jetzt ein ganz neues – und vergleichsweise preiswertes – Konzept für einen hochwertigen Verstärker.

Auch beim Thema „papierlose Zeitschrift“ kann man sich fragen, warum erst jetzt Interesse aufkommt. Immerhin gibt es Elektor schon seit 12 Jahren in einer PDF-Version – zuerst nur auf CD und seit September 2005 auch als Download. Offenbar musste Apple erst den iPad erfinden, um das Zeitschriftenlesen auf dem Bildschirm attraktiv zu machen. Auch wenn sich ein guter (großer) TFT-Monitor dafür eigentlich viel besser eignet, haben wir die Bildauflösung der Elektor-PDF-Ausgabe jetzt den iPad-Eigenheiten angepasst. Seit dem Septemberheft ist Elektor voll iPad-kompatibel – und das ist immer noch früh genug...

Ernst Krempelsauer

elektor

6 Impressum

Who is who bei Elektor

8 Mailbox

Briefe, E-Mails und Ideen

11 News

Neuheiten, Nachrichten und Termine

14 20 Strommesszangen im Vergleich

Hohe Gleich- und Wechselströme berührungsfrei messen.

22 5532-Power-OpAmplifier

32 Stück parallel geschaltete (NE)5532 liefern 15 W an 8 Ω !

28 Intervallometer

Ursprünglich für eine Canon EOS entwickelt, kann dieses System leicht an andere fernbedienbare Kameras angepasst werden.

32 Wheelie Geartooth-Sensor

Bei dem vor einem Jahr vorgestellten Elektor-Wheelie musste die Regelung bisher ohne eine direkte Rückmeldung von den Rädern auskommen. Mit Hilfe von Hall-Sensoren lässt sich die Geschwindigkeit direkt an den Zahnradern der Getriebemotoren messen, was die Offroad-Eigenschaften des Wheelies wesentlich verbessert!

36 GPS-Propeller

GPS-Geschwindigkeitsmessung mit dem parallel arbeitenden Parallax-Multiprozessor.

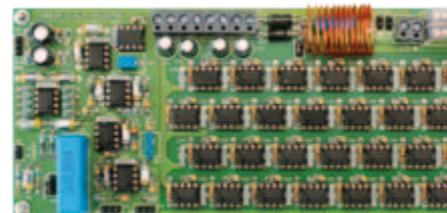
42 EMV-Hinweise

43 Labcenter

Entdecke den STM32!
Elkos in Audioschaltungen
Hosentaschen-Beamer

48 2,5-GHz-Zähler

Dieses Upgrade für das „TRUE-RMS-Digital-Voltmeter mit Frequenzzähler“ aus Elektor 5/2009 erweitert den Messbereich auf Frequenzen von 10 MHz bis 2,5 GHz.





14 Ströme messen und mehr 20 Strommesszangen im Vergleich

Die meisten Multimeter stoßen schon bei 10 A an ihre Grenze. Da Strommesszangen nicht nur mehrere 100 bis 1000 A Wechselstrom, sondern auch Gleichstrom und weitere Größen berührungsfrei messen können, lässt sich vieles schneller und sicherer als mit anderen Messgeräten bestimmen. Wir haben 20 Modelle der Preisklassen von einigen zehn bis zu etlichen hundert Euro miteinander verglichen.



22 Der 5532-Power-OpAmp Teil 1: Konzept und Schaltpläne

Beim Dual-Opamp (NE)5532 dürfte es sich um eines der beliebtesten ICs für Audio-Elektronik handeln. Doch dieses IC kann mehr als man denkt: Wenn man genug davon parallel schaltet, lässt sich damit eine außergewöhnliche Audio-Endstufe realisieren. Die Schaltung ist sehr einfach und kann damit punkten, dass alle guten Eigenschaften wie exzellente Linearität, Versorgungs-Störunterdrückung und Überlastschutz trotz minimaler externer Beschaltung erhalten bleiben. Sie zweifeln? Schalten Sie einfach mal 32 Stück parallel!



28 Intervallometer für Fotoapparate Mit IR-Fernbedienung

Unser Auslösesystem für Digitalkameras erlaubt es, Aufnahmen in vorgegebenen Intervallen zu machen - oder zwei Apparate gleichzeitig für Stereo-Aufnahmen auszulösen. So lässt sich zum Beispiel alle 30 Minuten eine Aufnahme vom Öffnen einer Knospe oder vom Schlüpfen eines Kükens machen, um diese nachher zu einem Video zu montieren.



36 GPS-Propeller GPS-Empfänger mit Parallax-Multiprozessor

Die Geschwindigkeit bewegter Objekte kann man sehr genau mittels GPS ermitteln. Navis bieten eine solche Funktion nur sehr eingeschränkt. Unser GPS-Empfänger mit den parallel arbeitenden Recheneinheiten des „Propeller“-Mikrocontrollers wurde speziell für die Geschwindigkeitserfassung entwickelt und eignet sich nicht nur für den PKW, sondern auch für Fahr- und Flugmodelle.

50 PLC und S-FSK

Spread-Spectrum Frequency Shift Keying (S-FSK) wird der vorherrschende Standard für intelligente Stromzähler. Wir zeigen, wie die S-FSK-Technik in moderne Modem-Designs implementiert werden kann und wie System-on-Chip-(SoC)-Bausteine diese Herausforderung bewältigen.

54 Entwurf grundlegender Antennen

Die in diesem Artikel vorgestellten Leiterplatten-Antennen wurden für Sender im populären 2,4-GHz-ISM-Band entworfen.

60 Duales Labornetzteil: Musteraufbau

Das UniLab-Netzteil lässt sich mit dem dualen U/I-Display zu einem Doppel-Netzteil kombinieren. Wir stellen einen Musteraufbau mit Verdrahtungsplan und Frontplattenentwurf vor.

64 Digitales Zahlenschloss

Dieses Zahlenschloss wird wie bei einem Tresor mit einem Drehknopf eingestellt.

68 1-Tasten-Dateneingabe

In Embedded-Anwendungen muss man oft Zahlenwerte eingeben. Hier kommt eine clevere Lösung: Wenn das Projekt bereits über ein passendes Display und einen Taster verfügt, kann man damit sogar komplexe mehrstellige Werte eingeben.

72 ZigBee heute & morgen

Das Netzwerkprotokoll ZigBee ist den Kinderschuhen entwachsen und wird von vielen Halbleiterherstellern aktiv unterstützt. Dieser Beitrag gibt einen aktuellen Überblick.

76 Retronik

80 Kerzen für die Pentode

79 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.



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

IMPRESSUM

41. Jahrgang, Nr. 478 Oktober 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
Antoine Authier (Ltg.), Ton Giesberts, Luc Lemmens, Daniel Rodrigues, Jan Visser, Christian Vossen

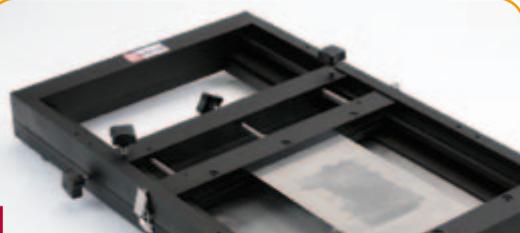
Grafische Gestaltung und Layout
Giel Dols, Mart Schroyen

Stencil-Maschine und Pick-&-Place-Tool

NEU

Tools für die SMD-Bestückung

Ist es überhaupt möglich, SMD-Bauteile selber auf eine Platine zu löten? Der Elektor-SMD-Ofen war ein erster Schritt zur SMD-Bestückung von eigenen Platinen. Außerdem wurde im Mai 2009 der Elektor-PCB-Service gestartet, mit dessen Hilfe man anspruchsvolle eigene Platinen bis hin zu Kleinserien herstellen lassen kann. Jetzt kommen noch zwei weitere Tools hinzu: Eine Stencil-Maschine, mit der man Schablonen so ausrichten kann, dass die Lötpaste präzise platziert wird und eine spezielle Bestückungshilfe (Pick-&-Place), mit der man die SMDs aufnehmen und genau auf die passenden Löt-Pads setzen kann.



Stencil-Maschine

Für das präzise Aufbringen von Lötpaste auf Platinen mittels einer Schablone (Stencil)

- Ideal für Labore, Werkstätten, Schulen, Universitäten, Kleinbetriebe und Privatanwender
- Genaue X- und Y-Ausrichtung des Bestückungsrahmens
- Verwendbar für ein- und doppelseitige Platinen und für einseitig bestückte Platinen
- Magnetische Platinenhalter
- Schnelle und stabile Fixierung der Löt-pastenschablone (Stencil)
- Schablonen benötigen keine Befestigungs-löcher
- Wartungsfreier und robuster Aluminium-Rahmen

Max. Größe der Platine: 180 x 240 mm
Preis: 445,00 €*



Pick-&-Place-Tool

Für das manuelle Aufbringen von SMD-Teilen auf eine Platine

- Ideal für Labore, Werkstätten, Schulen, Universitäten, Kleinbetriebe und Privatanwender
- Antistatische Armstütze für stabile Platzierung der Bauteile
- Antistatische Bauteil-Schale
- Magnetische Leiterplattenhalter
- Geeignet für Links- und Rechtshänder
- Vakuum-Pipette mit austauschbaren Nadeln in mehreren Größen
- Wartungsfreie Vakuumpumpe

Max. Größe der Platine: 430 x 280 mm
Preis: 645,00 €*

100,- € Ersparnis im Spar-Bundle
Wenn Sie jetzt die Stencil-Maschine
zusammen mit dem Pick-&-Place-Tool bestellen,
zahlen Sie nur 990,00 €* (statt 1090,00 €*)!

*inkl. MwSt., zzgl. Porto-/Versandkosten

Weitere Infos & Bestellung unter

www.elektor.de/smd-tools

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

Hallsensor für 2-Draht-Lüfter?

Aus zwei mach drei (Tachosignal für 2-Draht-Lüfter),
Elektor September 2010, S. 76 (100257)

Wieso nicht einfach einen bipolaren Hall-Sensor an geeigneter Stelle aufkleben?



Werner Rucker

Vielen Dank für Ihren Vorschlag zu meinem Artikel. Wie so oft führen viele Wege nach Rom. Meine Lösung des Problems (fehlendes Tachosignal) ging davon aus, dass ein vollwertiger Ersatz für einen defekten Lüfter geschaffen werden sollte. Daraus folgend sollte am Ersatzlüfter nichts verändert werden. Oft sind diese Lüfter auch so montiert, dass die Montage eines zusätzlichen Bauteils (Hallsensor) mit seinen Anschlussdrähten nur schwer möglich ist. Außerdem ist die Qualität der Klebestelle von großer Bedeutung (Vibrations- und Temperaturbelastung). Daher scheint mir eine Schaltung, die den Verlauf des Lüfterstroms auswertet, universeller einsetzbar und zuverlässiger zu sein. Diese Schaltung lässt sich auch im Gerät sicher befestigen.

Ich möchte damit aber nicht ausschließen, dass man auch auf Ihre Art an ein Tachosignal kommen könnte. Aber es kommt auf den zu ersetzenden Lüfter und die Betriebsbedingungen an.

Volker Schmidt

Vorschläge zum Differenz-Tastkopf

Hohe Spannungen und Differenzen,
Elektor Juni 2010, S. 60 (090549)

Durch die hohe Versorgungsspannung von ± 15 Volt ist eine Batteriespeisung nicht



möglich. Üblicherweise werden Differenz-Tastköpfe mit 9 V versorgt. Die Ausgangsspannungen liegen dann bei 1,5 bis 3,5 V. Die kurzen Strippen am Eingang sollten NICHT abgeschirmt werden. Die hier verwendeten Schirmkabel verschlechtern durch ihre Kapazität die Anstiegszeit und die Bandbreite.

Außerdem misst niemand die beiden Anodenspannungen einer Gegentakt-Röhrenendstufe mit einem Differenz-Eingang, sondern mit einem 2-Kanal-Scope gegen Masse. Bei einem DSO könnte im MATH-Kanal (A - B) zusätzlich die Differenz dargestellt werden.

Bei 9-V-Versorgung und höherer Bandbreite wäre die Schaltung als Bausatz interessant (möglichst ohne SMD). Handelsübliche Differenzastköpfe für höhere Spannungen kosten ca. 400 Euro.

Hubert Taber

Vielen Dank für die guten Kommentare. Nachfolgend mehrere Vorschläge für Modifikationen.

Zur Versorgung:

Die vorgeschlagene Schaltung lässt sich auch gut mit 2x9-V-Batterien versorgen, dann können die Spannungsregler und Elkos komplett entfallen. Statt der Spannungsregler können Drahtbrücken eingesetzt werden, und die Batterien werden über einen zweipoligen Kippschalter an die ursprünglichen Versorgungs-Anschlüsse angeschlossen. Die Schaltung zur Betriebsspannungs-Überwachung mit der LED kann dann eventuell ebenfalls entfallen, um die Batterie-Lebensdauer zu verlängern. Eine Versorgung mit nur einer Batterie sollte ebenfalls möglich sein, dann muss aber ein virtueller Nullpunkt mit einer Zusatzschaltung geschaffen werden. Die

Ausgangsamplitude (und damit auch die Eingangsamplitude) wird dann natürlich kleiner.

Zu den Eingangskabeln:

Der Kommentar ist richtig – die zusätzliche Eingangskapazität belastet die Signalquelle. Daher ist ein Frequenzgang-Abfall zu erwarten, der von der Kapazität der Kabel und der Impedanz der Signalquelle bestimmt wird.

Die Kabel können sicherlich durch andere Kabel ersetzt werden, auch die BNC-Buchsen können entfallen oder durch andere Buchsen oder Kabeldurchführungen ersetzt werden. Es ist sehr wichtig, dass die (parasitäre) Kapazität an beiden Eingängen möglichst identisch ist, um kein zusätzliches Differenzsignal zu erzeugen. Außerdem ist auf ausreichende Isolierung zu achten, damit der mögliche Eingangsspannungsbereich nicht an dieser Stelle kompromittiert wird. Die vorgeschlagenen Kabel bieten zudem eine gewisse mechanische Stabilität. Mit ungeschirmten Kabeln ist es zudem empfehlenswert, in Umgebungen mit starken magnetischen oder elektrischen Störsignalen die Kabel zu verdrillen, was die Möglichkeit, räumlich weiter auseinander liegende Signale zu messen, etwas einschränkt – das ist mit den geschirmten Kabeln etwas besser.

Zum Messverfahren:

Dieser Punkt wurde im Artikel eigentlich erläutert – bei einem Differenz-Signal, wie es bei einem Push-Pull-Verstärker auftritt, ist vor allem die Differenz interessant. Damit kann man das Differenzsignal auf einem Kanal beobachten, während der andere Kanal zum Beispiel für das Eingangssignal frei bleibt. Die Mathematik-Funktion des DSOs ist auf die Auflösung der A/D-Wandler beschränkt, was insbesondere bei kleinen Signalen keine gute Auflösung mehr ermöglicht. Mit dem Differenzastkopf kann das Differenzsignal zum Beispiel auch in ein Klirrfaktormessgerät eingespeist werden, um die Signalveränderung in den verschiedenen Stufen eines Verstärkers bequem messen zu können – das ist mit einem DSO nicht ohne weiteres möglich. Dieser Differenzastkopf wurde eben auch für den ambitionierten Amateur entworfen, der möglicherweise ein einfacheres Oszilloskop ohne Mathematik-Funktionen hat (ungeachtet der anderen Gründe).

MailBox

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

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

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

Updates und Ergänzungen

Das Elektor-DSP-Radio

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

Im Schaltplan fehlt der Wert bei P1, er kann aber der Stückliste entnommen werden. Dort steht: P1 = 10 k

UniLab - Geschaltetes Labornetzteil 0-30 V/3 A

Elektor April 2010, S. 18 (090786)

Sollte eine exakte Null-Justierung der Ausgangsspannung mit P3 (Poti P1 auf Linksanschlag = minimaler Widerstand) nicht möglich

sein, kann man einen 33-Ω-Widerstand in Reihe zu P1 einfügen (zwischen P1 und R14).

AirControl

Elektor September 2010, S. 38 (090329)

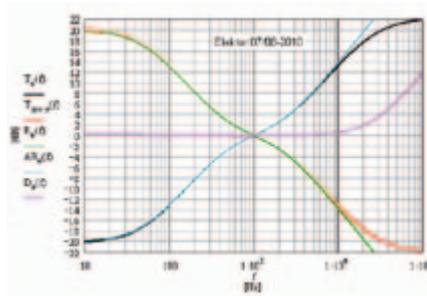
R7 muss im Schaltplan mit DATA (Pin2) von IC3 (SHT11) verbunden sein und nicht mit SCK (Pin 3).

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

Zur Bandbreite:

Es ist ohne weiteres möglich, die Operationsverstärker durch andere, schnellere (mit gleichem Pinout) zu ersetzen. Ein Beispiel wäre der THS4012 von Texas Instruments mit einer GBW von 290 MHz. In dieser Schaltung eingesetzt, ergibt sich eine -3-dB-Bandbreite von 12,7 MHz mit einer CMRR von 49 dB bis zu einer Frequenz von etwas über 2 MHz und somit eine recht gute Performance. Dieser Opamp ist allerdings ein bisschen teurer, und er braucht auch ein bisschen mehr Strom. Hier kann es interessant sein, die Bandbreitenbegrenzung einzuschalten – hiermit erzielt man zwar eine kleinere Bandbreite, aber eine weitgehend konstante Gleichtaktunterdrückung im übertragenen Signal.

Alfred Hesener



RIAA-Übertragungskurve gehörenden Eckfrequenzen bei ca. 20kHz mit Hinweis auf die Quadrophonie-Adaption der RIAA-Kurve aufweist. Insofern ist die im Tavernier-Artikel gezeigte Kurve mitnichten die „Normalisierte RIAA-Kurve“ (rot), sondern höchstens die wiederum reziproke Übertragungskurve der von Herrn Tavernier angegebenen Schaltung. Aus beiliegender Graphik lässt sich die Situation erkennen, wobei die magentafarbene Kurve bei ca. 0 dB die Abweichung der Übertragungsfunktion der Tavernier-Schaltung von der Norm darstellt. Und die ist bis 10kHz vorbildlich und in der Tat für MP3-Zwecke absolut ausreichend. Die anderen, auf 0 dB/1 kHz bezogenen, normalisierten Kurven sind:

rot: Reziproke Übertragungskurve der Tavernier-Schaltung

schwarz: Übertragungskurve der Tavernier-Schaltung

cyan: Reziproke RIAA-Norm-Kurve

grün: RIAA-Norm-Kurve

Gleichermaßen positiv sind die Rauschigenschaften der Schaltung: Am Eingang des Phono-Teils liegen nur max. 1,5 k als Last, was immer noch wesentlich besser ist als ein MM-System mit im Mittel 12 k im Bereich von 20 Hz ... 20 kHz (ca. +10 dB). Es wird also nicht mehr, sondern weniger Rauschen erzeugt als das Phono-Teil mit System sowieso liefern würde.

Der einzige Negativpunkt ist also die Tatsache, dass die Achsen der Graphik im Elektor-Artikel nicht korrekt beschriftet sind. Insofern schließe ich mich dem Aufruf von Audio Precision vom April 2010 an, mehr Präzision auch in solchen darstellenden Dingen walten zu lassen.

Burkhard Vogel

RIAA/REZIPRIAA

Umgekehrter RIAA-Adapter,

Elektor Juli/August 2010, S. 33

Irgendwie kam mir die Idee von Herrn Tavernier bekannt vor, und ich wurde alsbald fündig: In Elektor 11-1974 gab es den REZIPRIAA, der auch noch in etwa die gleichen, allerdings nicht zur reziproken

Anzeige

Programmierbare 2/3/4 Kanal Hochleistungsnetzgeräte der HMP Serie

ab 959 €*



- ☑ HMP2020: 1 x 0...32V/0...10A 1 x 0...32V/0...5A
- ☑ HMP2030: 3 x 0...32V/0...5A
- ☑ HMP4030: 3 x 0...32V/0...10A
- ☑ HMP4040: 4 x 0...32V/0...10A
- ☑ 188W/384W Ausgangsleistung durch intelligentes Powermanagement
- ☑ Geringe Restwelligkeit: <math>< 150\mu V_{\text{eff}}</math> durch lineare Nachregelung
- ☑ Hohe Stell- und Rückleseaufösung von 1mV bis zu 0,1mA
- ☑ Galvanisch getrennte, erdfreie und kurzschlussfeste Ausgänge
- ☑ EasyArb Funktion für frei definierbare U/I Verläufe

Arbitrary-Netzgerät HM8143

1.012 €*



- ☑ 2 x 0...30V/0...2A 1 x 5V/0...2A
- ☑ Auflösung der Anzeige 10mV/1mA
- ☑ Parallel- (bis zu 6A) und Serienbetrieb (bis zu 65V) möglich
- ☑ Elektronische Last bis 60W pro Kanal (max. 2A)
- ☑ Arbitrary-Netzgerät (4096 Stützpunkte, 12Bit): zur Erzeugung benutzerdefinierter Ausgangssignale
- ☑ Kostenlose PC-Software zur Steuerung und Erstellung von Arbitrary-Signalen
- ☑ Elektronische Sicherung und Trackingbetrieb für 30V-Ausgänge
- ☑ Externe Modulation der Ausgangsspannungen: Eingangsspannung 0...10V, Bandbreite 50kHz

Dreifach-Netzgerät HM7042-5

575 €*



- ☑ 2 x 0...32V/0...2A 1 x 0...5,5V/0...5A
- ☑ Leistungsfähiges und preiswertes Netzgerät für Laboranwendungen
- ☑ Erdfreie, überlastungs- und kurzschlussfeste Ausgänge
- ☑ Getrennte Anzeigen für Strom und Spannung für jeden Ausgang: 4-stellig bei Kanal 1+3; 3-stellig bei Kanal 2
- ☑ Auflösung der Anzeige: 10mV/1mA bei Kanal 1+3; 10mV/10mA bei Kanal 2
- ☑ Wahlweise Strombegrenzung oder elektronische Sicherung zum Schutz des Verbrauchers
- ☑ Taste zum Ein-/Ausschalten der Ausgänge

* zuzüglich Mehrwertsteuer

Wer macht denn so was ?

Labcenter, Elektor März 2010, S. 43

Dass Transistoren gleicher Typenbezeichnung bei verschiedenen Herstellern in den Datenblättern unterschiedliche Anschlussbelegungen haben, kommt wohl häufiger vor. Insbesondere Siemens (heute Infineon) scheint sich dabei von dem Rest der Welt zu unterscheiden. Den in Elektor genannten BC639 von Siemens habe ich noch in einem einzigen Exemplar bei mir gefunden und durchgemessen, leider war er defekt. Beim BC369 wurde ich dann fündig: Siemens gibt auch hier im Datenblatt eine abweichende Pinbelegung an, beim Durchmessen zeigte sich aber, dass die Anschlussbelegung nicht mit dem Siemens-Datenblatt, sondern mit dem der anderen Hersteller übereinstimmt. Hier scheint also das Datenblatt von der Wirklichkeit abzuweichen.

Kalle Rüßmann

Sie haben Recht: Wir haben sechs BC639-Datenblätter gefunden (Siemens/Infineon, Philips, Fairchild, Motorola, ON und μ E), und nur Siemens/Infineon gibt die Anschlussreihenfolge mit E-C-B statt B-C-E an. Könnte ein Fehler im Siemens-Datenblatt sein.

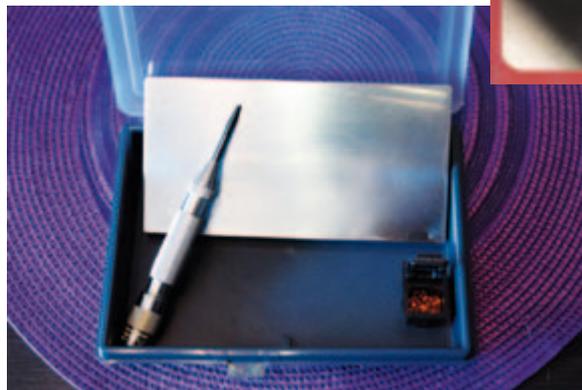
Durchkontaktieren und SMDs

Schnell zu sicheren Vias, Elektor Juli/August 2010, S. 82 (090425)

Es gibt auch ein „professionelles“ Zwischending zum Durchkontaktieren von selbstgefertigten Leiterplatten, das auch das Anbringen von Vias unter SMD-ICs mit Massepad („Exposed Bottom Pad“ bei LFCSP und QFN Gehäusen) HF-tauglich erlaubt!

Das Problem: Durchgesteckte Drähte tragen oftmals zu sehr auf der Oberfläche auf, so dass SMD-Gehäuse nicht mehr plan aufliegen können. Ein bekanntes Durchkontaktier-System lässt sich leicht selbst nachbauen - man wird sogar bei Reichelt fündig! Man nehme den „Automatischen Körner“ (RENN 430 130), Durchkontaktiernieten (NIETEN 0,6MM), eine Box (RAACO PSC 6-1), eine SMD Klappbox (ESD BOX 1 SW/SW) von Reichelt und eine ca. 150x80x8 mm große (Edel-)Stahlplatte. Das Wichtigste ist das Nietwerkzeug: Die gehärtete Spitze des Körners wird mit einem Hartmetall-Drehstahl abgedreht,

bis die Spitze locker in die Nieten passt (ca. 0,5 – 0,55 mm Durchmesser, ca. 0,6 mm lang. Der Innenradius am Dorn soll möglichst klein, aber größer Null sein. Da ich nur Wendeschneidplatten mit 0,4 mm Radius besitze, habe ich mit einem Schleifstein nachgeholfen. Am Besten ein paar Probenieten setzen - werden die Nieten nur „gestaucht“, ist der Radius zu klein, werden die Nieten krater-/kegelförmig aufgebogen oder der Restring reißt, ist er zu groß. Dasselbe gilt für den Durchmesser des Dorns - klemmt er nach dem Nietvorgang, ist er zu dick. Für fehlgeschlagene Drehversuche oder andere Nietdurchmesser gibt es bei der Hoffmann-Group Ersatz-Körnerspitzen: (749600 4x46).



Die Oberfläche der Platte sollte glatt und eben sein, am Besten gefräst. Die 1000er-Packung Nieten reicht auch für drei Elektroniker und so rentiert sich auch die Sammelbestellung, nur das korrekte Auszählen der Anteile ist mühsam. ;-) Noch eine Anmerkung: Nehmt den Lesern mal die „Angst vor SMD“! Ein HF-IC ist nicht umsonst (nur) in SMD-Ausführung erhältlich. Abgesehen vom Platzbedarf sind die elektronischen Eigenschaften einfach besser. Es tut mir weh, wenn ein SMD IC auf DIL adaptiert wird und sogar die Abblockkondensatoren dann noch bedrahtet und einige Millimeter entfernt sind. In fast jedem Datenblatt findet man den Hinweis mit „As short and fat as possible“ im Zusammenhang mit Blockkondensatoren, Schaltreglern und so weiter. Ich habe schon mit 12 Jahren von derartigen Hinweisen im Conrad-Katalog bei den 78xx-Spannungsreglern gelernt und profitiert. Die Welt bleibt nicht stehen, warum wird es dem (eh schon mangelnden) Nachwuchs vorenthalten?



Natürlich sind bedrahtete Bauelemente für manche ältere Leser gewohnt und bequemer, der Bestückungsaufwand ist aber deutlich höher als bei SMD-Bauteilen. Wie wäre es mit 1206 bei Chipbauteilen? Diese sind bei Conrad und Reichelt lieferbar, günstig und lassen sich

auch mit einem „1.6er-Eisen“ gut löten. Ich löte auch 0402- und LFCSP-Bauteile mit der Weller 0,8mm-LT-H!

Benjamin Kaindl

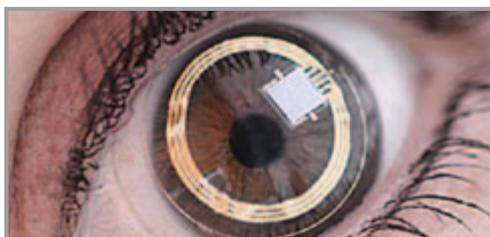
Elektor ist schon seit 25 Jahren dabei, den Lesern „die Angst vor SMDs“ (so vorhanden) zu nehmen. Man glaubt es kaum, aber bereits im Dezemberheft 1985 (!) hatten wir SMD als Titelthema – inklusive einer Bauanleitung mit SMD-bestückter Platine für den Selbstversuch. Es war natürlich kein Zufall, dass wir uns dafür eine HF-Schaltung ausgesucht hatten: Es handelte sich um eine kleine HF-Verstärkerschaltung für eine LMK-Aktivantenne, bestehend aus einem BF990 (SMD) mit drei SMD-Widerständen und zwei SMD-Kondensatoren. In den Jahren danach gab es immer wieder Beiträge zum Thema SMD, und ein Zweiteiler hatte sogar den zu Ihrem Aufruf passenden Titel:

„SMDs? Don't panic!“ von Christian Tomanik, Teil 1 (1/2003) und Teil 2 (2/2003). Zu finden unter www.elektor.de/020305-I und www.elektor.de/020305-II – und immer noch lesenswert...

Von Phil Knurhahn

Kampf dem Glaukom

Eine ziemlich häufige Augenerkrankung - die zweithäufigste Ursache für Erblindung weltweit - beruht auf einem überhöhten Augeninnendruck. Ein Glaukom („Grüner Star“) entsteht, wenn die im Auge befindliche Kammerflüssigkeit nicht mehr korrekt abfließen kann. Das schädigt den Sehnerv und führt zur Erblindung. Der Patient nimmt das erst wahr, wenn es zu spät ist: Ein Glaukom verursacht keine Schmerzen. Augenärzte empfehlen daher, regelmäßigen Augeninnendruck überprüfen zu lassen. Doch dieser Wert schwankt über den Tag und so wäre eine 24-Stunden-Überwachung bei gefährdeten Patienten wünschenswert. Und genau darauf hat sich die Sensimed AG in Lausanne mit ihrem „Triggerfish“ fokussiert. Dort wurde eine MEMS-Schaltung entwickelt, die in eine weiche Kontaktlinse eingebettet ist (Bilder: Sensimed) und Dehnungen von wenigen Mikrometern messen kann. Auf dem Chip ist ein Mikrocontroller und ein Sender integriert, der die erfassten Daten per Funk nach außen transportiert. Dafür wird eine Einweg-Antenne rund ums Auge aufgeklebt, die dann die Daten an einen tragbaren, batteriebetriebenen Speicher weiterleitet. Umgekehrt wird die geringe Betriebsenergie des Chips in der Gegenrichtung drahtlos übertragen. Wenn erforderlich, kann diese



24-Stunden-Messung einige Tage in Folge durchgeführt werden – es muss nur jeweils eine neue Linse eingesetzt werden (Bild: Sensimed). Dem Vernehmen nach steht Sensimed mit STMicroelectronics in Kontakt, um die MEMS-Chips serienmäßig in größeren Stückzahlen herzustellen.

www.sensimed.ch



Praxistest: Serviceroboter im Altenheim

Pflegekräfte im Seniorenheim sind mit ihrer eigentlichen Aufgabe so ausgelastet, dass für viele kleine Wünsche seitens der Betreuten kaum Zeit bleibt. In Japan hat man sich dieses Themas schon vor etwa vier Jahren angenommen und Prototypen von Servicerobotern entwickelt, die für solche „Kleinigkeiten“ wie Getränke oder Post bringen zuständig sind. 2008 ist auch das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (FhG IPA) gemeinsam mit weiteren Partnern in das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Projekt „WiMi-Care“ eingestiegen. Dabei wurde zunächst untersucht, welche Aufgaben auf Roboter verlagert werden können. In einem ersten Praxistest im Stuttgarter Altenpflegeheim „Parkheim Berg“ wurde der Roboterassistent „Care-O-bot 3“ eingesetzt, den Forscher des Fraunhofer IPA entwickelt haben (Bild: FhG IPA; Video siehe untenstehender Link). Er versorgte die Bewohner des Altenpflegeheims mit

Getränken.

Die Bewohner reagierten durchweg positiv auf den Roboter und verstanden, dass sie den Becher vom Tablett nehmen sollen. Tatsächlich getrunken haben die Patienten aber nur selten. Jetzt arbeitet man daran, den Roboter überzeugender aufzutre-

ten zu lassen. Er soll eben nicht nur als Zeitvertreib angesehen, sondern ernst genommen werden.

www.care-o-bot.de

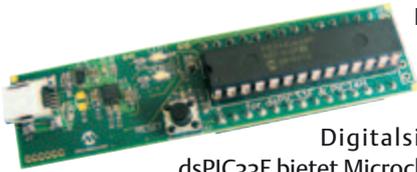
Hier kommt die AutoTram

Feierabend: Die Fahrgäste stehen und warten auf die AutoTram. Sie ist so lang wie eine Straßenbahn und wendig wie ein Bus und vereint die jeweiligen Vorteile der Fahrzeuge: Schienen und Oberleitungen sind nicht notwendig – die Busbahn rollt auf Gummireifen und folgt einfach weißen Linien auf der Straße (Bild: FhG IVI). Das Fahrzeug ist Objekt der Fraunhofer-Systemforschung, einer Forschungskoooperation von 33 Fraunhofer-Instituten. Professor Holger Hanselka, Koordinator des Projekts, erklärt: „Wir wollen die Elektromobilität in Deutschland voranbringen. Mit unseren beiden Versuchsplattformen – der AutoTram und einem Pkw – zeigen wir, dass die neuen Komponenten im Zusammenspiel funktionieren“. Da Busse und Bahnen den ganzen Tag unterwegs sind, bleibt wenig Zeit, die Batterien zu laden. Schnellladestationen an jeder dritten oder vierten Haltestelle könnten eine Lösung sein. In 30 bis 60 Sekunden muss die erforderliche Energiemenge bei mehr als 1.000 Ampere und 700 Volt getankt werden, was nur möglich ist, wenn die Energie in speziellen Doppelschichtkondensatoren (Supercaps) aufgenommen wird. Die Forscher arbeiten an den dazu notwendigen Modulen, neben den Energiespeichern sind das Hochleistungswandler und Kontaktsysteme zur Übertragung des Stroms. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF fördert das Vorhaben mit insgesamt 44 Millionen Euro.

www.fraunhofer.de/presse/presseinformationen/2010/07/Mit_der_Autotram_ins_Buero.jsp



USB-Entwicklungsstick



Für das Design kompletter Lösungen mit den 16-bit-Mikrocontrollern vom Typ PIC24H und den Digitalsignalcontrollern vom Typ dsPIC33F bietet Microchip ab sofort eine „Microstick-Entwicklungsplatine“ mit den Abmessungen 20 mm x 76 mm an. Der USB-Entwicklungsstick verfügt über einen integrierten USB-Programmer/Debugger und wird für 24,99 US-\$ angeboten. Für Schulungsveranstaltungen werden 25 % Ermäßigung gewährt. Interessant an dem Stick ist, dass er einen DIL-Sockel zum Aufstecken des Controllers bietet. Wahlweise kann ein 16-bit-Mikrocontroller PIC24HJ64GP502 oder ein DSP-ähnlicher Controller dsPIC33FJ64MC802 aufgesteckt werden. Beide Controller sind im Lieferumfang enthalten.

Zur Unterstützung stehen die freie MPLAB IDE und Software-Bibliotheken zur Verfügung, die auch mit allen anderen 8/16/32-bit-PIC-Mikrocontrollern und DSCs von Microchip zusammenarbeiten. Die dsPIC33F-DSCs werden zusätzlich durch die freie Demoversion des Device Blocksets für MATLAB und die Simulink-Umgebung unterstützt, die problemlos innerhalb der MPLAB IDE funktionieren.

Besonders empfiehlt sich das Tool zum Experimentieren und für die Entwicklung von intelligenten Sensoren sowie eingebetteten Regel- und Steuerapplikationen.

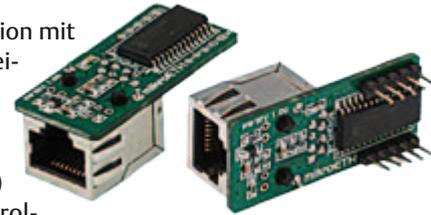
www.microchip.com/get/LBHK

Ethernet für Embedded-Anwendungen

Wenn eine Embedded-Applikation mit Ethernet ausgestattet ist, erweitert das ihre Funktionalität beträchtlich, denn dann wird eine Kommunikation mit einem Rechnernetz (Intranet/Internet) möglich. So können Mikrocontroller an einen PC überall auf der Welt Daten übermitteln oder auch von dort Befehle empfangen.

Das neue „mikroETH Board“ des bekannten Entwicklungstoolherstellers Mikroelektronika ist mit einem ENC28J60 Ethernet Controller von Microchip (MAC & PHY, 8 KB RAM und SPI-Interface) sowie einer RJ45-Buchse mit Übertrager ausgestattet. Neue und bereits bestehende Mikrocontroller-Anwendungen lassen sich damit auf schnelle und einfache Weise mit Ethernet ausrüsten, nicht zuletzt auch wegen der mitgelieferten Softwarebeispiele (UDP, HTTP Server und mehr). Darüber hinaus hat der Hersteller ein PIC-basiertes Board zur einfachen Realisierung von MMC/SD-Speicher-Applikationen (MMC Ready Board) sowie eine Platine mit einem GSM/GPRS-Modul (SmartG100 Board) neu im Programm. Zu den Boards werden Programmbeispiele in C, Basic und Pascal (für die herstellereigenen Compiler) mitgeliefert, welche die Softwareentwicklung stark vereinfachen.

www.mikroe.com



Anzeige



DAS ORIGINAL SEIT 1994

PCB-POOL

Beta LAYOUT

NEU!

cool!
ALU-Kern Leiterplatten

dichter!
5mil track / 8mil drill

schneller!
Multilayer in 3 AT

knackiger!
Ritztechnik

kostenlos!
Free Stencil

Alle eingetragenen Warennamen sind eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Hersteller.

www.beta-layout.de
Beta
LAYOUT
info@beta-layout.de

Rundes TFT-Display

Ein rundes Display ist prädestiniert für die Anzeige von Werten, die sich dynamisch ändern. Auch wenn überwacht werden muss, dass ein Wert innerhalb eines bestimmten Bereiches verbleibt, eignet sich diese Bauform sehr gut.

LC Design bietet ein rundes TFT-Display mit einem Durchmesser von 2,28" (ca. 5,8 cm) und einer Auflösung von 240 x 240 Bildpunkten (RGB) an. Das LC240240R zeichnet sich durch einen hohen Kontrast, einen weiten Blickwinkelbereich und eine hohe Helligkeit (1000 cd/m²) aus. Mit einem großen Temperaturbereich ist das Display auch für den Outdoor-Einsatz geeignet.

Eine Ansteuerelektronik, die eine einfache Programmierung von Skala, Zeiger und Messwertebereich erlaubt, ist in Vorbereitung. Damit können in einer Applikation über Schnittstellen (wie USB, RS232, I2C oder SPI) sehr einfach Werte übertragen werden, die Treiberelektronik visualisiert die Daten dann über einen Zeiger auf dem Display.

www.lcd-store.de



Oktober

2. Dortmund
Elektor-Workshop „Fahrzeugdiagnose in der Praxis“
www.elektor.de/fahrzeugdiagnose

5. Frankfurt am Main
REACH
Die EU-Chemikalienverordnung REACH und die Anforderungen an Unternehmen der Elektronikindustrie sind das Thema.
www.zvei.org/uploads/tx_ZVEIveranstaltungen/SE-05-10-10_01.pdf

8. München
Elektor-Seminar „Eagle PCB und Design“
www.elektor.de/eagle-seminar

8. München
Elektor-Workshop „Grafische PIC-Programmierung“
Die grafische Programmierung mit Flowcode und die modulare E-blocks-Hardware eignen sich bestens für Mikrocontroller-Einsteiger.
www.elektor.de/pic-flow

9. München
Elektor-Workshop „Grafische AVR-Programmierung“
Siehe 8.10., diesmal mit AVRs.
www.elektor.de/avr-flow

9. München
Elektor Workshop „Praxis des Gitarren-Röhrenverstärkers“
www.elektor.de/gitarren-roehren

12. - 13. München
ecodesign congress
Kongress zu den Themen „grüne“ Elektronik und dem Ökodesign elektronischer Produkte.
www.ecodesign-congress.de

12. - 15. Wien
Vienna TEC
Sechs Fachmessen (Elektronik, Automatisierung, Messtechnik u.a.) finden hier gleichzeitig statt.
www.vienna-tec.at

19. - 20. Ludwigsburg
Entwicklerforum Embedded-System-Entwicklung
An Tag 1 geht's um Hardware, Tag 2 widmet sich der Software.
www.elektroniknet.de/termine/details/?schid=8617

19. - 21. München
eCarTec
Fachmesse zur Elektromobilität.
www.ecartec.de

19. - 21. Dresden
Semicon Europa 2010
Messe rund um die Halbleiterproduktion.
www.semi.org/semiconueuropa

20. München
Elektor-Seminar „PIC18-Mikrocontroller-Programmierung“
Architektur und Befehlssatz, Assembler und Simulator sind einige der Themen.
www.elektor.de/pic18

21. München
Elektor-Workshop „MSR über das Internet“
www.elektor.de/msr-workshop

22. - 23. München
Elektor-Intensivkurs „AVR-Mikrocontroller in der Praxis“
www.elektor.de/avr-workshop

26. - 27. Hamburg
Energieautarke Sensorik
Der Workshop wird die Themenfelder Energiewandler, Sensorik und Anwendungen abdecken.
<http://conference.vde.com/eas2010/Pages/eas2010-home.aspx>

27. - 28. Fürstfeldbruck
Virtuelle Instrumente in der Praxis
Kongress von National Instruments.
www.ni.com/german/vip

28. Frankfurt am Main
Elektor-Workshop „MSR über das Internet“
www.elektor.de/msr-workshop

29. Dortmund
Elektor-Seminar „Eagle PCB und Design“
www.elektor.de/eagle-seminar

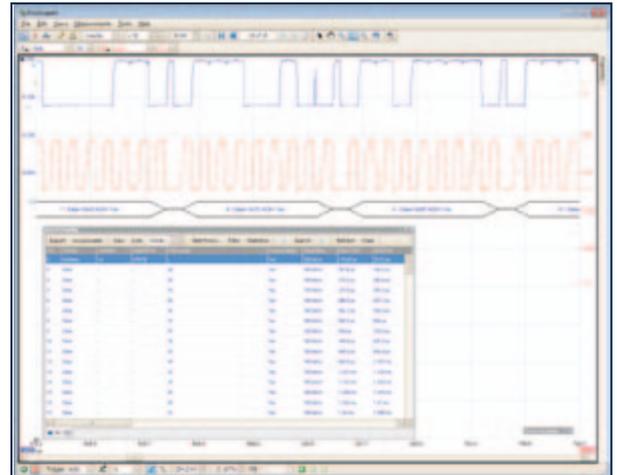
30. Hannover
Interradio 2010
Flohmarkt für Amateurfunker.
www.interradio.info

30. Leipzig
Elektor-Workshop „Praxis des Gitarren-Röhrenverstärkers“
www.elektor.de/gitarren-roehren

pico
Technology

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/scope2021

Ströme messen und mehr



20 Strommesszangen im Vergleich

Von Harry Baggen (Redaktion NL)

Vermutlich verfügt jeder Elektroniker über ein Multimeter, das er ständig in Gebrauch hat. Strommesszangen begleiten den Arbeitsalltag weniger häufig, denn sie werden üblicherweise der Energieverteilungstechnik zugeordnet. Doch Strommesszangen können weit mehr als hohe Wechselströme berührungsfrei messen. Da sich die Preise in ähnlichen Dimensionen wie die der Multimeter bewegen, ist die Investition eine Überlegung wert. Wir haben 20 Modelle der Preisklassen von einigen zehn bis zu etlichen hundert Euro miteinander verglichen.

Strommesszangen gehören nicht nur in die Hand des Elektroinstallateurs. Weil moderne Messzangen auch Gleichströme und weitere Größen berührungsfrei messen können, lässt sich vieles schnell

ler und sicherer als mit dem Multimeter bewerkstelligen.

Die Strombereiche der meisten Multimeter stoßen bei 10 A an ihre Grenze. Beim Über-

schreiten löst eine Sicherung aus, und wenn nicht, wird der interne Messwiderstand zerstört. Mit hohen Strömen hat man es nicht nur bei Geräten am Wechselstromnetz zu tun, sondern zum Beispiel auch bei Bordag-

gregaten von Kraftfahrzeugen, den Antrieben von Modellflugzeugen oder den Prozessoren auf den Hauptplatinen von PCs. Spätestens hier beginnt die Domäne der Strommesszangen.

Angebot

Wir waren überrascht, wie vielfältig das Angebot der Messgeräte-Industrie an Stromzangen ist. Bei einigen Anbietern gibt es sogar mehr Stromzangen als Multimeter. Daraus kann man schließen, dass Strommesszangen durchaus gefragte Produkte sind. Moderne Strommesszangen geben nicht nur dem Starkstromelektriker, sondern auch dem Elektroniker wertvolle Hilfestellung. Wechselströme und Gleichströme sind berührungsfrei messbar, und auch das Messen von Spannungen, Widerständen, Kapazitäten, Frequenzen und Temperaturen wird von vielen Modellen unterstützt.

Diese Strommesszangen können ein vollwertiger Ersatz für das konventionelle Multimeter sein. Ihre besondere Stärke liegt darin, dass ihre Strommessbereiche den Multimetern um ein Vielfaches überlegen sind, sie reichen bis 100 oder sogar 1000 Ampere, und das ohne das Risiko, dass eine interne Sicherung schmilzt oder ein Messwiderstand zerstört wird.

Wir haben uns bemüht, aus dem umfangreichen Marktangebot eine Auswahl herauszufiltern, die den unterschiedlichen Preisklassen gerecht wird. Alle hier vorgestellten Strommesszangen messen AC- und DC-Größen, daneben sind sie gleichermaßen zum Messen „niedriger“ Ströme geeignet. Vorgestellt werden auch zwei Strommesszangen-Adapter für den Anschluss an ein vorhandenes Multimeter oder Oszilloskop.

Prinzip

Die elektrische Konstruktion einer Strommesszange ist mit einem herkömmlichen Netztransformator vergleichbar. Das Joch (die „Gabel“) hat meistens die Gestalt eines kreis- oder ellipsenförmigen Blechpakets, das aus zwei Teilen besteht. Die Teile lassen sich auseinander klappen, so dass sie um die stromführende Leitung gelegt werden können. Der hindurchfließende Strom hat

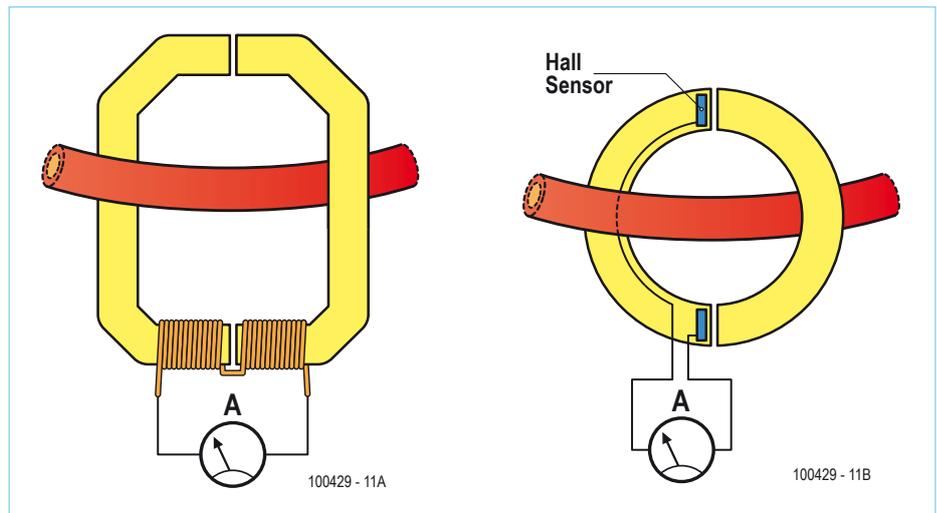


Bild 1. Strommesszangen arbeiten nach dem Prinzip des Transformators (a). Die Funktion der sekundären Wicklung wird in den meisten Geräten von Hall-Sensoren übernommen (b).

ein magnetisches Feld zur Folge, das in die Wicklung des Blechpakets eine Spannung induziert (Bild 1a). Die Wicklung ist mit einem Auswertesystem verbunden, das die Höhe des Stroms errechnet und auf einem Display darstellt. In die Auswertung geht die Windungszahl der Wicklung unmittelbar ein.

Die meisten Strommesszangen heutiger Bauart verwenden statt der Wicklung so genannte Hall-Sensoren als Messfühler. Hall-Sensoren sind Halbleiter-Bauelemente, die auf magnetische Felder reagieren. Abhängig von der Konstruktion und von der

gewünschten Genauigkeit werden ein Hall-Sensor oder zwei Hall-Sensoren im Luftspalt der Blechpakete angeordnet (Bild 1b). Die Ausgangsspannungen der Hall-Sensoren sind proportional zur Stärke des magnetischen Felds, das vom stromdurchflossenen Leiter hervorgerufen wird.

Das beschriebene Prinzip erlaubt es, hohe Ströme auf unkomplizierte und berührsichere Weise zu messen. Hall-Sensoren als Messfühler ermöglichen auch das unterbrechungsfreie Messen von Gleichströmen - eine Eigenschaft, die insbesondere für den Einsatz in der Elektronik von Bedeutung ist.



Bild 2. Die Hall-Sensoren befinden sich in den Luftspalten des Jochs. Bei dieser Messzange von Fluke sind sie deutlich zu erkennen.



Bild 4. Strommesszangen sind komplexe Messsysteme mit vielen Abgleichpunkten. In diesem Modell haben wir 15 Trimpotis gezählt!

Agilent U1213A

Multifunktionale Messzange für den Profi, Leitungsdurchmesser bis 50 mm. Die Zange misst außer Strömen auch andere Größen, beispielsweise Frequenzen und Duty-Cycle. Das Display mit zusätzlicher Balkenanzeige erlaubt das gleichzeitige Messen von zwei Größen. Die Grundeinstellungen werden über ein Menü festgelegt. Lieferung mit Messkabeln und Tasche.



Appa 30R

Handliche, solide kleine Messzange mit allen Grundfunktionen (keine Extras), 20 mm max. Leitungsdurchmesser. Beim Einschalten muss die Funktion Peak/Hold eingestellt sein, was etwas umständlich ist. Die True-RMS-Anzeige der Messzange stimmt nicht mit der Beschreibung im Handbuch überein. Lieferung mit Messkabel und Tasche.



Benning CM2

Die kleine, handliche Strommesszange im weinroten Gehäuse beherrscht lediglich die Grundfunktionen sowie das Messen von Spannungen und Widerständen. Auch hier muss beim Einschalten die Funktion Peak/ Hold eingestellt sein. Klar gestaltetes, mehrsprachiges Handbuch. Messkabel und Tasche im Lieferumfang.



ELV ST-9700T

Kleine Messzange mit vergleichsweise großer Gabel. Das Display-Fenster kann relativ leicht eingedrückt werden. Einzige im Test ohne Auto-Ranging und Auto-Shutoff. Separater Ein/Aus-Schalter. Zum Lieferumfang gehören ein Temperaturfühler, Messkabel und Tasche.



Extech EX613

Ansprechendes Gerät in Hellorange mit verschließbaren Eingangsbuchsen und vielen Extras wie das Messen von Kapazitäten und Frequenzen (bis 100 MHz). Getrennte Buchsen für zwei Temperaturfühler (Typ K, im Lieferumfang). Eingebauter Leitungsfinder für Netzspannung. Inklusive Messkabel und Tasche.



Fluke 355

Diese professionelle Messzange setzt Maßstäbe, sie misst Ströme bis 2000 A. Das großflächige Display zeigt außer dem Wert der Messgröße auch die Frequenz des gemessenen Signals an. Der interne Tiefpass wirkt überlagerten hochfrequenten Störsignalen entgegen. Zum Gerät gehören ein ausführliches Kalibrierungsprotokoll, ein Satz Messkabel und eine Tasche.



HT9021

Robuste Messzange mit breiter Gabel des italienischen Herstellers HT. Gut ablesbares Display mit zusätzlicher Balkenanzeige zum Beobachten von Größenänderungen. Vorhanden sind zahlreiche Messfunktionen (Spannungen bis 1000 V) sowie ein kontaktloser Leitungsfinder. Einschließlich Temperaturfühler, Messkabel und Tasche.



Kyoritsu 2300R

Handliche kleine Messzange, ausschließlich konstruiert zum Messen von Strömen bis 100 A. Die Zange hat eine offene Gabel, sie lässt sich bequem auf Leitungen bis 10 mm Durchmesser schieben. Eingebaut ist ein kontaktloser Leitungsfinder zum Aufspüren von Leitungen, die Netzspannung führen. Lieferung mit Tasche.



Kyoritsu 2046R

Strommesszange für den Profi mit breiter Gabel und zahlreichen zusätzlichen Messfunktionen wie Spannung, Widerstand, Kapazität, Frequenz und Duty-Cycle. Großflächiges, schnell ablesbares Display mit Balkenanzeige. Eingebauter kontaktloser Leitungsfinder für Netzspannung. Mit Messkabeln und Tasche.



Mastech MS2102

Handliches Gerät mit relativ großer Gabel. Trotz des günstigen Preises in einem soliden, ergonomischen Gehäuse. Das nicht so große Display ist gut ablesbar und verfügt auch über eine Balkenanzeige. Eine Peak-Hold-Taste fehlt, Messkabel und Tasche gehören dazu.



Megger DCM340

Gut in der Hand liegende, robuste Messzange mit breiter Gabel. Kontrastreiches Display mit digitaler und analoger Anzeige. Ein besonderes Merkmal sind die separaten, anwenderfreundlichen Taster für die Zusatzfunktionen. Die Bedienungsanleitung ist etwas kurz. Messkabel und Tasche sind auch hier dabei.



Metrix MX675

Solide professionelle Messzange mit breiter Gabel, geeignet für Leitungen mit großen Querschnitten. Gut ablesbares Display, gleichzeitige Darstellung von Strom und Spannung/ Frequenz oder Spannung und Strom/Frequenz. Temperaturen werden gleichzeitig in °C und °F angezeigt. Temperatursensor, Messkabel und Tasche im Lieferumfang.



Multimetrix CM 605

Unkompliziertes und handliches Gerät mit relativ kleiner Gabelöffnung (12 mm) für „niedrige“ Ströme bis 100 A. Der untere Messbereich geht bis 10 A, so dass auch kleine Ströme gemessen werden können.



Zur Darstellung auf einem Oszilloskop ist eine zur Messgröße proportionale Ausgangsspannung vorhanden. Lieferung mit Kabel und Tasche.

Peaktech 1615

Multifunktionale Messzange mit großem Display und breiter Gabel für starke Leitungen. Zahlreiche Zusatzfunktionen wie das Messen von Frequenzen, Kapazitäten und Duty-Cycles. Das Auto-Ranging ist abschaltbar, aber ein Peak-Hold-Taster fehlt. Mit Temperatursensor, Messkabeln und Tasche.



Peaktech 1645

Handliche kleine Messzange für Leitungen bis 15 mm Durchmesser. Die Bedienung mit Drehknopf und Drucktastern ist etwas übungsbedürftig. Die Balkenanzeige im Display folgt den Signaländerungen. Weitere Merkmale: Integrierte Taschenlampe sowie kontaktloser Leitungsfinder für Netzspannung. Messkabel und Tasche sind dabei.



Velleman DCM268N

Strommesszange mit breiter Gabel, geeignet für Leitungsdurchmesser bis 30 mm. Diverse zusätzliche Funktionen wie Frequenz- und Kapazitätsmessung erweitern das Einsatzfeld. Großflächiges Display mit zusätzlicher Balkenanzeige. Das Gerät ist zusammen mit dem Zubehör in einem Kunststoffkoffer untergebracht.



Velleman DCM270

Einfache Messzange ohne Auto-Ranging, mit der nur Gleich- und Wechselströme bis 80 A gemessen werden können. Spannungs- und Widerstandsmessungen sind nicht möglich.



Zur Ausstattung gehören eine integrierte Taschenlampe sowie ein Leitungsfinder für Netzspannung. Eine Tasche ist auch hier dabei.

Voltcraft VC-521

Kleine handliche Messzange zum günstigen Preis. Die Funktionen werden mit einem Drehschalter bedient. Die Vielseitigkeit überrascht, es können zum Beispiel auch Frequenzen, Kapazitäten und Duty-Cycle gemessen werden. Eingebauter Leitungsfinder für Netzspannung. Mit Temperaturfühler, Messkabeln und Tasche.



Praxis- und Labortest

Wir haben jedes Gerät unter praxisnahen Bedingungen ausprobiert. Gemessen wurde zum Beispiel der Motorstrom eines Elektroflugmodells und der Anlasserstrom eines Mittelklasse-PKWs. Dabei erwies sich das Messen und Speichern von Spitzenwerten (sofern möglich, siehe Tabellen) als besonders praktisch. Anschließend haben wir feste Referenzströme von 10 A und 40 A gemessen, was mit allen getesteten Modellen möglich war. In den Bereichen über 10 A betragen die Auflösungen 10 mA oder 100 mA. Dazu ist anzumerken, dass der remanente Magnetismus des Messsystems Abweichungen verursachen kann, die in einer ähnlichen Größenordnung liegen. Aus diesem Grund müssen Messzangen bei Gleichstrommessungen vor jedem Messvorgang auf Null gestellt werden. Bei Wechselstrommessungen ist diese Maßnahme natürlich nicht notwendig.

Die Genauigkeit lag bei allen Modellen sowohl bei Gleichstrom- als auch bei Wechselstrom-Messungen innerhalb der von den Herstellern angegebenen Toleranzen (1...3 %). Von den Modellen des gehobenen Preissegments (wie Agilent U1213A, Fluke 355 und Matrix M675) hatten wir nichts anderes erwartet, sie waren zum Teil beträchtlich genauer als angegeben. Doch auch die niedrigpreisigen Modelle wie das Mastech MS2102 oder das Voltcraft VC-521

Die Daten im Vergleich										
	Agilent U1213A	Appa 30R	Benning CM2	ELV ST-9700T	Extech EX613	Fluke 355	HT 9021	Kyoritsu 2300R	Kyoritsu 2046R	
Preis	320 € (+Mwst.)	210 €	140 €	100 €	165 €	638 € (+Mwst.)	345 € (+Mwst.)	146 € (+Mwst.)	265 € (+Mwst.)	
Strom (AC)	1000 A	300 A	300 A	600 A	400 A	2000 A	1000 A	100 A	600 A	
Grundgenauigkeit	±2 % +5 dg.	±1 % +3 dg.	±1 % +3 dg.	±3 % +4 dg.	±1,5 % +5 dg.	±1,5 % +5 dg.	±2,2 % +8 dg.	±2 % +5 dg.	±2 % +5 dg.	
Strom (DC)	1000 A	300 A	300 A	600 A	400 A	2000 A	1000 A	100 A	600 A	
Grundgenauigkeit	±1,5 % +3 dg.	±1 % +2 dg.	±1 % +2 dg.	±3 % +6 dg.	±1,5 % +5 dg.	±1,5 % +5 dg.	±2 % +8 dg.	±2 % +5 dg.	±1,5 % +5 dg.	
Spannung (AC)	1000 V	600 V	600 V	600 V	600 V	1000 V	1000 V	-	600 V	
Grundgenauigkeit	±1 % +5 dg.	±1,5 % +5 dg.	±1,5 % +5 dg.	±1,5 % +3 dg.	±2 % +5 dg.	±1 % +5 dg.	±1 % +4 dg.	-	±1,5 % +5 dg.	
Spannung (DC)	1000 V	600 V	600 V	200 V	600 V	1000 V	1000 V	-	600 V	
Grundgenauigkeit	±1 % +2 dg.	±0,5 % +2 dg.	±0,5 % +2 dg.	±1 % +2 dg.	±0,1 % +2 dg.	±1 % +5 dg.	±1 % +3 dg.	-	±1 % +5 dg.	
Widerstandsmessung	40 MΩ	40 MΩ	40 MΩ	2 kΩ	40 MΩ	400 kΩ	60 MΩ	-	60 MΩ	
Durchgangsprüfung	< 10 Ω	< 50 Ω	< 50 Ω	< 25 Ω	< 50 Ω	< 30 Ω	< 50 Ω	-	< 100 Ω	
Leitungsdurchmesser	48 mm	22 mm	22 mm	30 mm	33 mm	60 mm	42 mm	10 mm	33 mm	
True RMS	X	-	-	X	X	X	X	X	X	
Autoranging	X (abschaltb.)	X	X	-	X (abschaltb.)	X (abschaltb.)	X (abschaltb.)	-	X	
Auto-Shutoff/abschaltb.	15 min/X	30 min/-	30 min/-	30 min/-	30 min/X	20 min/X	15 min/X	10 min/-	15 min/-	
Peak/Δ Zero	X/X	X/X	X/X	-/X	X/X	X/X	X/X	-/X	X/X	
Min/Max/Hold	X/X/X	-/X	-/X	-/X	X/X/X	X/X/X	X/X/X	-/X	X/X/X	
Display/Beleuchtung	3 3/4 Digit/X	3 3/4 Digit/-	3 3/4 Digit/-	3 1/2 Digit/-	4 3/4 Digit/X	3 3/4 Digit/X	3 3/4 Digit/X	3 1/2 Digit/-	3 5/6 Digit/-	
Frequenzmessung	X (1 MHz)	-	-	-	X (100 MHz)	X (1 kHz)	X (60 kHz)	-	X	
Temperaturmessung	X	-	-	X	X (zweifach)	-	X	-	X	
Besondere Merkmale	Zweifachdisplay Balkenanzeige Duty-Cycle Kap.-Messung				Zweifachdisplay Duty-Cycle Kap.-Messung µA-Bereich	Zweifachdisplay Interner Tiefpass	Balkenanzeige Duty-Cycle Kap.-Messung	Offene Gabel	Balkenanzeige Duty-Cycle Kap.-Messung	

Die Daten im Vergleich										
	Mastech MS2102	Megger DCM340	Metrix MX675	Multimetrix CM605	PeakTech 1615	PeakTech 1645	Velleman DCM268N	Velleman DCM270	Voltcraft VC-521	
Preis	60 €	185 € (+Mwst.)	300 € (+Mwst.)	160 € (+Mwst.)	87 €	91 €	125 €	80 €	56 €	
Strom (AC)	400 A	600 A	1000 A	100 A	1000 A	200 A	1000 A	80 A	400 A	
Grundgenauigkeit	±2,5 % +5 dg.	±1,5 % +5 dg.	±1,5 % +5 dg.	±2,5 % +10 dg.	±3 % +5 dg.	±2,5 % +8 dg.	±2,8 % +8 dg.	±2,8 % +8 dg.	±2,5 % +10 dg.	
Strom (DC)	400 A	600 A	1400 A	100 A	1000 A	200 A	1000 A	800 A	400 A	
Grundgenauigkeit	±2,5 % +5 dg.	±1,2 % +5 dg.	±1,2 % +5 dg.	±2,5 % +10 dg.	±2,8 % +5 dg.	±2,5 % +5 dg.	±2,8 % +8 dg.	±2,8 % +8 dg.	±2,5 % +10 dg.	
Spannung (AC)	600 V	600 V	1000 V	600 V	600 V	600 V	600 V	-	600 V	
Grundgenauigkeit	±1,5 % +5 dg.	±1 % +5 dg.	±1 % +5 dg.	±1,5 % +5 dg.	±1,8 % +5 dg.	±1,5 % +8 dg.	±1,5 % +8 dg.	-	±2 % +8 dg.	
Spannung (DC)	600 V	600 V	1400 V	600 V	600 V	600 V	600 V	-	600 V	
Grundgenauigkeit	±1 % +5 dg.	±0,7 % +2 dg.	±1 % +2 dg.	±1 % +5 dg.	±1,5 % +3 dg.	±1 % +2 dg.	±0,8 % +2 dg.	-	±1,5 % +5 dg.	
Widerstandsmessung	400 Ω	400 Ω	10 kΩ	10 kΩ	40 MΩ	1 kΩ	40 MΩ	-	40 MΩ	
Durchgangsprüfung	< 40 Ω	< 30 Ω	< 35 Ω	< 100 Ω	< 100 Ω	< 30 Ω	< 35 Ω	-	< 100 Ω	
Leitungsdurchmesser	28 mm	36 mm	40 mm	12 mm	30 mm	16 mm	30 mm	16 mm	30 mm	
True RMS	-	-	X	-	-	X	X	-	-	
Autoranging	X (abschaltb.)	X	X	X	X (abschaltb.)	X	X	-	X	
Auto-Shutoff/absch.	30 min/X	30 min/X	10 min./X	30 min/X	35 min/-	10 min/-	20 min/-	7 min/-	30 min/-	
Peak/Δ Zero	-/X	X/X	X/X	X/X	-/X	X/X	X/X	-/X	-/X	
Min/Max/Hold	-/X	X/X/X	X/X/X	-/X	-/X	X/X/X	X/X/X	-/X	-/X	
Display/ Beleuchtung	3 3/4 Digit/X	3 3/4 Digit/X	4 Digit/X	4 Digit/-	3 3/4 Digit/X	3 5/6 Digit/X	3 3/4 Digit/X	3 2/3 Digit/-	3 3/4 Digit/-	
Frequenzmessung	-	X (400 Hz)	X (10 kHz)	-	X (100 kHz)	-	X (4 kHz)	-	X (10 kHz)	
Temperaturmessung	-	-	X (°C und °F)	-	X	-	X	-	X	
Besondere Merkmale	Balkenanzeige	Balkenanzeige	Zweifachdisplay	Analoger Ausgang für Strommessung	Kap.-Messung Duty-Cycle	Balkenanzeige	Balkenanzeige Kap.-Messung		Kap.-Messung Duty-Cycle	

zeigten eine überraschend gute Genauigkeit.

Alle getesteten Modelle sind bei Wechselstrommessungen für eine Netzfrequenz von 50...60 Hz ausgelegt. Höhere Frequenzen bis zu einigen hundert Hertz stellen für die meisten Modelle kein Problem dar, darüber sinkt die Genauigkeit rapide. Nur einige Spitzenmodelle sind auch noch höheren Frequenzen gewachsen, die Grenze des i30 von Fluke liegt sogar über 20 kHz.

Das Messen nicht sinusförmiger Wechselgrößen, beispielsweise an Phasenanschnitt-Steuerungen, ist mit hinreichender Genauigkeit nur mit Modellen möglich, die True-RMS-fähig sind.

Wer die Wahl hat...

Das Angebot ist breit gefächert, die Endpreise der hier vorgestellten Messzangen bewegen sich von etwa 50 € bis 750 €. Ebenso wie bei den Multimetern gehen in die Preiskalkulation nicht nur die Material- und Herstellungskosten ein. Die garantierte Genauigkeit, der Aufwand für die Kalibrierung und die technische Unterstützung der Produkte wirken sich gleichermaßen aus. Für den Einsatz im professionellen Entwicklungslabor fallen diese Aspekte sicher stärker ins Gewicht als beim Einsatz im privaten Bereich. Dort dürfte die Bezahlbarkeit im Vordergrund stehen, während bei der Genauigkeit und Robustheit eher Kompromisse möglich sind.

Uns fiel auf, dass zwischen bestimmten Produkten

deutliche Übereinstimmungen bestehen. Möglicherweise wurden sie beim gleichen asiatischen Hersteller eingekauft und mit unterschiedlichen Labeln etikettiert. Kaum übersehbar ist die Verwandtschaft der Messzangen Appa 30R und Benning CM2, sie sind bis auf das äußere Erscheinungsbild identisch.

Die mechanische Robustheit der Messzangen unter 100 € reicht an das Niveau der teureren Exemplare nicht heran, insbesondere bei den Drehschaltern und Schiebepetastern bestehen Zweifel an der Haltbarkeit bei jahrelanger rauer Behandlung. Allerdings hat es in unserem Test keine Ausfälle oder Anzeichen für vorzeitigen Verschleiß gegeben.

Wenn der private Anwender die Messzange nicht allzu intensiv nutzt und ihm die Grundfunktionen genügen, ist er mit den Modellen Voltcraft VC-521 oder Mastech MS2102 sicher gut bedient. Leider können beide Modelle keine Spitzenwerte messen, eine Funktion, die in der Praxis recht nützlich ist.

Wer die Strommesszange stärker strapazieren möchte und auf hohe Vielseitigkeit Wert legt, muss etwas tiefer in die Tasche greifen. Unter den getesteten Modellen ist das Extech EX613 das vielseitigste Gerät zum moderaten Preis, es kann auch alle Aufgaben eines durchschnittlichen Multimeters übernehmen. Genau und solide, aber etwas weniger vielseitig sind die Modelle HT9021, Kyoritsu 2046R und Megger DCM340. Wenn es eine Messzange sein soll, deren präziser Kalibrierung man über einen längeren Zeitraum vertrauen kann, kommen die Modelle Metrix MX675 und Agilent U1213A in die engere Wahl. Besonders viel für seinen Preis bietet das zuletzt genannte Modell.

Das Flaggschiff Fluke 355 wollen wir hier außer Betracht lassen, denn es gehört in eine andere Klasse. Wir haben es als Referenz genommen, an ihm mussten sich die übrigen Geräte messen lassen.

(100429)gd

Strommesszangen-Adapter



Wenn hohe Ströme nur gelegentlich gemessen werden müssen, kann ein Strommesszangen-Adapter eine Alternative sein. Solche Adapter arbeiten nicht autonom, ihnen muss ein Multimeter oder Oszilloskop nachgeschaltet werden. Das Modell CA60 von ELV ist ein preisgünstiger Adapter, der nur 70 € kostet. Mit ihm sind auch niedrige Ströme messbar. Mehr auf den professionellen Anwender ist das Modell i30 von Fluke zugeschnitten. Dieses Gerät beherrscht das Messen niedriger Ströme exzellent, die obere Grenze ist 20 A. Dem i30 liegt ein Kalibrierungsprotokoll bei.

	ELV CA60	Fluke i30
Preis	70 €	311 € (+Mwst.)
Strom (AC und DC)	60 A	20 A
Grundgenauigkeit	±1,5 % ± 5 mA (DC) ±2 % ± 5 mA (AC)	±1 % ± 2 mA
Lastwiderstand	> 10 kΩ	> 10 kΩ
Leitungsdurchmesser	9 mm	19 mm
Ausgangsspannung	100 mV/A 10 mV/A	100 mV/A
Besondere Merkmale	Zwei Messbereiche	4-mm-Sicherheitsstecker

Die folgenden Anbieter haben uns die Geräte für den Test zur Verfügung gestellt:

Agilent (www.agilent.com): www.bfiophtilas.com

Appa (www.appatech.com), Velleman: www.velleman.be

Benning (www.benning.de), Peaktech (www.peaktech.de): www.reichelt.de

ELV: www.elv.de

Extech (www.extech.com), Voltcraft: www.conrad.nl

Fluke: www.fluke.nl

HT (www.htitalia.it), Megger (www.megger.com): www.euro-index.nl

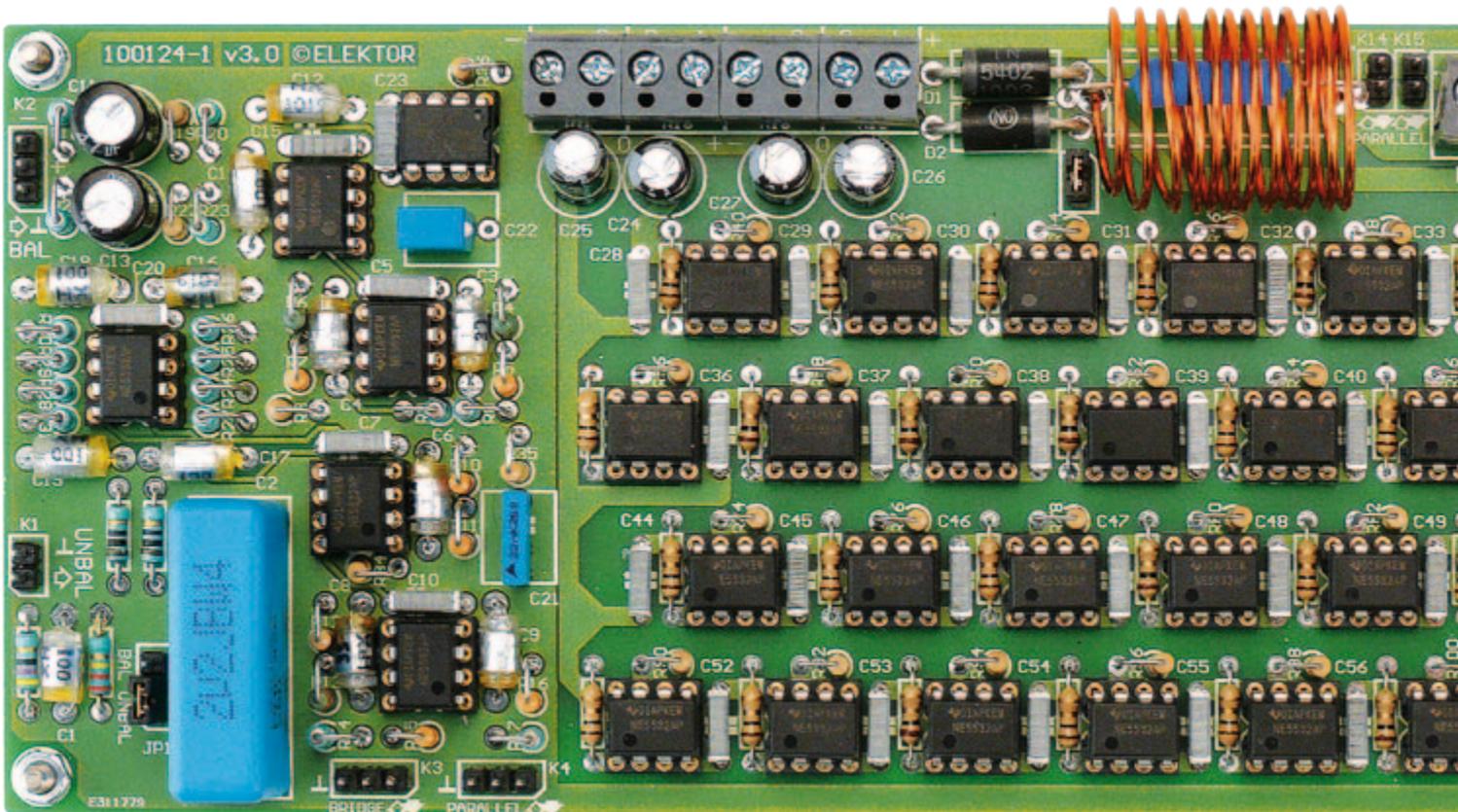
Kyoritsu (Kewtech, www.kew-ltd.co.jp/en/): www.have-bv.nl

Mastech (www.p-mastech.com): www.pollin.de

Metrix, Multimatrix (www.chauvin-arnoux.com): www.kwx.nl

Der 5532-OpAmp

Teil 1: Konzept und Schaltpläne



Von Douglas Self (UK)

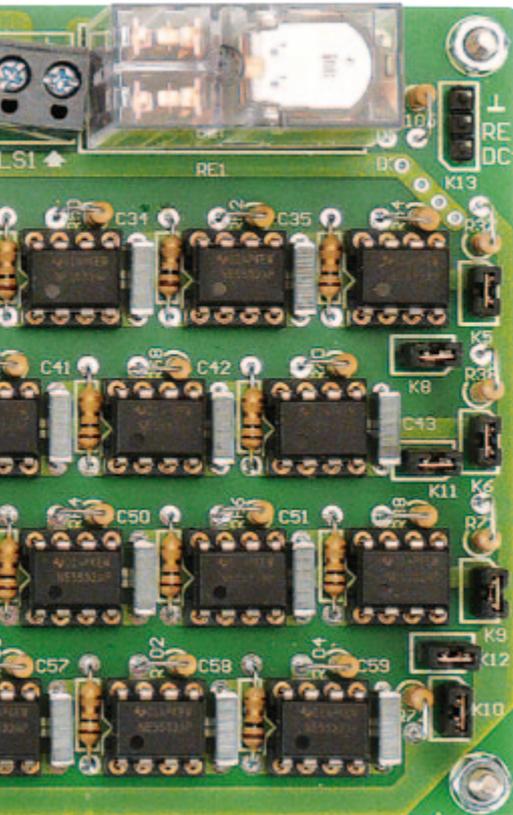
Beim Dual-Opamp (NE)5532 dürfte es sich um einen der beliebtesten ICs für Audio-Elektronik handeln. Doch dieses IC kann mehr als man denkt: Wenn man genug davon parallel schaltet, lässt sich damit eine außergewöhnliche Audio-Endstufe realisieren. Die Schaltung ist sehr einfach und kann damit punkten, dass alle guten Eigenschaften wie die exzellente Linearität, Versorgungs-Störunterdrückung und der Überlastschutz trotz minimaler externer Beschaltung erhalten bleiben. Sie zweifeln? Schalten Sie einfach mal 32 Stück parallel!

Der Doppel-Opamp 5532 ist zwar nicht gerade die allerneueste Neuentwicklung, doch als Arbeitspferd der Audio-Elektronik überzeugt er nach wie vor durch niedrige Verzerrungen in Kombination mit Stabilität und niedrigem Rauschen. Wirklich bessere Alternativen gibt es noch gar nicht so lange und das nur zu einem sehr viel höheren Preis. Faktisch bietet ein 5532 auch heute noch ein exzellentes Preis/Leistungsverhältnis. Eine erhebliche Einschränkung für die Ver-

wendung von Opamps als Leistungsverstärker ist ihr begrenzter Ausgangsspannungshub, weshalb mit parallelen Opamps ohne Brückenschaltung maximal etwa $15 W_{\text{eff}}$ an 8Ω Last möglich sind. In Brücke geschaltet (Gegentaktansteuerung mit um 180° in der Phase verschobenen Signalen) ist natürlich deutlich mehr drin, nämlich bis zu $60 W_{\text{eff}}$ an 8Ω . Dies sollte für häusliche Hörsituationen mehr als ausreichend sein.

Die zweite Begrenzung besteht im maximalen Ausgangsstrom eines Opamps. Der

Überlastschutz eines halben Dual-Opamps vom Typ 5532 lässt gerade einmal eine Last von 500Ω bei maximaler Betriebsspannung zu. Außerdem ist es empfehlenswert, die Belastung nicht bis an die Grenze auszureizen, damit möglichst geringe Verzerrungen erreicht werden können. Aus all dem ergibt sich, dass bei einer Belastung mit einem $4\text{-}\Omega$ -Lautsprecher doppelt so viele Opamps in der Schaltung erforderlich sind. Auch für die Brückenschaltung mit den $60 W$ an 8Ω ist die doppelte Opamp-Anzahl gegenüber



Technische Daten

Angabe pro Kanal bei Belastung mit 8 Ω

Versorgungsspannung:	±18,3 V	
Eingangsempfindlichkeit (16 W, 1% THD)	- unsymmetrisch:	840 mV
	- symmetrisch:	833 mV
Eingangsimpedanz	- unsymmetrisch:	38,8 kΩ
	- symmetrisch:	93,6 kΩ
Ausgangsleistung (Sinus)	- 0,1% THD:	16 W
	- 1% THD:	16,8 W
Leistungsbandbreite:	1,5 Hz...275 kHz	
Anstiegsgeschwindigkeit:	5 V/μs	
Anstiegszeit:	4 μs	
Signal/Rauschabstand (bei 1 W)	- gewichtet:	110 dB
	- ungewichtet:	108 dB (22 Hz...22 kHz)
Harmonische Verzerrung + Rauschen	- 0,0005 % (B = 22 kHz, 1 kHz, 1 W)	
	- 0,0009 % (B = 80 kHz, 1 kHz, 1 W)	
	- 0,0004 % (B = 22 kHz, 1 kHz, 8 W)	
	- 0,0005 % (B = 80 kHz, 1 kHz, 8 W)	
	- 0,003 % (B = 80 kHz, 20 kHz, 8 W)	
IM-Verzerrungen (50 Hz + 7 kHz = 4: 1)	- 1 W:	0,0012 %
	- 8 W:	0,0015 %
Dynamische IM-Verzerrungen (3,15 kHz Rechteck + 15 kHz Sinus)	- 1 W:	0,0011 %
	- 8 W:	0,0035 %
Dämpfungsfaktor	- 1 kHz:	194
	- 20 kHz:	111
Ansprechschwelle DC-Fehlererkennung:	±1,5 V	
Ruhestrom:	300 mA	

der einfachen 15-W-Version nötig. Und das für beide Brückenhälften!

Unsere Schaltung ist so konzipiert, dass sie entweder als „normale“ Endstufe oder aber im Monobückenbetrieb eingesetzt werden kann. Ein damit aufgebaute 2x15-W-Stereo-Verstärker kommt mit lediglich drei Platinen aus. Endstufenplatinen können übrigens problemlos parallel geschaltet werden, um Lautsprecher mit niedrigen Impedanzen anzusteuern.

Der Überlastschutz ist schon in den Opamps integriert. Hinzu kommt noch ein Ausgangsrelais pro Endstufe, das Plopps beim Ein/Ausschalten verhindert und die Lautsprecher vor Gleichspannungen schützt, sollte ein Fehler in der Endstufe auftreten.

Schaltungsbesichtigung

Der Schaltplan in **Bild 1** zeigt einen Kanal des kompletten Verstärkers, der neben einer normalen unsymmetrischen Eingangsstufe auch über einen symmetrischen Eingang verfügt. Die Endstufe selbst besteht aus einer Vor-

stufe mit einer Spannungsverstärkung um 22,7 dB und dem eigentlichen Leistungsteil aus den vielen Opamps, die als voll gegengekoppelte Spannungsfolger geschaltet sind, was sich in niedrigen Verzerrungen niederschlägt. Nun zu den Details:

Unsymmetrischer Eingang

Hier wird einfach ein Tiefpass aus R1 und C1 gegen HF-Einstreuung sowie R2 als Gleichspannungsabschluss an die Stufe mit der Spannungsverstärkung angeschlossen, wenn JP1 in Position „UNBAL“ gesteckt ist.

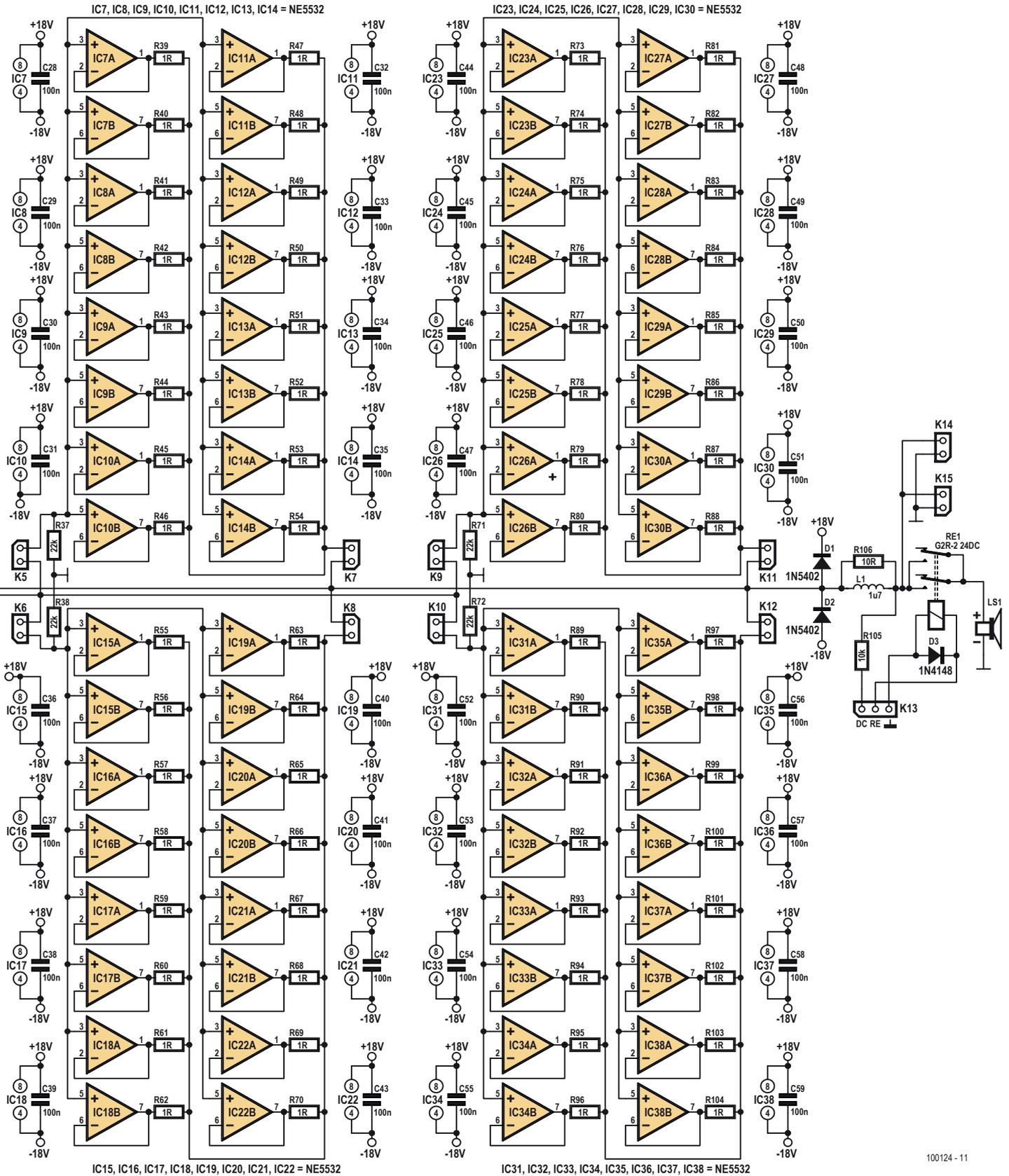
Symmetrischer Eingang

Symmetrische Signale haben bekanntlich den Vorteil, dass sich Störeinstrahlungen im Kabel dank Differenzverstärkung gegenseitig aufheben. Konventionelle Differenzverstärker rauschen schon alleine aufgrund ihrer vier 10-kΩ-Widerstände mit etwa -104 dBu (ca. 5 μV) deutlich mehr als ein 5532 und selbst als viele Endverstärker. Die hier gewählte Schaltung löst dieses Prob-

lem radikal. Die beiden parallelen Verstärker IC5A und IC5B reduzieren das Rauschen um 3 dB, da sich unkorreliertes Rauschen geometrisch addiert. Die Eingangspuffer IC4A und IC4B reduzieren den Einfluss der Signalquelle, sorgen für eine bessere Gleichtaktunterdrückung und ermöglichen zudem eine sehr viel niederohmige Auslegung der Differenzverstärkung mit 820-Ω- anstelle von 10-k-Widerständen. All das sorgt für ein Rauschen von nur -112 dBu (ca. 2 μV). Die so erzielte Verbesserung um 8 dB gegenüber konventioneller Schaltungstechnik ist durchaus beachtlich. Auf einen Opamp mehr oder weniger kommt es hier schließlich kaum an.

Spannungsverstärkung

Die Spannungsverstärkung wurde ebenfalls optimiert. Eine Verstärkung um 22,7 dB hätte man auch leicht mit einem einzigen Opamp erreichen können. Wegen der dann reduzierten Gegenkopplung müsste man aber höhere Verzerrungen in Kauf nehmen.



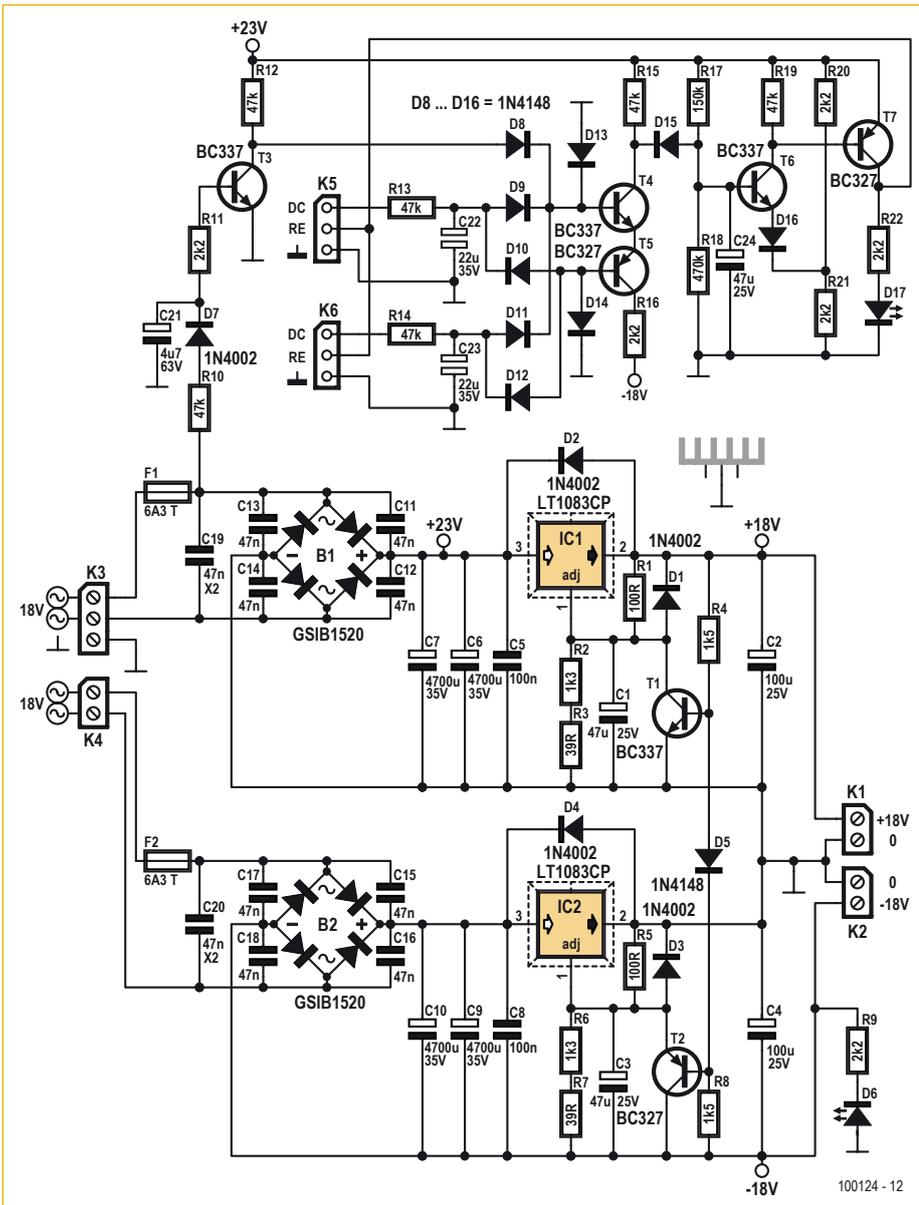


Bild 2. Das symmetrische Netzteil ist für die Basisversion mit 2 x 15 W an 8 Ω dimensioniert.

Die erste Stufe aus den parallelen Opamps IC1A und IC1B verstärkt um 10,7 dB. Die zweite Stufe um IC2A bringt weitere 6 dB Verstärkung. Dank höherem Pegel erübrigt sich hier eine Parallelschaltung zwecks Rauschverminderung. Der Puffer IC2B trennt die Eingangsimpedanz von 1 k Ω der letzten Stufe um IC3B vom Ausgang von IC2A und reduziert so Verzerrungen. Der Ausgang von IC2B ist dank voller Gegenkopplung weniger anfällig für Lasteffekte. IC3B fügt die jetzt noch fehlenden 6 dB Verstärkung hinzu. Die Beschaltung als invertierender Verstärker reduziert Gleichtaktverzerrungen. Die Verstärkung unerwünschter hoher Frequenzen wird durch C8 reduziert, was Übersprechen

vermindert und die Stabilität erhöht. Eine weitere, gleich aufgebaute und invertierende Stufe um IC3A mit 0 dB Verstärkung sorgt dafür, dass das Signal an K4 gegenüber dem an K3 invertiert ist, sodass sich eine Brückenschaltung einfach realisieren lässt.

Der Leistungsteil

Der notwendige Strom wird von 32 Dual-Opamps des Typs 5532 bereitgestellt. Es arbeiten also insgesamt 64 Opamps als voll gegengekoppelte Spannungsfolger. Ihre Ausgänge sind zur Vermeidung von Querströmen über 1- Ω -Widerstände zusammengefasst. Da diese Widerstände nicht in der Gegenkopplung liegen, stellt sich die Frage,

ob sie einen negativen Einfluss auf die Ausgangsimpedanz des Verstärkers haben. Von der Ausgangsimpedanz hängt schließlich die Dämpfung ab und die sollte besser hoch sein. Die Dämpfung entspricht dem Quotienten von Lautsprecherimpedanz und Ausgangsimpedanz des Verstärkers. Bei unserem Verstärker sind 64 dieser 1- Ω -Widerstände parallel geschaltet, weshalb man auf eine recht niedrige Ausgangsimpedanz von 0,0156 Ω kommt. Der resultierende theoretische Dämpfungsfaktor von 8 Ω /15,6 m Ω = 512 ist dann auch ganz ordentlich. Die Verbindungen zu den Lautsprecherbuchsen haben einen höheren Widerstand...

Die 64 Opamps kann man direkt auf die Platine löten. Das spart nicht nur Kosten, sondern verbessert auch die Wärmeableitung über die Leiterbahnen. Beim Prototyp wurden im Elektor-Labor allerdings zwecks besserer Testmöglichkeiten hochwertige Sockel verwendet. Bei so vielen Opamps kann sich die Fehlersuche sonst ziemlich mühselig gestalten, und im Labor wollte niemand viele ICs auslöten müssen, um ein potentiell defektes zu finden. Zur besseren Übersichtlichkeit ist das Opamp-Array in vier Abschnitte zu je acht ICs aufgeteilt. Zur Konfiguration einer Brückenschaltung oder einer kompletten Parallelschaltung braucht man nur die passenden Verbindungen über K5...K12 herzustellen. Steckbare Jumper machen eine Fehlersuche deutlich einfacher, da man den Übeltäter jetzt nur noch in einer Gruppe von acht ICs suchen muss. Nach der Erfahrung des Autors sollte das aber kaum je nötig sein, da sich die 5532-Opamps über die Jahre als sehr zuverlässig erwiesen haben.

Die Ausgangsdrossel L1 verbessert die Stabilität bei kapazitiven Lasten. Die Dioden D1 und D2 verhindern Beschädigungen der Elektronik durch eventuelle Spannungsspitzen, die bei induktiven Lasten wie Lautsprechern durchaus im Alltagsbetrieb vorkommen können.

Ausgangsrelais und Schutzschaltung

Das Ausgangsrelais RE1 schützt die Lautsprecher im Fehlerfall vor Gleichspannungen. Außerdem sorgt es für verzögertes Ankoppeln beim Ein- und vorzeitiges Abtrennen der Lautsprecher beim Ausschalten, sodass keine störenden Plopps auftreten. Das Relais wird von der Netzteilplatine angesteuert. Ein Blick auf Bild 2 zeigt, dass

beim Einschalten C24 langsam über R17 aufgeladen wird, was die Einschaltverzögerung ausmacht. Im Betrieb ist C21 geladen. T3 ist somit durchgesteuert, T4 sperrt und T6 steuert T7 auf, weshalb Strom durch das Relais fließt. Beim Ausschalten fließt die Ladung von C21 sehr schnell über R11 ab. Folglich sperrt T3. T4 wird leitend und entlädt C24, weshalb T6 und somit T7 sperren. Das Relais fällt ab, bevor die Sieb-Elkos C6, C7, C9 und C10 entladen sind. Selbst eine kurze Unterbrechung der Stromversorgung triggert die Einschaltverzögerung. Im Betrieb sperren T4 und T5 normalerweise. Wenn aber ein so genannter DC-Offset-Fehler auftritt, werden T4 und T5 (ihre Basisanschlüsse liegen in Reihe) über D9/D11 oder D10/D12 und D13 oder D14 durchgesteuert, und das Relais fällt sofort ab.

Stromversorgung

Bild 2 zeigt, wie aus einem Netztrafo über zwei Brückgleichrichter und zwei leistungsfähige integrierte Spannungsregler vom Typ LT1083 eine symmetrische, stabilisierte Versorgung mit ± 18 V entsteht. Falls eine der beiden 18-V-Spannungen einmal ausfallen sollte, hätte das zerstörerische Folgen für die vielen Opamps der Schaltung. Daher wurde mit T1, T2, D5, R4 und R8 eine einfache, aber wirkungsvolle Sicherung realisiert, die jeweils eine Spannungsschiene abschaltet, wenn die andere ausfallen sollte.

Kosten

Dieses Projekt könnte man schon fast als Opamp-Grab bezeichnen. Pro Kanal sind 37 ICs vom Typ 5532 erforderlich. Trotzdem halten sich die Kosten in Grenzen. Bei Rei-

chelt kostet der 5532 beispielsweise 0,30 €, so dass man für 37 ICs nicht viel mehr als 10 € aufwenden muss.

Fortsetzung folgt...

Nächsten Monat geht es im zweiten und letzten Teil um den praktischen Aufbau des Verstärkers und die Bestückung der Platinen. Außerdem werden noch einige Testergebnisse aus unserem Audio-Labor präsentiert. Weiter gibt es Vorschläge zur Leistungssteigerung. Zwischenzeitlich kann man sich den ergänzenden und sehr aufschlussreichen Beitrag aus der Rubrik Labcenter zu Gemüte führen; denn da geht es um Probleme mit Elkos, die beim Bau des Prototypen aufgetreten sind.

(100124)

Anzeige

PICS NOCH EFFIZIENTER PROGRAMMIEREN

5 JAHRE FORTWÄHREND VERBESSERT

- KOSTENLOSE UPDATES AUF NEUE COMPILER-VERSIONEN
- KOSTENLOSER TECHNISCHER SUPPORT
- GROSSE PALETTE VON SOFTWARE-BIBLIOTHEKEN
- VIELE GEBRAUCHSFERTIGE CODE-BEISPIELE



mit mikroC PRO for PIC

PIC®-CONTROLLER PROGRAMMIEREN: SO EINFACH KANN ES SEIN!

MikroElektronika
DEVELOPMENT TOOLS | COMPILERS | BOOKS
...making it simple

GET IT NOW
www.mikroe.com

Intervallometer für Fotoapparate

Mit IR-Fernbedienung



Von Jean-Pierre Gauthier (F)

Als bekennender Orchideenfreund wollte der Autor seine schönen Blumen während der Öffnung ihrer Knospen ablichten, um ihr Aufblühen für die Nachwelt festzuhalten. Erste Versuche mit der Fernbedienung der Kamera hatten sich als unpraktisch erwiesen. Ein tieferer Blick in die Bedienungsanleitung förderte zutage, dass die Eingänge für Fokussierung und Auslösung über eine Klinkenbuchse zugänglich sind. Das war die Lösung...

Das hier beschriebene Auslösesystem für Fotoapparate erlaubt es, Aufnahmen in vorgegebenen Intervallen zu machen - oder zwei Apparate gleichzeitig für Stereo-Aufnahmen auszulösen. So lässt sich zum Beispiel alle 30 Minuten eine Aufnahme vom Öffnen einer Knospe, vom Schlüpfen eines Kükens etc. machen, um diese nachher zu einem Video zu montieren. Ursprünglich für

eine Kamera der Marke Canon EOS entwickelt, kann dieses System leicht an andere fernbedienbare Kameras angepasst werden. Das Intervallometer kann zwischen einem und 100 Fotos in Abständen von einer Sekunde bis zu 59 Minuten 59 Sekunden mit oder ohne Fokussierung aufnehmen. Diese Einstellungen werden im EEPROM abgelegt. Ein alphanumerisches LC-Display

mit vier Zeilen à 20 Zeichen zeigt die Anzahl der aufgenommenen Bilder an und hilft bei der Eingabe der Parameter über Menü. Die Hintergrundbeleuchtung wird vom Mikrocontroller gesteuert. Zwischen den programmierten Aufnahmen kann man über eine Fernbedienung, die das Protokoll SIRC [3] von Sony versteht (z.B. eine Universalfernbedienung) jederzeit die

Eigenschaften

- Mikrocontroller PIC16F886
- Kompatibel mit einer Sony SIRC-Fernbedienung
- Anzahl der Aufnahmen einstellbar zwischen 1 und 100
- Intervall einstellbar zwischen 1 und 3599 s
- Automatischer Warte-Modus
- Optimiert für Canon EOS, aber universell einsetzbar

Fokussierung einstellen und (zusätzliche) Bilder schießen. Nachdem alle Aufnahmen gemacht worden sind, geht das Gerät in den Warte-Modus, um Energie zu sparen.

Einfache Schaltung

Dank des Mikrocontrollers kann die Schaltung einfach gehalten werden: vier Taster, ein LC-Display und einige wenige zusätzliche Bauteile reichen zur Steuerung des Fotoapparates aus. Die Auslösung und die Fokussierung werden durch die beiden Relais RE1

und RE2 geschaltet, welche über die Transistoren T2 und T3 angesteuert werden. Die Relais verbinden die Kontakte an K6 über die Schalter S5 mit Masse. **Bild 2** zeigt, wie der Stecker für eine Canon-Kamera angeschlossen werden muss.

Zwei weitere Klemmen (K4 und K5) wurden vorgesehen, um auch andere Geräte ansteuern zu können. Die Schalterstellung von S5

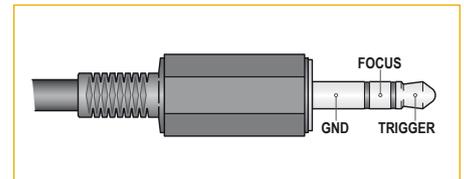


Bild 2 . Anschlussbild des Steckers für Canon-Kameras.

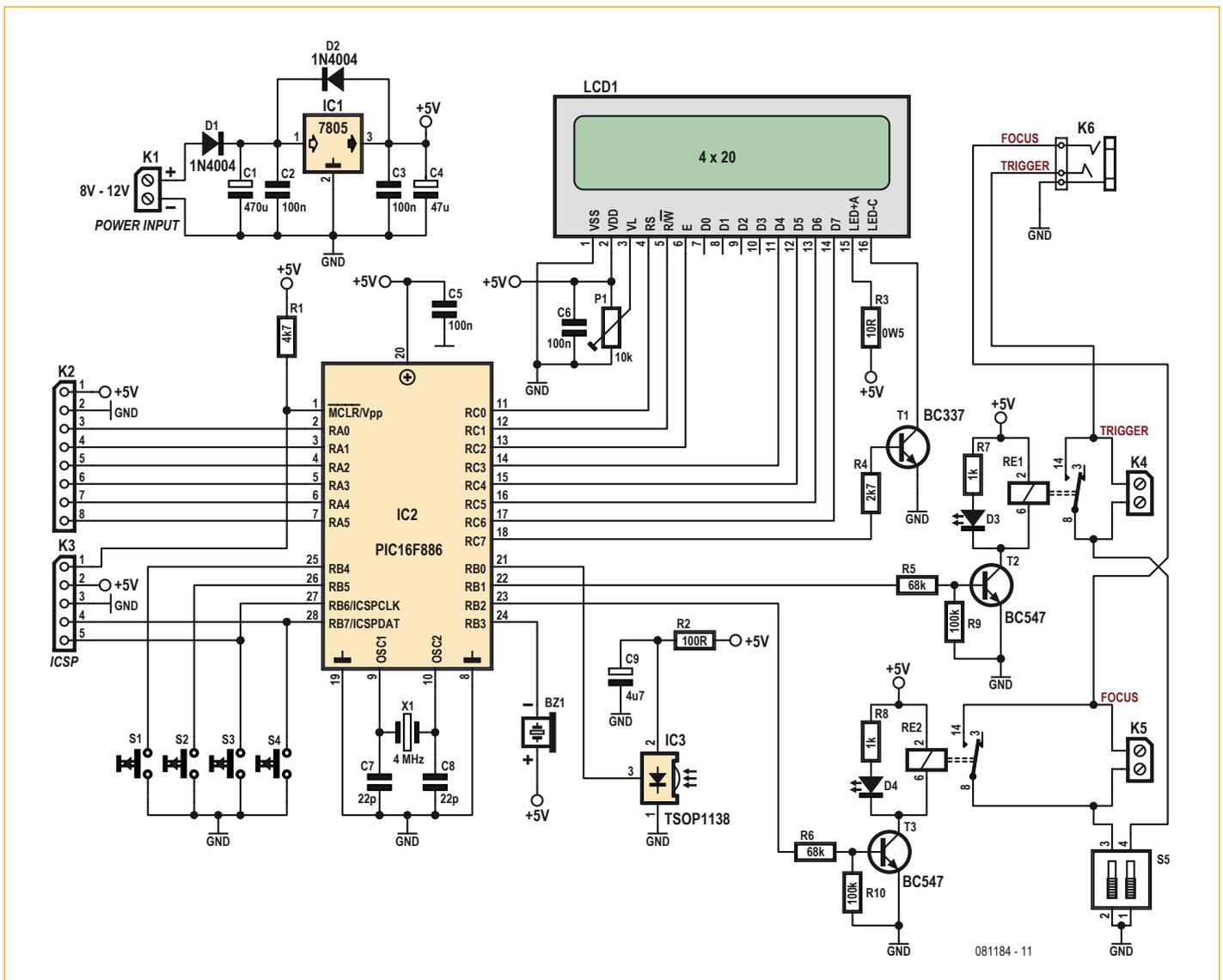


Bild 1 . Das Intervallometer als Standard- μ C-Anwendung.



Bild 3. Einstellen von Taste „1“ der Fernbedienung.

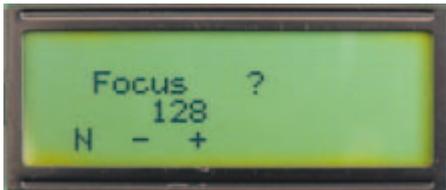


Bild 4. Einstellen von Taste „2“ der Fernbedienung.



Bild 5. Eingabe der Anzahl der Aufnahmen.



Bild 6. Das Eingangsmenü im normalen Betriebsmodus.

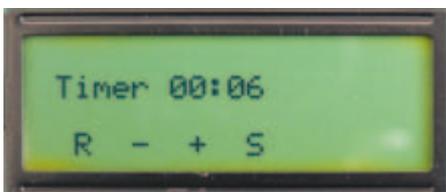


Bild 7. Einstellung des Intervalls zwischen zwei Aufnahmen.



Bild 8. Die Anzeige während einer Aufnahme.

hängt von der Anwendung ab. Jeder Ausgang besitzt eine LED, um den Zustand der Relais anzuzeigen. Der Summer BZ1 ermöglicht die Ausgabe eines akustischen Signals. Das Signal der Fernbedienung wird von IC3 empfangen. Transistor T1 aktiviert die Hintergrundbeleuchtung nur dann, wenn sie auch benötigt wird (eine nützliche, aber leider oft vergessene Funktion). Die Schaltung kann mit einer Spannung zwischen 8 und 12 V versorgt werden, die benötigte Betriebsspannung erzeugt Regler IC1.

Das Programm

Wie bei jeder Mikrocontrollerschaltung ist es das Programm, welches die eigentlichen Funktionen bereitstellt. In diesem Fall wurde das Programm (kostenlos unter [1] erhältlich) in C geschrieben und mit der kostenlosen Light-Version (lite) des Hittech C-Compilers für PIC10/12/16 (Version 9.70) übersetzt [2].

Die Kommunikation mit dem Programm läuft über eine Serie von Menüs, durch welche man mittels der Taster S1 bis S4 navigiert. Deren Funktion ist vom ausgewählten Menü abhängig; sie wird auf dem LCD durch kleine Icons angezeigt.

Hält man beim Einschalten S1 gedrückt, so verzweigt das Programm zunächst in den Einstellmodus, um Parameter eingeben zu können, und springt erst danach in den normalen Betriebsmodus. Eine Anzahl Menüs wird genutzt, um die Tastencodes der Fernbedienung (Bild 3 und 4), die vom Programm erkannt werden sollen, einzugeben (s. Tabelle 1, nie zweimal denselben Code benutzen!).

Hier wird dann auch die Anzahl der aufzunehmenden Fotos eingegeben (Bild 5). In diesen Menüs verringert S2 den angezeigten Wert, S3 erhöht ihn. Ein Druck auf S1 speichert den Wert im EEPROM und führt zum nächsten Menü. S4 wird im dritten Menü benutzt, hier kann man angeben, ob die Hintergrundbeleuchtung eingeschaltet werden soll oder nicht.

Im normalen Betriebsmodus erscheint ein Menü (Bild 6), welches den Zustand von Summer (S2) und Fokussierung (S3) anzeigt. Bei Druck auf S4 wird ein weite-

res Menü aufgerufen, hier stellt man mit S2 und S3 das Intervall zwischen zwei Aufnahmen ein. Die Werte können zwischen 0 und 3599 Sekunden liegen (dies entspricht einer Stunde minus einer Sekunde, Bild 7). Um dem Anwender die Eingabe zu erleichtern wird der Wert bei langanhaltendem Drücken von S2/S3 automatisch verringert bzw. erhöht. Ebenso verhalten sich diese Tasten in anderen Menüs.

Mit Druck auf S4 wird die Aufnahmeserie gestartet. Der Ausgang Focus wird 10 Sekunden vor der Aufnahme für 400 ms

Tabelle 1.

Ausgewählte Tastencodes einer SIRC-Fernbedienung. Vom Controller werden nur die Codes zwischen 128 bis 137 angenommen (d.h. die Ziffern 0..9).

HEX	dezimal	Taste
0x80	128	1
0x81	129	2
0x82	130	3
0x83	131	4
0x84	132	5
0x85	133	6
0x86	134	7
0x87	135	8
0x88	136	9
0x89	137	0
0x8C	140	1-
0x8D	141	2-
0x90	144	Program+
0x91	145	Program-
0x92	146	Volume+
0x93	147	Volume-
0x94	148	Mute
0x95	149	Standby
0x96	150	Normal
0xA5	165	TV/Video
0xB4	180	+
0xB5	181	-
0xB6	182	Sleep
0xBA	186	Display
0xBC	188	Select

Stückliste

Widerstände:

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

R1 = 4k7
R2 = 100 Ω
R3 = 10 Ω , 0,5 W
R4 = 2k7
R5, R6 = 68 k
R7, R8 = 1 k
R9, R10 = 100 k
P1 = 10 k, liegend

Kondensatoren :

C1 = 470 μ / 25 V, Elko, radial
C2, C3, C5, C6 = 100 n, keramisch
C4 = 47 μ / 16 V, Elko, radial
C7, C8 = 22 p, keramisch NP0
C9 = 4 μ 7 / 16 V, Elko, radial

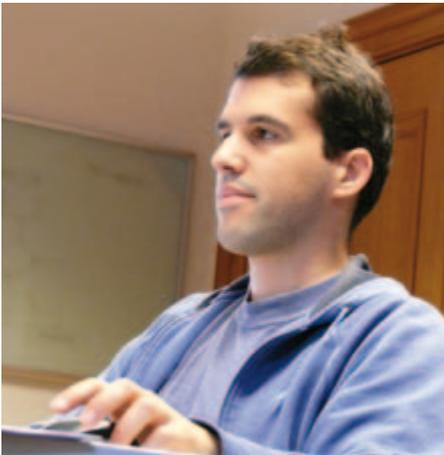
Halbleiter :

D1, D2 = 1N4004
D3, D4 = LED rot, low-current, 3 mm
IC1 = 7805, 5 V, TO-220
IC2 = PIC16F886-I/SP, SPDIP28
IC3 = TSOP1138, Empfänger IR 38 kHz (z.B. Farnell 4913036)

T1 = BC337
T2, T3 = BC547

Sonstiges :

BZ1 = Piezosummer RM 7,62 mm (z.B. Farnell 1502726)
RE1, RE2 = Miniaturrelais SPST-NO, 5 VDC (z.B. Farnell 9561757)
K1, K4, K5 = Schraubklemme, 2-polig, RM 5 mm
K2 = 8x1 Stiftleiste RM 2,54 mm
K3 = 5x1 Stiftleiste 2,54 mm
K6 = Klinkenbuchse 2,5 mm mit 3 Kontakten (z.B. Farnell 1308867)
LCD1 = LCD 4x20 (z.B. Elektor 050176-73)
S1..S4 = Taster SPNO (z.B. Farnell 1555982)
S5 = 2-poliger DIP-Schalter
X1 = Quarz 4 MHz
28-polige Fassung SPDIP28 für IC2
Platine 081184-1 [1]



Falls Ihr eigenes Intervallometer auf Anhieb funzt, dann liegt's nur an Daniel aus dem Elektor-Labor.
Falls nicht, ist es allein Ihre Schuld!

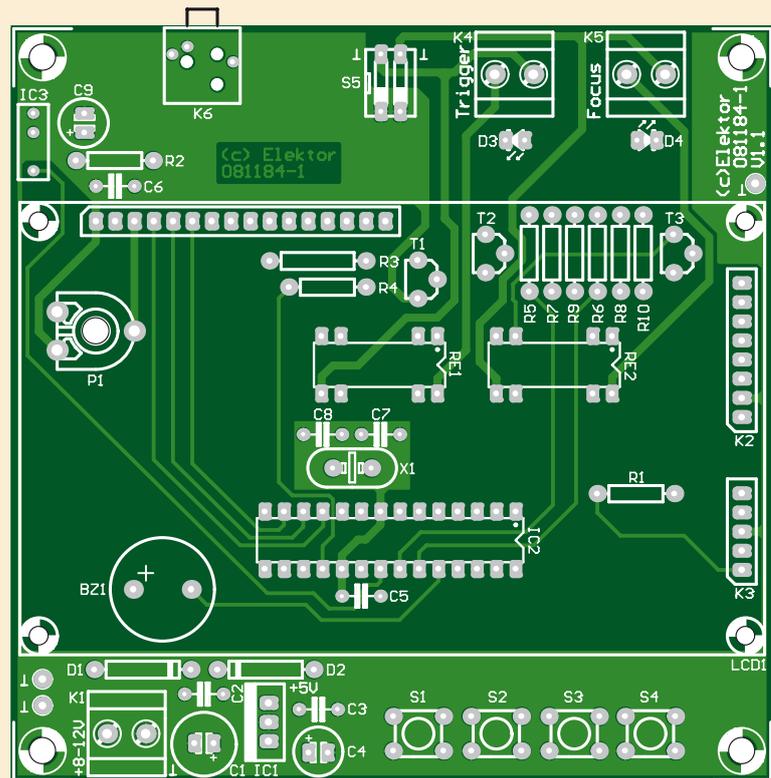
aktiviert (sofern Fokussierung eingestellt ist). Je nach Einstellung des Summers wird diese Aktion von einem akustischen Signal begleitet. Auch der Ausgang Trigger, ebenfalls 400 ms aktiv, kann den Summer auslösen, falls entsprechend eingestellt. Die Gesamtzeit wird kurz angezeigt und mit einem Druck auf S3 lässt sich der Summer abschalten.

Die Anzahl der aufgenommenen Fotos wird nach jeder Aufnahme aktualisiert und auf dem LCD angezeigt (**Bild 8**). Wird Taster S4 zu einem beliebigen Zeitpunkt länger als zwei Sekunden lang gedrückt gehalten, stoppt das Programm und verzweigt in das Eingangs Menü zurück.

Wird der Programmablauf nicht unterbrochen, so spielt der Controller zunächst eine kurze Melodie und verzweigt dann in den Warte-Modus. Danach muss man entweder einen Reset ausführen oder das Gerät mit der Fernbedienung wecken und (gefolgt durch einen mindestens 2 s langen Druck auf Taste S4) eine neue Aufnahmeserie starten.

Die Fernbedienung

Wie weiter oben beschrieben kann dieses Intervallometer mit einer Sony-Fernbedienung (oder jeder anderen, die SIRC [3] versteht) gesteuert werden. Mit der Fernbedie-



nung lassen sich die Ausgänge Trigger und Focus einzeln per Hand zu jeder Zeit (außer im Warte-Modus) ansteuern, ohne dass dies einen Einfluss auf das laufende Programm hätte. Auch kann man mit dieser Fernbedienung und Taster S4 die Schaltung aus dem Warte-Modus wecken. Diese Funktionen werden mit externen Interrupts von IC3 realisiert.

Tabelle 1 zeigt den Zusammenhang zwischen den Fernbedienungstasten und dem Tastaturcode laut Sony.

(081184)

Weblinks

- [1] www.elektor.de/081184
- [2] www.htsoft.com/downloads/
- [3] <http://picprojects.org.uk/projects/sirc/>

Wheelie GT

Gear tooth-Sensor misst Geschwindigkeit

Von Günter Gerold und Uwe Hofmann (D)

Bei dem vor einem Jahr vorgestellten Elektor-Wheelie (einem einachsigen selbstbalancierenden Roller) musste die Regelung bisher ohne eine direkte Rückmeldung von den Rädern auskommen. Mit Hilfe von GT-Sensoren lässt sich die Geschwindigkeit an den Zahnrädern der Getriebemotoren messen und damit das Regel- und Fahrverhalten noch wesentlich verbessern.



Die Regelung des Elektor-Wheelies erfolgt bisher durch einen Beschleunigungs- und Neigungssensor. Gemessen wird dabei der Neigungswinkel der Stehplattform und die Geschwindigkeit der Winkeländerung. Abhängig davon erfolgt die Regelung des Motorstroms derart, dass sich der Wheelie ausbalanciert. Neigung nach vorne führt zu einer Beschleunigung, Neigung nach hinten zu einer Verzögerung. Diese Regelung wirkt auf beide Motoren. Lediglich das Poti der Lenkstange hat Einfluss auf die Ströme der einzelnen Motoren, um Kurven fahren zu können.

Da die Regelung keine Information über die tatsächliche Drehzahl der Motoren hat, kann sie auch nicht auf eine Störung an einem einzelnen Rad reagieren. Wird ein Rad durch ein Hindernis blockiert, führt dies zu einer Beschleunigung des nicht blockierten Rads und in der Folge zu einer unerwünschten Drehbewegung. Den Offroad-Eigenschaften des Wheelies sind dadurch enge Grenzen gesetzt.

Dieses Manko lässt sich durch die Messung der Drehgeschwindigkeit der Räder (wie beim einem ESP) beheben. So kann die Motorelektronik die einseitige Blockierung

erkennen und den Motorstrom auf dieser Seite nachregeln, um dem Wheelie über das Hindernis zu helfen.

Zahnrad-Sensor

Ein geeignetes Mittel zur Erfassung der Radgeschwindigkeit ist ein Zahnradsensor (Englisch: Geartooth Sensor). Ein solcher Sensor (**Bild 1**) besteht aus einem Magneten und einem Hallsensor als Magnetfeldsensor. Zieht ein Zahnrad an dieser „mag-

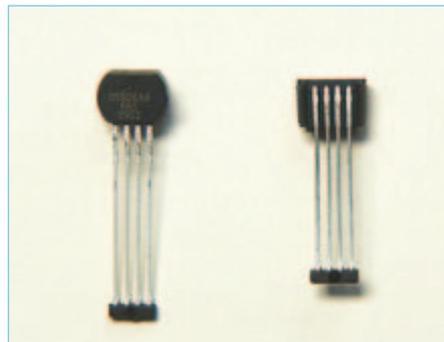


Bild 1. Der Zahnradsensor besteht aus einem Dauermagneten und einem Hallelement als Magnetfeldsensor.

netischen Lichtschranke“ vorbei, durchstreifen die Feldlinien des Magneten mit der Zahnbewegung den Hallsensor. Dieser liefert ein sägezahnartiges Signal, das bei dem verwendeten Sensorbaustein (ATS665 von Allegro) eine integrierte Signalaufbereitung mit Verstärker und Komparator (**Bild 2**) in ein Rechtecksignal am Ausgang wandelt. Entwickelt wurden derartige Sensoren ursprünglich für ABS-Systeme und Getriebesteuerungen.

Beim Elektor-Wheelie lässt sich das direkt mit dem Rad gekoppelte Getriebe sehr einfach mit einem solchen Sensor ausrüsten, um eine völlig verschleißfreie und vor Umwelteinflüssen geschützte Drehzahl-erfassung zu ermöglichen. Für eine einfache Montage wurde eine Platine (**Bild 3**) entworfen, die mit dem Sensor auch die übrigen drei Bauteile der Schaltung in **Bild 4** befinden. Anstelle des ATS665 lässt sich auch der neuere ATS667 von Allegro verwenden.

Auswertung

In der Schaltung in **Bild 5** wertet ein ATmega8 die Signale der beiden Gear-tooth-Sensoren an K3 und K4 aus. Über K1

ist der ATmega8 mit dem I2C-Interface des ATmega32 (Pin 22 und 23) auf der Wheelie-Hauptplatine verbunden.

Da von den Sensoren pro Radumdrehung nur 60 Impulse geliefert werden, wäre das Zählen von Impulsen pro Zeiteinheit bei niedriger Geschwindigkeit zu ungenau. Besser ist es, den Abstand zwischen den Impulsen zu messen, also den zeitlichen Abstand zwischen zwei Zähnen des am Sensor vorbeidrehenden Zahnrads. Da dafür freilaufende Timer benutzt werden, muss der Zählwert im Falle eines Überlaufes korrigiert werden. Der ATmega8 verhält sich wie ein I²C-Slave Sender. Wird vom ATmega32 eine Anfrage gestellt, sendet er die Werte zurück. Da die empfangenen Werte dem Kehrwert der Geschwindigkeit entsprechen, werden sie im ATmega32 erst in km/h umgerechnet. Danach wird eine Summe beider Räder gebildet, um damit die Lenkerempfindlichkeit zu regeln. Mit der Differenz aus beiden Rädern und der Lenkerstellung wird ein Korrekturwert errechnet, mit dem der Lenkerwert korrigiert wird.

Die Geschwindigkeitswerte können auch für denkbare Erweiterungen wie etwa eine Anzeige mit Display oder eine Funkübertragung (Telemetrie) verwendet werden.

Bestücken

Der gesamte Aufbau besteht aus der Auswert-Platine mit dem ATmega8 und den beiden Sensorplatinen. Bei der Bestückung der SMD-freien Auswert-Platine (Bild 6) gibt es keine Besonderheiten. Etwas anders sieht es bei der Sensorplatine aus. Auf der

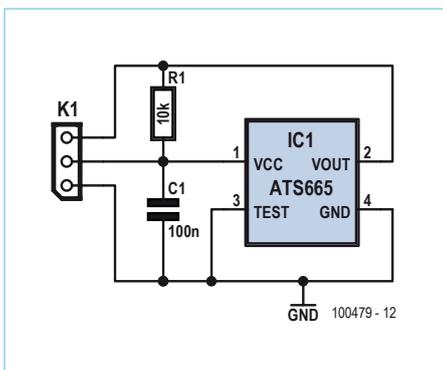


Bild 4. Schaltplan der Sensor-Platine.

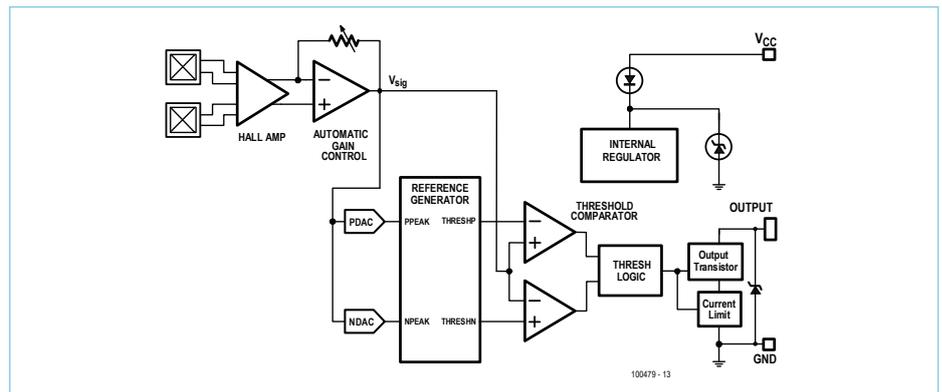


Bild 2. Der Sensorbaustein ATS665 enthält eine integrierte Signalaufbereitung mit Verstärker und Komparator.

Stückliste

Sensor-Platine

Widerstände:

R1 = 10 k

Kondensatoren:

C1 = 100 n

Halbleiter:

IC1 = ATS665 (oder ATS667, siehe Text)

Außerdem:

K1 = 3-polige Stiftleiste
Platine 100479-2*

*Kit mit Auswertplatine (100479-1) und zwei Sensorplatinen (100479-2) und allen Bauteilen ist im Elektor-Shop erhältlich (Best.-Nr. 100479-71)

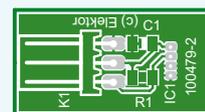


Bild 3. Für die einfache Montage des Sensors am Getriebe wurde eine Platine entworfen.

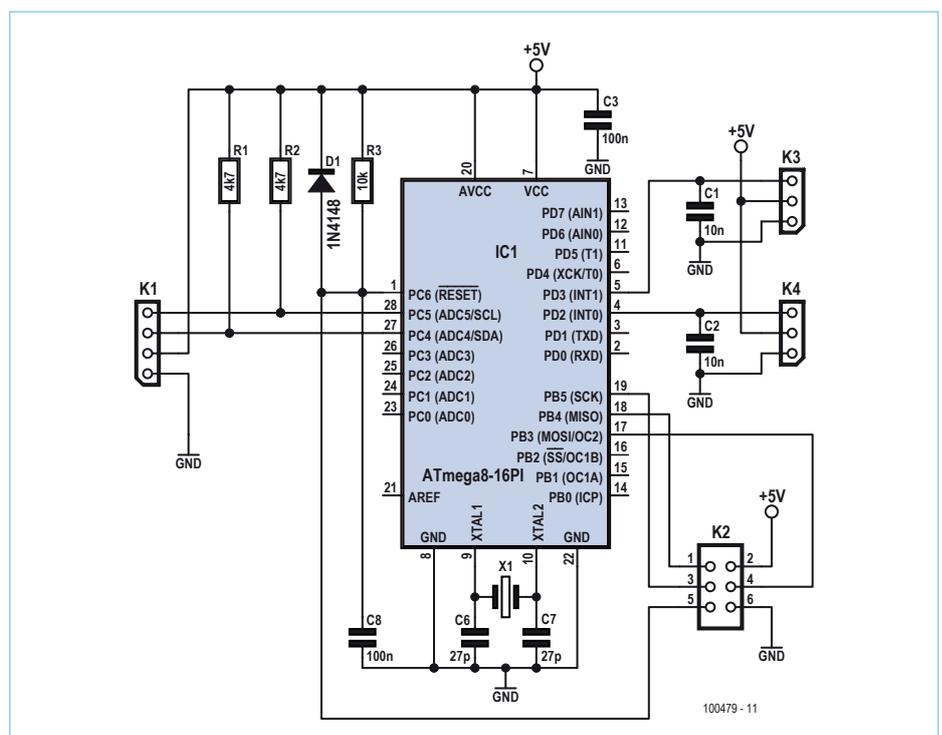


Bild 5. In der Auswerteschaltung verarbeitet ein ATmega8 die Signale der beiden Zahnradsensoren.

Stückliste

Auswerteplatine mit ATmega8

Widerstände:

R1,R2 = 4k7
R3 = 10 k

Kondensatoren:

C1,C2 = 10 n
C6,C7 = 27 p (oder 22 p)
C3,C8 = 100 n

Halbleiter:

D1 = 1N4148
IC1 = ATmega8-16PI (programmiert)

Außerdem:

X1 = 16-Mhz-Quarz
K1 = 4-polige Stiftleiste
K3,K4 = 3-polige Stiftleiste
K2 = 2x3-polige Stiftleiste
Platine 100479-1*

*Kit mit Auswerteplatine (100479-1) und zwei Sensorplatinen (100479-2) und allen Bauteilen ist im Elektor-Shop erhältlich (Best.-Nr. 100479-71)

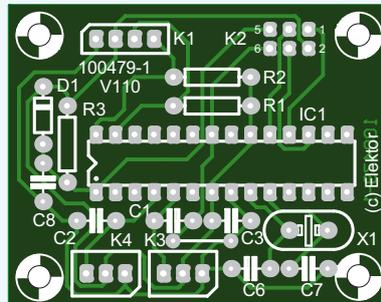


Bild 6. Die Platine der Auswerteschaltung, die mit den beiden Sensorplatinen und mit der Hauptplatine des Elektor-Wheelies verbunden wird.

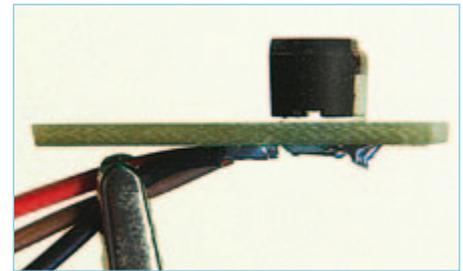


Bild 7. Montage des Sensors auf der Sensorplatine.



Bild 8. Nach dem Lösen der vier Schrauben des Getriebedeckels lässt sich der Deckel samt Getriebewelle und Zahnrad vom Motor abziehen.

Kupferseite sind zwei SMD-Bauteile (R1, C1) aufzulöten. Für die Verbindung zur Auswerteplatine kann man die Leitungen am besten direkt auf die Platine löten und so eine eher unzuverlässige Steckverbindung über K1 einsparen. Lediglich der Geartooth-Sensor kommt auf die andere Platinenseite. Zuerst werden die Anschlussstreifen umgebogen (siehe Bild 1), dann in die Löcher der Platine gesteckt und auf der Kupferseite so verlötet, dass zwischen Sensor und Platine noch ein kleiner Spalt liegt (Bild 7), der es ermöglicht, den Sensor mit etwas 2-Komponenten-Epoxydkleber auf der Platine zu fixieren. Die überstehenden Anschlussstreifen werden nach dem Einlöten kurz über den Lötstellen abgeschnitten. Abschließend muss der Sensor zur Isolierung mit einem Stück Schrupfschlauch überzogen werden, um Kurzschlüsse mit dem Getriebegehäuse zu verhindern.

Einbauen

Mit etwas größerem Zeitaufwand ist der Einbau der Sensorplatinen in die Getriebe der beiden Motoren verbunden. Die eigentliche Herausforderung besteht darin, ein Loch in das Aluminium-Getriebegehäuse zu bohren. Sorgfalt ist angebracht, damit man nicht durch unnötig gebohrte Löcher ein „Schweizer-Käse-Getriebe“ fabriziert. Man beginnt mit dem Lösen der vier Schrauben des Getriebedeckels und zieht dann den Deckel samt Getriebewelle und Zahnrad ab (Bild 8) - vorsichtig, denn das Gehäuse ist gut mit Schmierfett gefüllt. Im Lagersitz befindet sich eine Federscheibe, die auch

gerne mit am Kugellager kleben bleibt. Also aufpassen, diese Scheibe (in Bild 7 zu sehen) muss später bei der Montage wieder in das Lagergehäuse eingelegt werden.

Für die richtige Position des zu bohrenden Loches dient Bild 9 als Anhaltspunkt, der Abstand der Lochmitte von der Gehäusekante wurde mit 11,5 mm gewählt (siehe Bild 10). Vor dem Bohren muss man das Gehäuse zumindest im Lochbereich entfetten. Vor dem Bohren unterlegt man die Stelle mit einem Lappen oder Küchentuch, um Bohrspäne aufzufangen. Falls trotzdem Späne danebenfallen, kann man diese leicht mit einer Pinzette entfernen (ganz Vorsichtige entfernen das Fett vollständig, reinigen nach dem Bohren das Getriebegehäuse und fetten neu ein). Nach Anzeichnen und Kontrolle am besten mit einem 3-mm-Bohrer vorbohren und dann auf 9 mm aufbohren. Die Sensorplatine kann nun mit dem Sensor nach unten mit 2-Komponenten-Kleber auf das Loch geklebt werden (zuvor Klebestelle reinigen und entfetten). Das Loch in Bild 10 wird durch die Platine vollständig verschlossen (Bild 11), und der Sensor ist nah genug am Zahnrad, um Impulse zu liefern. Nach dem sorgfältigen Entfernen der Bohrspäne kann man das Getriebe auch schon wieder zusammenbauen (Einfetten und Federscheibe nicht vergessen).

Verdrahten

Die Verbindung zwischen den Sensorplatinen und der Elektronik wird mit einem dreidrähtigen Kabel hergestellt. Der Anschluss an die Wheelie-Hauptplati-



Bild 9. Die richtige Lochposition für die Montage des Geartooth-Sensors beim Elektor-Wheelie.

ne erfolgt über eine 4-polige Flachbandleitung an K1 der die ATmega8-Platine. Auf der Hauptplatine werden die vier Adern direkt angelötet, die Anschlusspunkte sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1. Verbindungen zwischen ATmega8-Platine und Wheelie-Hauptplatine

ATmega8-Platine	Anschlusspunkt auf Wheelie-Hauptplatine
K1/Pin 1 (GND)	K3/Pin 5 (GND)
K1/Pin 2 (+ 5 V)	K2/Pin 2 (+ 5 V)
K1/Pin 3 (SDA)	IC7/Pin 23 (SDA)
K1/Pin 4 (SCL)	IC7/Pin 22 (SCL)

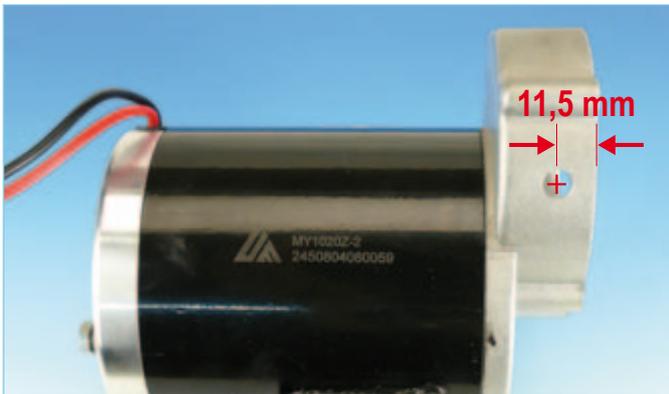


Bild 10. Der Motor vor...

Software und Updates

Die Firmware für die Sensorauswertung durch den ATmega8 steht auf der Elektor-Webseite zu diesem Projekt zum kostenlosen Download bereit. Der direkte Link ist: www.elektor.de/100479. Neben dem Hexfile findet man auch den kommentierten Quellcode in Download-Ordner.

In dem im Elektor-Shop erhältlichen Komplettbausatz für die Wheelie-Aufrüstung zum Wheelie GT ist ein bereits programmierter ATmega8 enthalten.

Damit der ATmega32 auf der Wheelie-Hauptplatine die Sensor-Messwerte von der ATmega8-Platine übernimmt und verarbeitet, benötigt er einen Firmware-Update. Die neue Firmware (Hex- und Quellcode) steht ebenfalls unter www.elektor.de/100479 zum kostenlosen Download bereit.

Im Zuge der Aufrüstung des Wheelies mit den GT-Sensoren sollte man auch ein kleines Hardware-Update auf der Hauptplatine vornehmen:

Die 470-µF-Elkos C1, C2 und C3 sollten durch hochwertige 1000-µF-Elkos ersetzt werden (Low-ESR wie z.B. Panasonic FM-Serie).

R14 ändern auf 47 k und auf der an IC7/Pin34 (ADC6) liegenden Seite des Widerstands einen 100-n-Kondensator nach Masse hinzufügen.

Die Vorteile der GT-Ausstattung des Wheelies beim Offroad-Fahren zeigt ein Video des Autors.

Einfach bei youtube nach guenter1604 suchen...

(100479)

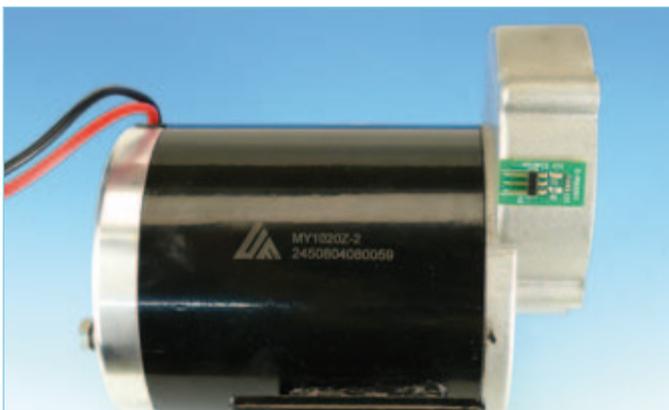


Bild 11. ...und nach dem Aufkleben der Sensorplatine.

Event-Kalender

Workshops • Seminare • Masterclasses



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



CC2-ATmega

München 25.09.2010

Hannover 06.11.2010

www.elektor.de/cc2-atmega

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

Praxis des Gitarren-Röhrenverstärkers

München 09.10.2010

Leipzig 30.10.2010

www.elektor.de/gitarren-roehren

Serielle (Geräte-)Bussysteme

Seligenstadt 15.09. bis 17.09.2010

www.elektor.de/bussysteme

PIC-Mikrocontroller-Programmierung in C

NEU!

Seligenstadt 23.09. + 24.09.2010

www.elektor.de/pic-prog

Fahrzeugdiagnose in der Praxis

Dortmund 02.10.2010

Regensburg 13.11.2010

www.elektor.de/fahrzeugdiagnose

Eagle PCB und Design

NEU!

München 08.10.2010

Dortmund 29.10.2010

www.elektor.de/eagle-seminar

Grafische PIC-Programmierung mit Flowcode

NEU!

München 08.10.2010

www.elektor.de/pic-flow

Grafische AVR-Programmierung mit Flowcode

NEU!

München 09.10.2010

Seligenstadt 04.12.2010

www.elektor.de/avr-flow

AVR-Mikrocontroller in der Praxis

München 22.10. + 23.10.2010

www.elektor.de/avr-workshop

events

Änderungen vorbehalten.

Weitere Infos unter

www.elektor.de/events

GPS-Propeller

GPS-Empfänger mit Parallax-Multiprozessor



Von Steffen Möritz (D)

Ziel dieser Entwicklung war ein GPS-Empfänger für den Automobil- und RC-Modellbaubereich. Die Hauptfunktion ist die Erfassung der Geschwindigkeit und deren Darstellung in digitaler und analoger Form. Bei der grafischen Darstellung des Geschwindigkeitsprofils zeigt sich der Vorteil von bis zu acht parallel arbeitenden CPUs im Propeller-Mikrocontroller von Parallax.

Schon seit langem gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Geschwindigkeit bewegter Objekte sehr genau mittels GPS zu erfassen. Im Gegensatz zu mobilen Straßennavigationsgeräten bieten die vom Hersteller ab Werk fest eingebauten Geräte diese Möglichkeit in der Regel nicht. Möglicherweise befürchten die Firmen Reklamationen ihrer Kunden, wenn die Tachoanzeige (zu sehr) von der GPS-Anzeige abweicht. Ein zusätzliches mobiles Navi macht hier wenig Sinn, zumal die Geschwindigkeit dort sehr klein angezeigt wird. Dafür bietet sich der nachfolgend beschriebene GPS-Empfänger an, der die GPS-Geschwindigkeit gut lesbar analog und digital anzeigt. Zusätzlich ist auch

der Verlauf während der letzten 90 Minuten zu sehen. Das Gerät eignet sich ebenso für Anwendungen im Modellspport wie zum Beispiel für RC-Cars.

Hardware

Bereits im Mai 2006 hat der kalifornische Hersteller Parallax den Propeller-Mikrocontroller vorgestellt. Außergewöhnlich ist das Vorhandensein von acht integrierten CPUs, die praktisch parallel arbeiten. Parallax nennt diese CPUs „Cog“. Der Systemtakt beträgt 80 MHz, was eine maximale Performance von 160 MIPS ergibt. Die Architektur des Propellers ist mit traditionellen Mikrocontrollern nicht zu verglei-

chen. Die acht Cogs können sich Aufgaben teilen, Interrupts werden nicht mehr benötigt. Über die Verwendung der Cogs hat der Programmierer die volle Kontrolle. Das Einlesen der seriellen Daten, die Verarbeitung der Daten und die Ausgabe auf das grafische LCD (GLCD genannt) erfolgen parallel.

Der Systemtakt des Propellers wird in der Schaltung (**Bild 1**) mit einem 5-MHz-Quarz erzeugt, der intern mit dem Faktor 16 multipliziert wird.

Das KS107/108-kompatible GLCD mit 128 x 64 Pixeln wird über einen 8 bit breiten Datenbus angesteuert. Im EEPROM 24LC256-I/P (IC2) ist das für die

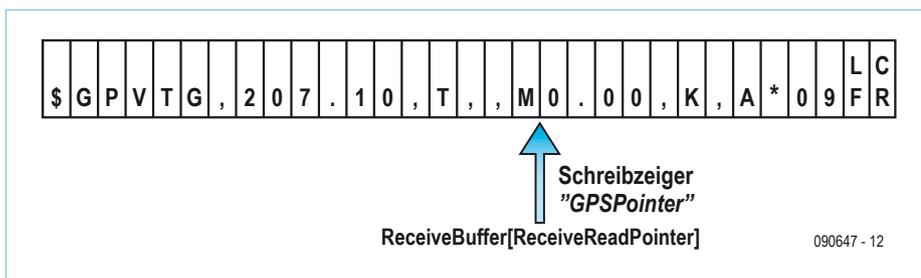


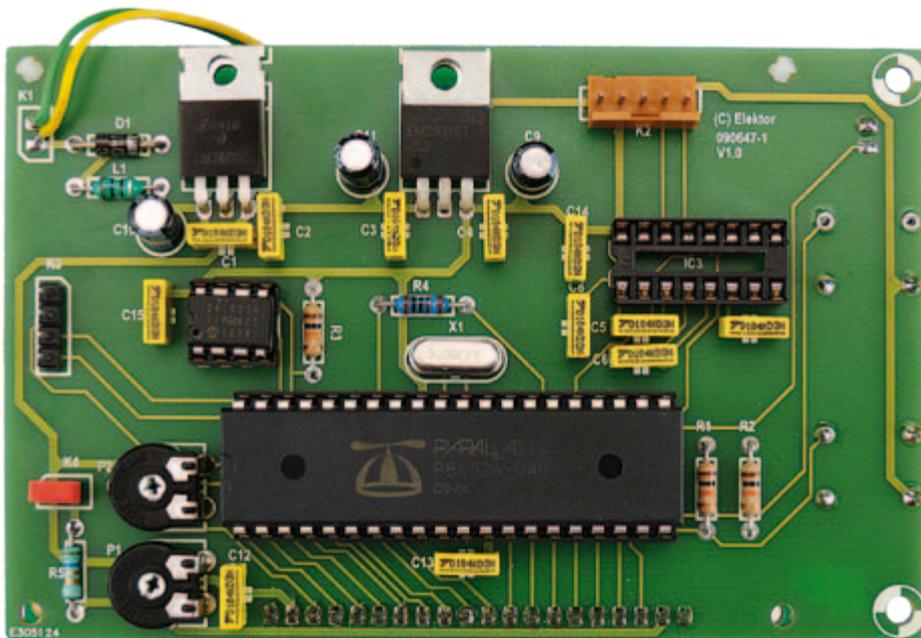
Bild 2. Aufbau eines GPS-Datensatzes.

Die parallel laufenden Prozesse der Cogs machen Interrupts überflüssig, womit bereits ein wesentlicher Vorteil des Parallax-Propellers beschrieben ist. Im GPS-Projekt sind 5 Cogs programmiert:

1. Das Hauptprogramm GPS.Start benötigt einen Cog.

5. Cog für „Picture_Page_4_Cog“ Auf dieser Bildseite sind Grafikfunktionen programmiert, die eine hohe Verarbeitungszeit verursachen. Deshalb ist ein eigener Cog vorgesehen.

Im Folgenden soll die Funktion ReceiveDatas des 4. Cogs näher betrachtet werden.



Vom Hauptprogramm aus werden die nachfolgend beschriebenen Cogs aufgerufen, was mittels des Befehls **COGNEW**(entry,...) geschieht.

2. Cog für „FullDuplexSerial.start“ Liest Daten der GPS-Mouse über die serielle Schnittstelle ein.
3. Cog für „KS0108V106.start“ Ansteuerung des GLCD mit 128 x 64 Pixeln mit KS107B/KS108B-Controller. Bereitstellen von Text- und Grafikfunktionen.
4. Cog für „ReceiveDatas“ Schreibt Daten der RS232-Schnittstelle in einen Ringpuffer.

Mit der Bibliotheksfunktion FullDuplexSerial.spin wird ein Zeichen von der seriellen Schnittstelle eingelesen. Das Programm bleibt so lange in dieser Programmzeile stehen, bis ein Zeichen eingelesen wurde. Deshalb ist es sinnvoll und notwendig, hier einen eigenen Prozess (Cog) zu starten (cognew ReceiveDatas). Mit jedem neuen Zeichen wird mittels des Schreibzeigers „ReceiveWritePointer“ das empfangene Zeichen in den Ringpuffer „ReceiveBuffer“ (array[0..50]) geschrieben. Der Schreibzeiger wird mit jedem neuen empfangenen Zeichen um 1 erhöht. Hat der Schreibzeiger den Wert 51 erreicht, wird er auf Null gesetzt. Um einen

GPS-String zu generieren, wird im Hauptprogramm mit der Funktion „ReadBuffer“ der Ringpuffer ausgelesen. Dazu wird der Lesezeiger „ReceiveReadPointer“ mit dem Schreibzeiger „ReceiveWritePointer“ verglichen. Sind die Zeiger ungleich, dann wird die Variable ReceiveBuffer[ReceiveWritePointer] ausgelesen und der Lesezeiger um 1 erhöht. Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis der Schreibzeiger gleich dem Lesezeiger ist.

Die GPS-Maus übermittelt die Daten mit dem „NMEA-0183“-Protokoll im ASCII-Format. Jeder Satz beginnt mit dem Zeichen „\$“, gefolgt von einer zwei Zeichen langen Sendekennung und einer drei Zeichen langen Satzkenntung. Danach kommen die Datensätze, welche mit Kommas unterteilt sind. Schließlich wird der Satz mit einer optionalen Prüfsumme und CR/LF abgeschlossen. Ein Satz kann bis zu 82 Zeichen enthalten. Durch das Zählen der Kommas wird in jedem Satz die enthaltene Information zugeordnet.

Das mit dem Lesezeiger ermittelte Zeichen wird in das Array „GPSBuffer“ geschrieben. Der Beginn eines GPS-Satzes wird an dem Zeichen „\$“ erkannt, dann wird der Schreibzeiger „GPSPointer“ auf Null gesetzt. Am Zeichen „LineFeed“ (10 dezimal) wird das Ende eines GPS-Strings erkannt. Ein GPS-Datensatz, der in „GPSBuffer“ geschrieben wird, hat den in **Bild 2** gezeigten exemplarischen Aufbau. Es werden die GPS-Datensätze \$GPGGA, \$GPVTG und \$GPRMC ausgelesen, die folgende GPS-Daten enthalten:

- \$GPGGA enthält Breitengrad, Längengrad, Qualität des empfangenen Signals, Anzahl der empfangenen Satelliten und Höhe über NN.
- \$GPVTG enthält die Geschwindigkeit.
- \$GPRMC enthält Uhrzeit, Datum und Bewegungsrichtung (ähnlich einem Kompass).

Praxis

Für den Aufbau der Schaltung wurde eine Platine (**Bild 3**) entwickelt, auf deren Vorderseite alle Bauteile außer dem GLCD bestückt sind. Das GLCD befindet sich auf der Rückseite. Die Spannungsversorgung ist an der Stiftleiste K1 anzuschließen, wobei ein Bereich von etwa 8 V bis 18 V Gleichspannung zulässig ist.

An die Stiftleiste K2 wird die GPS-Maus angeschlossen. Die Versorgung der GPS-Maus erfolgt über Pin 5 (5 V) oder Pin 4 (3,3 V) und Pin 3 (Masse). Pin 1 wird mit der Sendeleitung (TxD) der GPS-Maus und Pin 2 mit der Empfangsleitung (RxD) verbunden. Ein Jumper auf K4 schaltet die Hintergrundbeleuchtung des GLCD ein. Die Helligkeit ist mit P1 und der Kontrast mit P2 einzustellen. Die LED D2 zeigt folgende Zustände der empfangenen Daten an:

- Dauerlicht = Prüfsumme und Qualität der empfangenen Daten in Ordnung
- Schnelles Blinken = Prüfsummenfehler
- Langsames Blinken = Qualität nicht in Ordnung

Die Programmierung des Parallax-Propellerchips erfolgt in der Schaltung (in circuit) mittels der kostenlos auf der Parallax-Homepage erhältlichen Programmiersprache SPIN und dem „Prog Plug“ genannten Programmieradapter von Parallax. Die Verbindung zum PC erfolgt über USB. Auf der GPS-Platine wird der „Prog Plug“ auf die Stiftleiste K3 aufgesteckt (**Bild 4**).

Vor der Inbetriebnahme ist zu prüfen, ob die GPS-Maus mit einem mitgelieferten (oder beim Hersteller downloadbaren) Programm noch konfiguriert werden muss. Die serielle Schnittstelle der GPS-Maus muss wie folgt eingestellt sein: 9600,N,8,1.

Nach dem Einschalten der Versorgungsspannung der GPS-Propeller-Platine wird der Receiver der GPS-Maus gesucht, zuerst mit 4800 Baud. Handelt es sich um einen 9600-Baud-Receiver, dann werden zuerst nur zufällige Zeichen dargestellt. Anschließend erfolgt die korrekte Darstellung der Empfangsdaten bei 9600 Baud (**Bild 5**).

Falls die Daten einer GPS-Maus nicht innerhalb von einer Sekunde korrekt interpretiert werden können, erscheint die Fehlermeldung „no GPS-Signal“. Bei korrektem Signal erfolgt danach der Aufruf des Bildes mit digitaler und analoger Geschwindigkeitsanzeige (**Bild 6**).

Unten links wird die bisher erreichte Maximalgeschwindigkeit dargestellt. Mit der Taste S2 kann nun zwischen metrischen und amerikanischen Einheiten (statute miles/ feet) umgeschaltet werden.

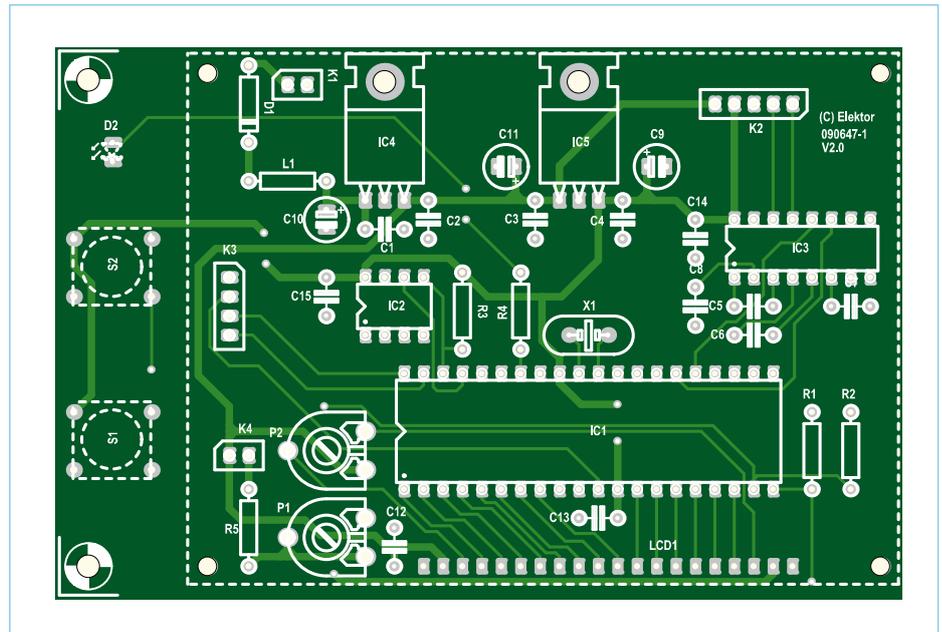


Bild 3. Bestückung der für den GPS-Propeller entwickelten Platine.

Stückliste

Widerstände:

R1...R3 = 10 k
R4 = 1 k
R5 = 5Ω6
P1 = 250 k Trimpotentiometer
P2 = 25 k Trimpotentiometer

Kondensatoren:

C1..C9,C12..C15 = 100 n
C9..C11 = 10 μ/16 V

Induktivität:

L1 = 10 μH

Halbleiter:

D1 = 1N4007
D2 = LED (3 mm)
IC1 = P8X32A-D40 (Propellerchip, Parallax)
IC2 = 24LC256-I/P
IC3 = MAX3232CPE+
IC4 = 7805
IC5 = LM2937ET-3.3

Außerdem:

X1 = 5-MHz-Quarz
LCD1 = Graphik-LCD 128 x 64, DEM128064
K1,K4 = 2-polige Stiftleiste
K2 = 5-polige Stiftleiste
K3,K5 = 4-polige Stiftleiste
Platine 090647-1 (zu bestellen unter www.elektor.de/090647)

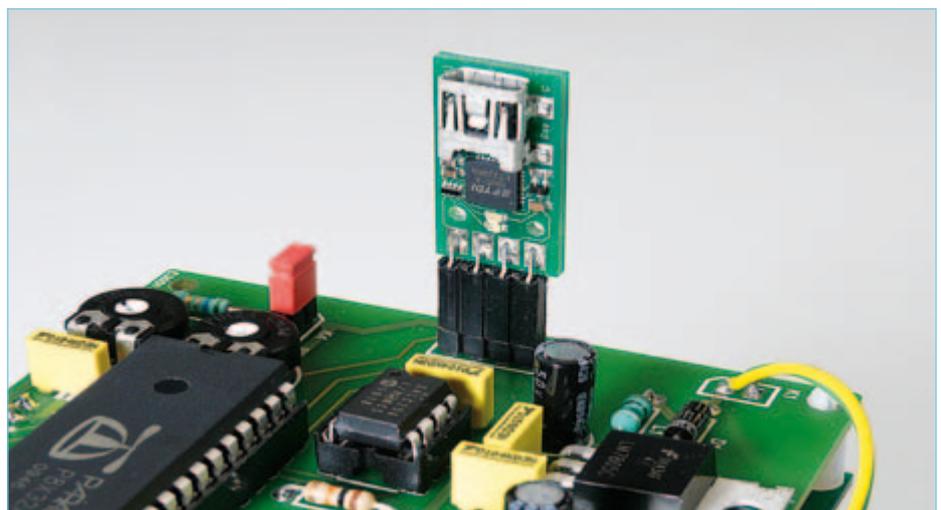


Bild 4. Die Programmierung erfolgt über den USB-Programmieradapter „Prog-Plug“, der auf die Platine aufgesteckt wird.

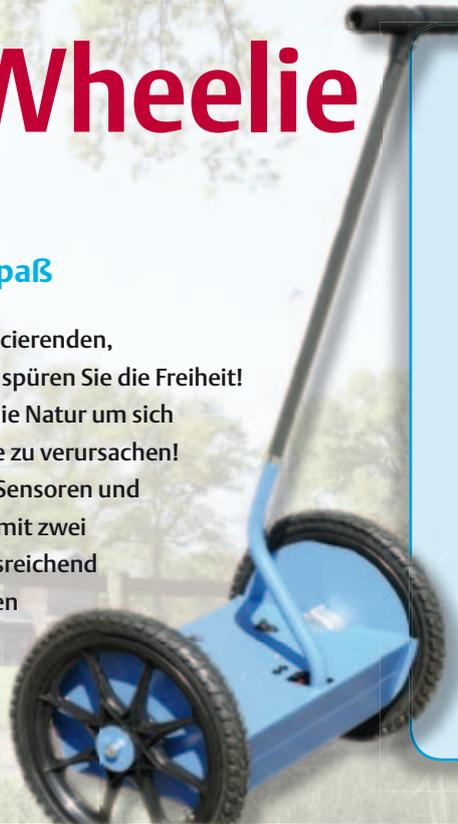
ElektorWheelie



**Power und Stabilität
für maximalen Fahrspaß**

Steigen Sie jetzt auf den selbst balancierenden, einachsigen ElektorWheelie auf und spüren Sie die Freiheit! Entdecken Sie Ihre Umgebung und die Natur um sich herum, ohne dabei Lärm und Abgase zu verursachen! Zwei Motoren, zwei Batterien, zwei Sensoren und die Steuer- und Leistungselektronik mit zwei AVR-Mikrocontrollern sorgen für ausreichend Power und Stabilität und ermöglichen so maximalen Fahrspaß.

elektor



Technische Daten:

- 2 x 500-W-DC-Getriebemotoren
- 2 x 12-V-Blei-Vlies-Akkus (AGM) mit 9 Ah
- 2 x 16 Zoll luftbereifte Kunststoffräder
- H-Brücken-PWM-Motorsteuerung mit bis zu 25 A
- Automatische Abschaltung beim Absteigen
- Fail-safe-Notabschaltung
- Akku-Ladestandsanzeige
- Höchstgeschwindigkeit: 18 km/h
- Reichweite: ca. 8 km

Der „Elektor-Wheelie“-Komplett-Bausatz umfasst zwei 500-W-Gleichstrom-Getriebemotoren, zwei 12-V-Blei-AGM-Akkus, zwei 16-Zoll-Räder, Gehäuse, Lenkstange, bestückte und getestete Controller-Platine mit aufgesteckter Sensor-Platine sowie ein Ladegerät.

Art.-Nr. 090248-71

1599,00 € (inkl. MwSt., zzgl. Porto/Versand)

Weitere Infos mit Demo-Video, Blog und Bestellmöglichkeit unter

www.elektor.de/wheelie

BESSER GLEICH ONLINE KALKULIEREN.

STARRE- UND FLEXIBLE LEITERPLATTEN.



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



REFLOW-KIT[®]

Beta LAYOUT

**Löttechnik, Werkzeuge und Hilfsmittel
für SMD- und THT-Bestückung**



Video
www.reflow-kit.de/video



Anwenderbericht
www.reflow-kit.de/bericht

Reflow-Controller



Schablondrucker
für kleine
SMD-Schablonen



Lotpaste (bleifrei)



Pinzettensatz



www.reflow-kit.de

Beta
LAYOUT

info@reflow-kit.de

EMV-RICHTLINIEN

Die EMC-Richtlinie

Auch wenn die am 1. Januar 1996 in Kraft getretene CE-Kennzeichnungspflicht (Konformitätskennzeichen) für selbstgebaute Geräte nicht gilt, müssen dennoch die EMC-Bestimmungen (EMC = Elektromagnetische Kompatibilität) entsprechend dem EMVG (Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit) beachtet werden. Die unter das EMVG fallenden Geräte müssen demnach so beschaffen sein, daß sie keine Störungen verursachen und nicht zu empfindlich auf Störungen von außen reagieren. Unter den Begriff Störung fallen viele Erscheinungen wie elektromagnetische Felder und statische Entladungen, aber auch eine Verunreinigung des Lichtnetzes in vielfältiger Form.

Das Gesetz

Auch der Selbstbauer darf ein Gerät nur dann in Betrieb nehmen, wenn es die gesetzlichen Vorschriften des EMVG erfüllt. Das Bundesamt für Post und Telekommunikation (BAPT) als kontrollierendes staatliches Organ wird auf Klagen hin initiativ. Scheint eine Schaltung nicht mit den Richtlinien konform, kann der Ingebrauchnehmer möglicherweise für den entstandenen Schaden haftbar gemacht werden.

CE-Kennzeichen



Der Selbstbauer muß keine CE-Kennzeichnung an seinem Gerät anbringen.

Elektor

Die in Elektor vorgestellten Entwürfe werden im Sinne der EMC-Richtlinien entwickelt. Bei kritischen Entwürfen wird im Artikel besonders auf die EMC-Problematik eingegangen. Allerdings ist Elektor weder dazu verpflichtet noch für Verstöße und deren Folgen aufgrund nach Elektor-Entwürfen gebauten Geräten verantwortlich. Auf dieser Seite wird eine Anzahl Maßnahmen beschrieben, wie eine Schaltung die EMC-Richtlinien erfüllt. Dies besagt aber nicht, daß auch alle Maßnahmen notwendig sind; nur in bestimmten Fällen sind sie anzuwenden. Auf andere, schon bekannte Maßnahmen (beispielsweise Abschirmungen bei Audiogeräten) wird nicht besonders hingewiesen.

Warum EMC?

Längerfristig ist für den Verbraucher der wichtigste Vorteil der EMC-Richtlinie, daß alle elektrischen und elektronischen Geräte in Haus und Büro ungestört nebeneinander funktionieren können.

Emission

Die wichtigste und klassische Form der EMC-Problematik ist die zu starke Emission an ungewünschter HF-Energie, die über das Gehäuse und/oder Kabel abgestrahlt wird. Neben der Begrenzung dieser Emission sollte die Schaltung nach der EMC-Richtlinie auch keine störende Signale in das Lichtnetz einspeisen, selbst keine mit niederfrequentem Spektrum.

Immunität

Neu sind die Bestimmungen bezüglich der Unempfindlichkeit oder Immunität der Geräte. Innerhalb einer definierten Störumgebung soll das Gerät fehlerfrei funktionieren. Die Vorschriften sind sehr umfangreich und erstrecken sich auf fast alle denkbaren Störquellen.



Ferritkerne können als Kabeldurchführung gebraucht werden.

Computer & Co.

Die EMC-Richtlinie betrifft zuerst und vor allem Computer, computerisierte Geräte und ihre Peripherie. Nicht nur, daß Computer und Mikroprozessoren notorische Störquellen darstellen, durch die sequentielle Befehlsausführung sind sie auch besonders störempfindlich.

EMC-Gehäuseentwurf

Ein selbstgebautes prozessorgesteuertes Gerät kann nur dann die EMC-Richtlinie erfüllen, wenn es in ein Metallgehäuse eingebaut ist oder zumindest eine einteilige metallische L-förmige Bodenfläche/Rückwand aufweist, auf der alle Kabel zusammengeführt oder gefiltert werden. Sind auf der Gerätefront Steckverbinder vorhanden, ist ein U-förmiges Gehäusechassis vorzuziehen. Noch bessere Resultate werden erzielt, wenn man darüber hinaus einen 2 cm breiten und 1 mm dicken Streifen Kupferblech über die gesamte Breite an der Rückwand befestigt, den man in regelmäßigen Abständen mit Kabelschuhen zur Befestigung sämtlicher Massekabel versieht. Außerdem soll dieser Blechstreifen alle 5 cm leitend mit der Rückwand verschraubt werden.

Ein geschlossenes Metallgehäuse ergibt noch bessere Resultate als ein L- oder U-förmig gebogenes Blech. Man muß aber darauf achten, daß auch die Verbindungen der Gehäuseteile HF-dicht sind, mit anderen Worten, über die gesamte Länge der Verbindung in elektrischem Kontakt miteinander stehen. Alternativ kann man die Verbindungen verschrauben oder mit leitendem Gummi oder Kontaktfedern versehen. Nichtleitende Farbaufträge oder eine Oxidlage sind natürlich zu entfernen.

EMC-Netzteilentwurf

Beim Entwurf eines Netzteils sollte man sowohl imitierte als auch emittierte Störungen berücksichtigen. Nicht fehlen sollte deshalb ein Standard-Netzfilter, das über sein Metallgehäuse unmittelbar mit dem leitenden Gerätegehäuse in Verbindung steht.

Ein Selbstbau eines Netzfilters ist nicht sinnvoll, da die benötigten hochwertigen Komponenten nur schwer erhältlich sind. Wenn möglich, ist ein Netzfilter mit eingebautem (Euro-) Netzstecker, Sicherungshalter und eventuell Netzschalter einzusetzen. Dadurch sind auch größtenteils die Bedingungen bezüglich der elektrischen Sicherheit erfüllt. Das Filter ist primär mit seiner charakteristischen Impedanz abzuschließen, üblicherweise eine Reihenschaltung aus einem Widerstand (50 Ω /1 W) und einem Kondensator (10 n/250 V-, Klasse X2).

Peripherie und Erdung

Alle Kabel zu peripheren Geräten, Meßsensoren, Steuerrelais und so weiter werden durch die metallische Gehäusewand oder ein L-Profil geführt. Die Masseleitungen verbindet man im Innenraum des Gehäuses direkt über kurze Kabel (<5 cm) mit dem Kupferstreifen. Beim Einsatz von Buchsen/Steckern muß die Abschirmung an dem rundum abgeschirmten Steckverbinder angebracht werden.

Im Prinzip müssen alle nichtabgeschirmten Signalleitungen mit einem Filter ausgestattet sein, der wenigstens aus einem Ferrit-Ringkern (30 mm) pro Kabel (oder für alle Signalleitungen gemeinsam) besteht. Dieser Ringkern kann auch außerhalb des Gehäuses angebracht werden, wie man es beispielsweise von PC-Monitoren her kennt. Wenn es technisch vertretbar ist, sollte man am Steckverbinder im Gehäuse einen 150- Ω -Reihenwiderstand und eventuell eine Kapazität nach Masse der Leitung hinzufügen. Auch kann man fix und fertig erhältliche, aber teurere T- oder Pi-Filter anbringen. In allen anderen Fällen müssen die Verbindungen innerhalb des Gehäuses abgeschirmt und die Abschirmung beidseitig geerdet werden, nämlich auf der Platine und auf dem Kupfer-Massestreifen an der Gehäuserückwand. Die EMC-Massefläche auf der Platine muß so gut wie möglich mit dem Kupferstreifen verbunden sein, wenn möglich, mit einem flexiblen Masseband oder einigen parallelen (Band-) Kabeln.

Statische Elektrizität (ESD)

Alle von außen berührbaren Teile sollten, wenn möglich, aus nichtleitendem, antistatischem Material gefertigt sein. Alle berührbaren Teile, die durch die Gehäusewand ragen (Achsen, LEDs ...) müssen galvanisch mit Masse verbunden sein (bei Klasse-II-Geräten über einen 1-M Ω -Widerstand). Alle Ein- und Ausgänge, deren Verdrahtung oder Anschlüsse berührbar sind, müssen einen Masseschild (zum Beispiel ein geerdetes metallisches Steckergehäuse) besitzen, über den elektrostatische Entladungen abfließen können. Dies kann am bequemsten durch versenkte Kontakte (z.B. Sub-D), durch geerdete Metallgehäuse und/oder rundum abschirmende Kabelhalterungen geschehen.

Netzteile

Ein Netztransformator sollte an der primären wie an der sekundären Seite mit einem RC-Netzwerk (Snubbernetzwerk) versehen sein. Gleichrichterbrücken werden ebenfalls mit RC-Netzwerken gefiltert. Der sekundäre (Spitzen-) Ladestrom im Elko sollte durch den Innenwiderstand des Trafos und/oder durch externe Reihenwiderstände begrenzt werden. Dazu verwendet man an der 230-V-Seite Varistoren (350V/2 W) zwischen Phasen- und Neutralleiter beziehungsweise sowohl zwischen Phase und Schutzleiter als auch zwischen Neutralleiter und Schutzleiter. Sekundär - am besten hinter dem Pufferelko - sollte man einen Transienten-Suppressor einsetzen. Wird das Netzteil in digitalen Schaltungen gebraucht, kann zur Beschränkung der Emission eine Gleichtaktspule an der sekundären Trafoseite aufgenommen werden. Bei Audio-Geräten ist zusätzlich eine Abschirmung zwischen primärer und sekundärer Trafoseite zu empfehlen, die man über ein kurzes Masseband mit dem Kupferblechstreifen an der Rückwand verbindet. Das Netzteil muß vier Perioden Netzausfall und Netzspannungsvariationen im Bereich von -20 % bis +10 % verkraften können.

Audio-Geräte

Bei Audio-Entwürfen ist Immunität eine wichtige Voraussetzung für ordnungsgemäße Funktion. Am besten werden alle Kabel abgeschirmt. Lautsprecherkabel, bei denen eine Abschirmung nicht möglich ist, sollte man deshalb mit speziellen, für hohe Ströme geeigneten T- oder Pi-Filtern ausstatten, die die Baßwiedergabe nicht beeinträchtigen. Ein solches Filter wird in jede Ader aufgenommen. Die Filter werden als Durchführungsfilter in die Wand eines Metallgehäuses montiert, das die Lautsprecheranschlußklemmen des Verstärkers abschirmt.

Niederfrequente Magnetfelder

Abgeschirmte Kabel im Gehäuse bieten keinen Schutz vor der Einstreuung niederfrequenter Magnetfelder des Netztrafos. Die Abschirmung wird erst bei Frequenzen von einigen Kilohertz wirksam. Darum müssen diese Kabel so dicht wie möglich an den metallischen Gehäusewänden verlegt und einseitig am Kupferstreifen geerdet werden, um elektrische Felder abzuleiten. Das Netzteil kann in besonderen Fällen auch in einem separaten Gehäuse-Abteil (aus Stahl) platziert werden. Ein spezieller streuarmer Trafo kann das Streufeld und damit auch den Netzbrumm weiter reduzieren.

Hochfrequente Magnetfelder

HF-Felder dürfen nicht ins Innere des (metallischen) Gehäuses eindringen. Für qualitativ hochwertige Schaltungen kommt deshalb ein Kunststoffgehäuse nicht in Frage. Alle externen Audiokabel müssen abgeschirmt und die Abschirmung an der Außenseite des Gehäuses abgeschlossen werden. Auch hier sind ausschließlich Vollmetall-Steckkontakte einzusetzen. Alle internen Kabelabschirmungen werden am Kupferstreifen im Gehäuse angeschlossen. Es ist wichtig, ein Gehäuse mit ausreichender Wandstärke (>2 mm) zu wählen, da sonst aufgrund des Skin-Effekts innere und äußere Felder nur unzureichend voneinander getrennt werden. Der Durchmesser von Gehäusebohrungen sollte nicht größer als 2 cm sein, eventuell sollte man größere Ausbrüche mit leitender Gaze abdecken.



Beispiel für ein Standard-Netzfilter. Es besitzt einen Euro-Netzstecker mit umfangreichem Filter. Die Metallummantelung muß mit dem Gehäuse verbunden werden.

Kühlkörper

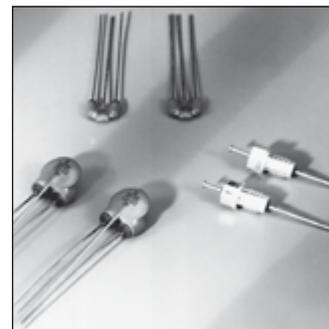
Kühlkörper werden an möglichst vielen Stellen HF-geerdet und wenn möglich im Gehäuse untergebracht. Nichtgeerdete Kühlkörper in Schaltnetzteilen verursachen mit Sicherheit EMC-Probleme. Eventuell ist ein Massechassis zwischen Schalttransistor und Kühlkörper einzusetzen. Die Gehäuseperforation sollte möglichst kleine Bohrungen aufweisen oder mit einer leitenden Gaze versehen sein. Übrigens: Auch Ventilatoren gehören ins Gehäuse.

Kabel

In Hinblick auf EMC sind Kabel bestens geeignet, um als (Sende- und Empfangs-) Antennen Störungen in die Welt zu setzen beziehungsweise einzufangen. Dies gilt ebenso für einfache wie für abgeschirmte Kabel. Die Abschirmung eines (koaxialen) Kabels muß deshalb rundum Kontakt mit dem Steckverbinder eingehen. Die Abschirmung kann als Rückstromleiter fungieren, um eine HF-magnetische Abschirmung zu erreichen. Für die magnetische Abschirmung im NF-Bereich ist es besser, eine verdrehte Zweidrahtleitung (twisted pair) mit Abschirmung zu verwenden. Bei einem Flachbandkabel sollte jede Signalleitung zwischen zwei Masseadern liegen und das gesamte Kabel zusätzlich einseitig oder rundum abgeschirmt sein. Kabel, die Signale mit Frequenzanteilen über 10 kHz führen und nicht im Gehäuse gefiltert werden können, werden mit einem Ringkern als Gleichtaktspule versehen.

Einbau

Elektor-Platinen sind zur Zeit mit Befestigungsbohrungen in der Kupfer-Massefläche versehen. Mit metallischen Abstands- oder Gewindebolzen wird für eine gute (HF-) Verbindung zwischen Platine und Erde gesorgt. Kritische Schaltungen weisen eine besondere Massefläche auf, die beispielsweise über ein 25-poliges Flachbandkabel mit dem Kupferstreifen verbunden wird. Diese Art von Platinen benötigt keine weitere Masseverbindung, so daß die Kupferfläche um die Befestigungsbohrungen entfällt, die Befestigungsschrauben also isoliert sind.



T- oder Pi-Filter sorgen dafür, daß keine Störungen über die Signalleitungen in das Gehäuse hinein oder aus ihm heraus kommen können. Solche Filter sind für verschiedene Stromstärken und Frequenzbereiche erhältlich.

Entdecke den STM32!

Von Jens Nickel (D)

Bestehend aus günstiger Hardware und einer freien Toolchain-Testversion, sind Mikrocontroller-Eval-Kits eine feine Sache. Anwender können die Fähigkeiten des Controllers und die zugehörige Software ausprobieren, ohne viel Geld investieren zu müssen. Und die Hersteller führen die breite Masse der Elektroniker (zum Beispiel Studenten) an ihre Bausteine heran – und machen ein wenig PR.

Der Halbleiterhersteller STMicroelectronics hatte bereits mit seinem „STM8S-Discovery Kit“ gute Erfahrungen gesammelt, auf der letzten Embedded World wurden 5.000 Exemplare des 8-bit-Controller-Boards kostenlos verteilt. Da lag die Idee nahe, ein ähnliches Kit auch für die großen 32-bit-Controller (STM32F) aus eigenem Haus auf den Markt zu bringen. Die Wahl fiel auf den STM32F100RB6B aus der günstigen „Value line“, der auf einer ARM-Cortex-M3-Architektur basiert und mit 128 KB Flash und 8 KB RAM ausgestattet ist [1]. Das Kit ist ab Mitte September bei verschiedenen Distributoren erhältlich, die unverbindliche Preisempfehlung liegt bei nur 9,90 US-\$. Zum physischen Lieferumfang des STM32-Discovery Evaluation-Kits gehört ausschließlich das kleine Eval-Board; die nötige Software ist im Internet herunterzuladen. Ein USB-Kabel wird zusätzlich für den Anschluss an den Entwicklungsrechner benötigt. Statt die Eval-Platine nämlich wie viele andere Firmen in USB-Stick-Form herauszubringen, ist die Discovery-Hardware klassisch rechteckig geformt und nur leidlich kompakt, was allerdings seinen guten Grund hat. An den langen Seiten und am unteren Ende sind einreihige Stiftleisten eingelötet, über welche die Pins des Controllers direkt nach außen geführt sind. Während andere Eval-Boards nur ein paar Löt pads zum Anschluss an eigene Schaltungen mitbringen, lässt sich das STM32-Discovery-Board somit auch als Prozessorplatine nutzen, die auf ein Lochrasterfeld oder gar ein selbst gestricktes Applicationboard gesetzt werden kann. Bei genauerem Hinsehen erkennt man die Zweiteilung der Hardware. Der größere Hauptteil beherbergt den Target-Controller. Daneben befinden sich ein Reset-Button, ein „User-Button“ und zwei LEDs, so dass sich kleine Demo-Programme auch ohne

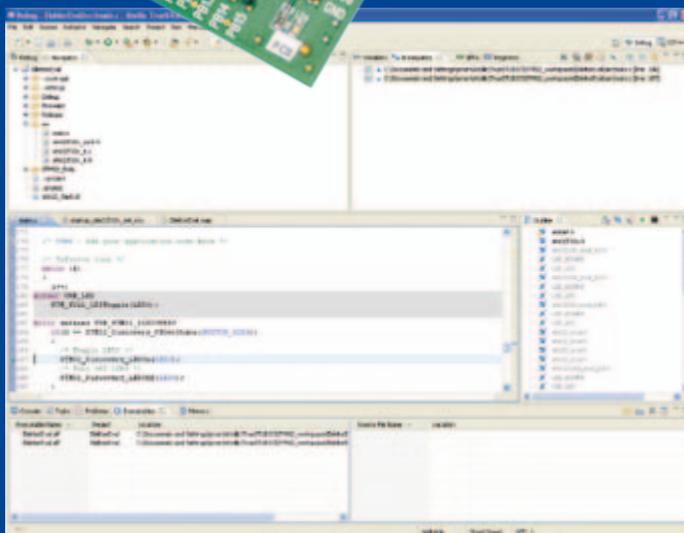
Zuhilfenahme von weiterer Elektronik bemerkbar machen können. Am etwas kleineren, oberen Teil der Platine ist die USB-Buchse untergebracht, über die das Board auch mit Strom versorgt wird. Darunter befindet sich noch ein weiterer STM32-Controller, der das Programmieren und Debuggen des Zielcontrollers übernimmt (und dabei sogar noch etwas leistungstärker als dieser ist). Die Funktionen dieser Debuggereinheit sind weitestgehend kompatibel mit dem Hardware-In-circuit-Debugger ST-Link. Das bedeutet zum Beispiel, dass man mit der kostenlos downloadbaren Software ST-Link-Utility [1] arbeiten kann, mit der sich etwa der Speicherinhalt des STM32F100 einsehen lässt.

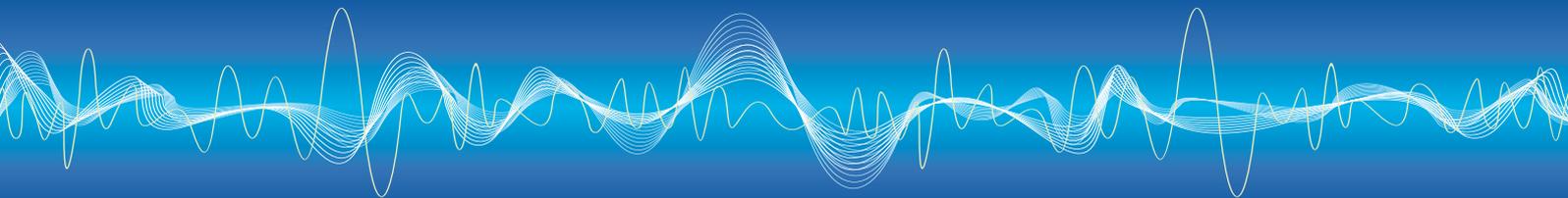
Sozusagen als Extra-Schmankerl kann man den Programmer/Debugger-Teil auch für einen externen STM32-Controller verwenden, dieser wird über eine SWD(Serial Wire Debug)-Schnittstelle angeschlossen, die auf der Discovery-Platine über vier Stifte zugänglich ist.

Zum Erstellen und Debuggen eines Firmware-Programms bieten sich gleich drei Toolchains an (IAR, Keil und Atollic). Wir haben die Entwicklungsumgebung „TrueStudio for STM32“ von Atollic ausprobiert. Die kostenlos downloadbare Lite-Version [2] ist weder zeit- noch code-limitiert, sondern gegen-

über der Professional-Version im Funktionsumfang abgespeckt. Das auf Eclipse basierende Programm lässt sich einfach installieren und bringt darüber hinaus eine große Palette von Projektvorlagen für die einzelnen Hardwareplattformen mit, so dass man sich zum Beispiel um die Erstellung eines make-Files nicht selbst kümmern muss (die ersten Schritte zum Anlegen eines neuen Projektes sind gut im „Quick Start Guide“ der Entwicklungsumgebung beschrieben). Wenn man als Evaluation Board „STM32_Discovery“ aus-

wählt, erscheint gleich ein kleines Demoprojekt, das die beiden LEDs je nach Zustand des User-Buttons toggelt. Obwohl die Entwicklungsumgebung sehr viele Funktionen mitbringt, hat man mit ein klein wenig Programmiererfahrung schnell verstanden, wie die einzelnen Files des Projektes zusammenhängen, was in den Fenstern zu sehen ist und wo die wichtigsten Bedienfelder für das Debuggen sitzen. Um eigene Programme auszuprobieren, muss man im Atollic Studio Lite nämlich immer einen Debug-Prozess auslösen, der Run-Vorgang und das Erzeugen





eines Binaries ist leider der Professional-Variante vorbehalten. In den „Build Configurations“ (zu erreichen über den Hauptmenüpunkt „Project“) sollte daher auch unbedingt „Set Active“ auf „Debug“ eingestellt sein. Ansonsten werden neue oder modifizierte Programme beim Debuggen nicht auf den Controller überspielt.

Dann steht eigenen Experimenten nichts mehr Wege. Als Ausgangsbasis kann man die Beispielprogramme verwenden, die von der STM32-Discovery-Website [3] downloadbar sind. Die dort ebenfalls herunterladbare Dokumentation beschreibt das

Board in detail (Schaltplan, Pinbelegung, Jumper). ST wird die Website spätestens am 15. September freigeschaltet haben.

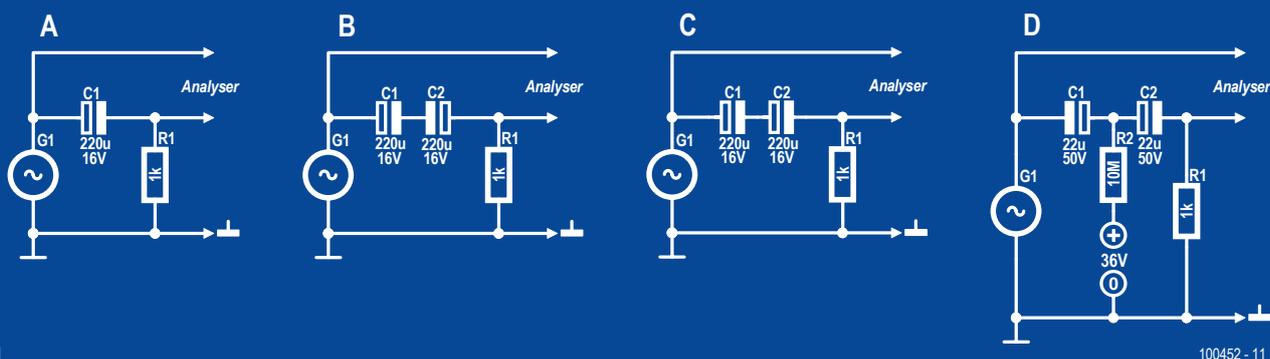
(100454)

[1] www.st.com/stm32

[2] www.atollic.com/index.php/download/downloadstm32

[3] www.st.com/stm32-discovery

Elkos in Audioschaltungen



1

100452 - 11

Von Ton Giesberts (Elektor-Labor)

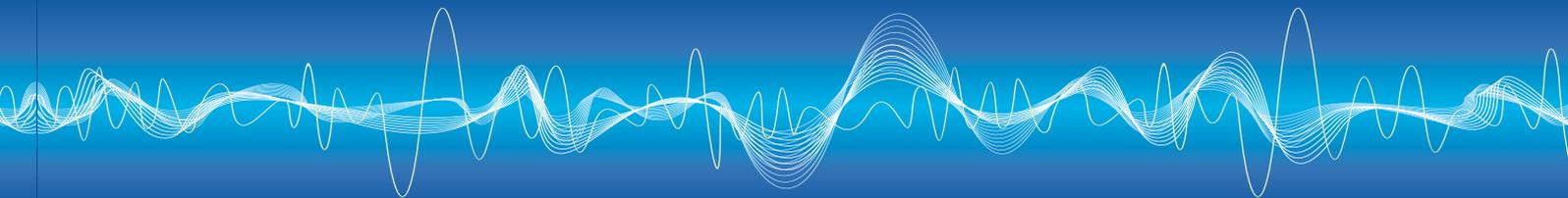
Seit langem sind wir uns im Elektor-Labor einig, dass Elektrolytkondensatoren in Audio-Signalwegen eine schlechte Wahl sind, das Gleiche gilt für die keramischen Kondensatoren. Die untere Qualitätsgrenze setzen wir bei den Polyester-Filmkondensatoren (MKT) an, gefolgt von solchen mit Polypropylen und Polystyrol als Dielektrikum. Zur Wahl stehen auch noch höherwertige Typen, beispielsweise Teflon- und Glimmer-Kondensatoren, doch hier gelten unsere Überlegungen den Elkos.

Nicht nur Röhrenverstärker werden gern mit Elkos als Koppelkondensatoren bestückt, auch in Verstärkern mit Halbleitern sind sie häufig zu finden. Ein Vorteil von Elkos ist ihre hohe Kapazität bezogen auf ihr Volumen. Im Entwurf des „NE5532 Power Amp“ (erster Teil in dieser Elektor-Ausgabe) lagen zwei Elkos im Signalweg. Wir haben sie weg gelassen und durch eine Einstellung ersetzt, mit der sich ein eventueller Gleichspannungsoffset kompensieren lässt. Die endlose Diskussion, ob Elkos im Signalweg hörbaren Einfluss auf Audiosignale haben, war damit erst einmal vom Tisch. Trotzdem drängte uns der Wissensdurst, dieser Frage nachzugehen. So viel sei vorweg genommen: Die Ergebnisse unserer THD-Messungen und der Tests mit

MLS- und Standard-IMD-Signalen ergaben keine signifikanten Unterschiede zwischen den Eingangs- und Ausgangssignalen. Die Messschaltungen sind in Bild 1 skizziert.

Wir begannen mit Messungen an einem Hochpass (**Bild 1a**). Der Signalgenerator lieferte ein sinusförmiges 20-Hz-Signal, Amplitude $5 V_{\text{eff}}$. Die FFT-Analyse des Eingangssignals (violett) und des Ausgangssignals (grün) gibt **Bild 2** wieder. Der Hochpass verursachte natürlich Verzerrungen, doch die Harmonischen lagen unter -120 dB . Real dürften sie noch niedriger liegen, denn in die Messung gingen die vom Signalgenerator produzierten Harmonischen (2. und 3. Ordnung) mit -130 dB ein. In Prozent ausgedrückt haben wir einen Anstieg der harmonischen Verzerrungen von $0,00017 \%$ auf $0,00023 \%$ verzeichnet.

Die Messung haben wir auch mit anderen $220\text{-}\mu\text{F}$ -Elkos durchgeführt. Ein unipolarer Elko überraschte damit, dass praktisch keine Unterschiede feststellbar waren. Zwei gepolte Elkos, gleicher Typ wie bei der ersten Messung, wurden gegenpolig in Reihe geschaltet (**Bild 1b**). Auch mit dieser Konfiguration ergaben sich keine bedeutsamen Unterschiede. Um herauszufinden, ob die gegengerichtete Polung einen Einfluss hat, wurde ein Elko umgedreht in die Schaltung gesetzt (**Bild 1c**). Jetzt traten im Signal an R1 zwei Harmonische in Erscheinung, die einige dB höher als bei der Messung mit nur einem Elko lagen. Daraus lässt sich folgendes schließen: Was die Verzerrungen betrifft,



sind bipolare Konfigurationen den Kopplungen mit nur einem Elko überlegen. Bei der Reihenschaltung kompensieren sich vermutlich die Nichtlinearitäten gegenseitig. Wir haben weitere Messungen mit Elkos anderer Hersteller und anderer Arbeitsspannungen durchgeführt. Die Ergebnisse waren unterschiedlich, doch allen war gemeinsam, dass die Verzerrungen höher lagen. Auch bei diesen Messungen machte sich die verzerrungsmindernde Wirkung bipolarer Konfigurationen bemerkbar.

Die nächsten Versuchsobjekte waren Elkos, deren Kapazitäten $22 \mu\text{F}$ (ein Zehntel!) betrogen. Damit lag die Filter-Eckfrequenz nicht mehr bei $0,7 \text{ Hz}$, sondern bei 7 Hz . Die niedrigere Kapazität hat zur Folge, dass am Elko höhere Spannung liegt. Das Ergebnis unserer Messung an dem Hochpass aus Bild 1a mit sinusförmigem 20-Hz -Signal ($5 V_{\text{eff}}$) geht aus Bild 3 hervor. Die Verzerrungen waren auf ungefähr $0,005 \%$ gestiegen, lediglich infolge des Elko-Wechsels! Auch hier haben wir Messungen mit den bipolaren Konfigurationen durchgeführt. Wie die Grafik zeigt, lag die zweite Harmonische um 17 dB niedriger, während die dritte Harmonische etwas zugelegt hatte. Unter dem Strich war der gerundete Klirrfaktor unverändert.

Eine Frage war noch nicht beantwortet: Hat die Höhe der am Elko liegenden Gleichspannung Einfluss auf die Verzerrungen? Die Antwort gab uns der Messaufbau in Bild 1d. Das Ergebnis ist hier nicht als Grafik dargestellt, denn die beiden Kurven (mit und ohne Gleichspannung) waren fast exakt deckungsgleich. Ferner haben wir die Eigenschaften von Filmkondensatoren (MKT) an zwei Hochpässen mit der Eckfrequenz 20 Hz untersucht. Die erste Version arbeitete mit einem vergleichsweise voluminösen Kondensator von $4,7 \mu\text{F}$ und einem Widerstand von $1,69 \text{ k}\Omega$, die zweite Version war mit einem preiswerten $2,2\text{-}\mu\text{F}$ -Exemplar (Ausführung ohne Umhüllung) und einem Widerstand von $3,65 \text{ k}\Omega$ bestückt. Wie Bild 4 zeigt, stimmte das Ergebnis bei beiden Versionen nahezu überein. Lediglich die zweite Harmonische liegt um 12 dB höher, während die dritte Harmonische nur unbedeutend abweicht.

Aus unseren Messungen lässt sich schlussfolgern, dass Elkos in Audio-Signalwegen so dimensioniert werden müssen, dass die Eckfrequenz wesentlich tiefer als die gewünschte untere Frequenzgrenze liegt. Wenn Gleichspannungen bei niedrigen Impedanzen ($\text{k}\Omega$ -Bereich) blockiert werden müssen, gibt es zu den Elkos keine wirkliche Alternative. Ein Nachteil hoher Kapazitäten besteht darin, dass Gleichspannungsänderungen wegen der hohen Zeitkonstanten unvollkommen übertragen werden und Einschalteneffekte langsam abklingen. Eine Lösung kann darin bestehen, dass die Impedanzen heraufgesetzt werden (höheres Rauschen!), so dass MKT-Kondensatoren zum Einsatz kommen können. Anders als Elkos müssen sie nicht überdimensioniert werden.

Fazit: Wenn Elkos als Koppelkondensatoren in Audio-Verstärkern überdimensioniert sind, ist ihr Einfluss auf die Signale fast nicht messbar. Bipolare Konfigurationen wirken sich stets günstig auf die harmonischen Verzerrungen aus. Allerdings gibt es bei Elkos neben dem betrachteten Aspekt noch eine Reihe weiterer Faktoren, die „hörbare“ Wirkungen auf die Signalqualität haben können.

(100452)gd

Literatur und Weblinks

„Audio-Kondensatoren“, Elektor 11/1991, S. 32 ff.

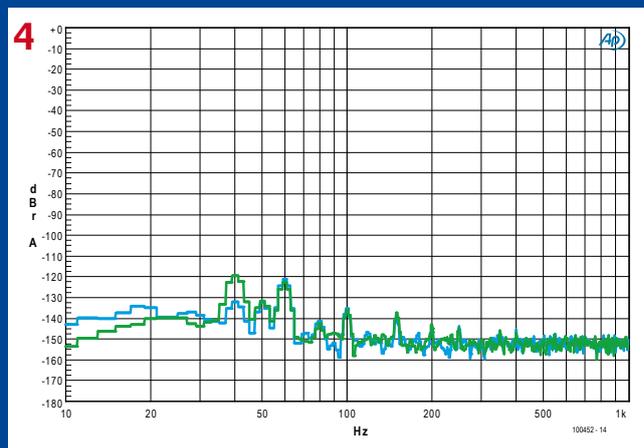
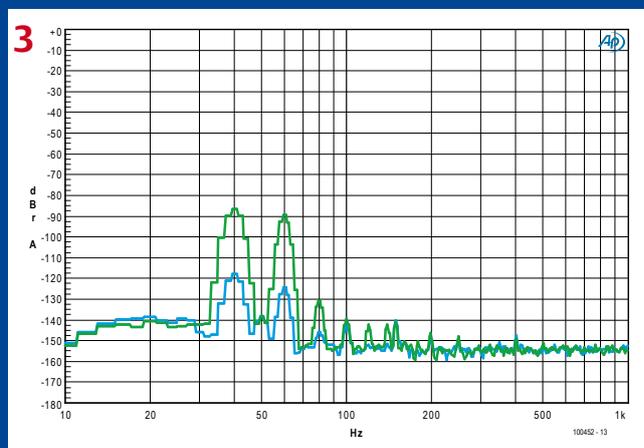
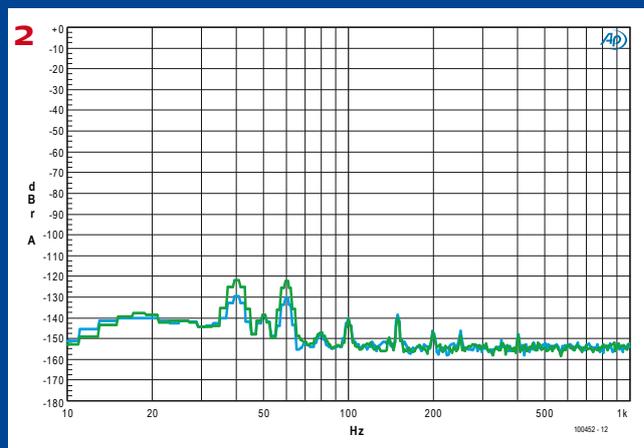
„A real-time signal test for capacitor quality“,
The Audio Amateur, April 1985

„Capacitor Sounds“, Electronics World, Juli 2002 bis Januar 2003

„Picking Capacitors“, Audio Magazine, Februar 1980

<http://sound.westhost.com/articles/capacitors.htm>

www.national.com/rap/Application/0,1570,28,00.html



Hosentaschen-Beamer

Von Jens Nickel (Redaktion D)

Der Siegeszug der High-Power-LEDs macht es möglich: Immer mehr Klein- und Kleinstbeamer drängen auf den Markt. Die sogenannten Pico-Projektoren eignen sich sogar für die Hosentasche und sollen Bilder und Videos von Flashspeicher-Mediaspielern, Camcordern und portablen DVD-Spielern an die Wand werfen. Ein günstiges Angebot haben wir bei Conrad Electronic [1] entdeckt: Der „Aiptek Pocket Cinema T15 Taschenbeamer“ ist dort bereits für knapp 99 Euro zu haben.

Einen solchen Mini-Projektor mussten wir unbedingt einmal unter die Lupe nehmen! Unser allererster Eindruck war der, dass der Begriff Taschenbeamer nicht übertrieben ist. Das Gerät liegt darüber hinaus angenehm in der Hand und ist ordentlich verarbeitet. Mitgeliefert werden ein Akku, ein Netzteil mit USB-Stecker, ein Mini-Stativ und ein Kabel (3x Cinch auf Klinke). Neben der Klinkenbuchse, die Stereoton und ein Composite-Videosignal entgegennimmt, findet sich leider kein weiterer Eingang am Pico-Projektor. Gewöhnliche Computer (oder gar Handys) scheiden als direkte Zuspeler aus, lediglich mit einem S-Video-Ausgang am Notebook (und einem zusätzlichen Adapter) geht es. Für einen ersten Test haben wir einen DVD-Player aus Labor-Beständen genutzt.

Bei einer Projektion mit rund 35 cm Diagonale (etwa ein DIN-A4-Blatt) waren wir angenehm überrascht. Der subjektive Bildeindruck und die Farben waren besser, als wir es erwartet hatten. Da die Auflösung von 640 x 360 unter PAL-Niveau ist, wirkte das Bild etwas weich; und Artefakte aufgrund der Videoverarbeitung blieben natürlich auch nicht aus. Größtes Manko des Pico-Projektors ist aber die geringe Helligkeit (8 Lumen werden angegeben). Wer größer projizieren will (bis zu 127 cm Diagonale sind fokussierbar), braucht einen absolut dunklen Raum.

Jetzt waren wir verdammt neugierig, wie es im Inneren des Mini-Beamers aussehen würde. Nach Abschrauben des Gehäusobodens kam gleich die Hauptplatine und ein geschlossenes schwarzes Modul zum Vorschein, das offensichtlich die komplette optische Einheit enthielt. Um dieses Projektionsmodul öffnen zu können, musste aber auch der Gehäusedeckel herunter - und dieser war gemeinerweise mit dem Mittelteil des Gehäuses verklebt. Glücklicherweise war aber Labor-Assistent Jan Visser am Werk, der einen sechsten Sinn für versteckte Schrauben, einrastende Plastikzapfen und doppelseitige Klebänder zu haben scheint.

Nachdem Jan ein paar weitere Schrauben gelöst hatte, konnte er das Projektionsmodul auseinanderbauen. Dieses bestand aus einer LED-Platine mit Kühlblech und Kühlkörper, dem Gehäuse mit der Optik und einem etwa daumennagelgroßen Display. Nun war das Prinzip einfach zu erkennen: Das Licht der weißen High-Power-LED (von Cree) wird fokussiert und fällt dann durch einen halbdurchlässigen Spiegel, bevor es auf das reflektive Display auftrifft. Das dort generierte Bild wird schließlich über den halbdurchlässigen Spiegel und die Projektionslinse nach draußen geworfen.

Ein Aufdruck auf der LED-Platine führte uns schließlich auf die Spur der in Hongkong ansässigen Firma iView. Und siehe da, über deren Website kann man das vorliegende Projektionsmodul namens IPL-512DG bestellen, das speziell für Pico-Projektoren entwickelt wurde [2]. Laut den auf



dieser Site zu findenden „News“ kommt das gleiche Modul übrigens auch im ersten Handy mit Projektor-Funktion zum Einsatz, das in größeren Stückzahlen auf dem Weltmarkt erhältlich war. Ab nun wussten wir auch, dass es sich bei dem Mini-Display um ein sogenanntes LCoS handelte (Liquid Crystal on Silicon), das wie ein LCD auf Flüssigkristallen basiert, aber reflektiv arbeitet. Die Leiterbahnen zur Ansteuerung befinden sich beim LCoS nicht zwischen den Flüssigkristall-Pixeln, sondern dahinter, solche Displays lassen sich bei gegebener Auflösung daher auch besonders kompakt bauen. Zu dem Typ HX7009 fanden wir keine englische Internetseite, wohl aber zum Hersteller Himax [3]. Von diesem Unternehmen stammt auch der Treiberchip HX8852, der digitale Videosignale nach ITU656 entgegennimmt [4]. Benachbart fand sich dann auch gleich ein TVP5150AM1 von TI [5], welcher ein analoges Videosignal nach PAL in ITU656 wandeln kann. Der größte Chip auf der Platine ist allerdings ein 8-bit-Mikrocontroller HT46R23 von Holtek [6]. (100450)

[1] www.conrad.de (Artikelnummer 346313)

[2] http://iview.apaci.com.hk/en/products/products_details.php?pageNo=1&pid=11

[3] www.himaxdisplay.com

[4] www.himaxdisplay.com/en/product/HX8852.asp

[5] <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/tvp5150am1.html>

[6] www.holtek.com/english/news/products/022701.htm



DISCOVER WHAT'S NEXT.

Use your mobile device to scan this code.



BUILD GLOBAL NETWORKS AND BUSINESS.

26,000 key decision makers. 20,000 new products. More than 130 countries. Four days. Make the deals that propel your business in the right direction. Register with priority code M2 by September 30 to save the \$100 registration fee.

Exhibitors: Reach an international audience in one trip. Reserve space at Exhibit@CESweb.org.

Register Now at CESweb.org | January 6-9, 2011 | Las Vegas, Nevada



THE GLOBAL STAGE FOR INNOVATION

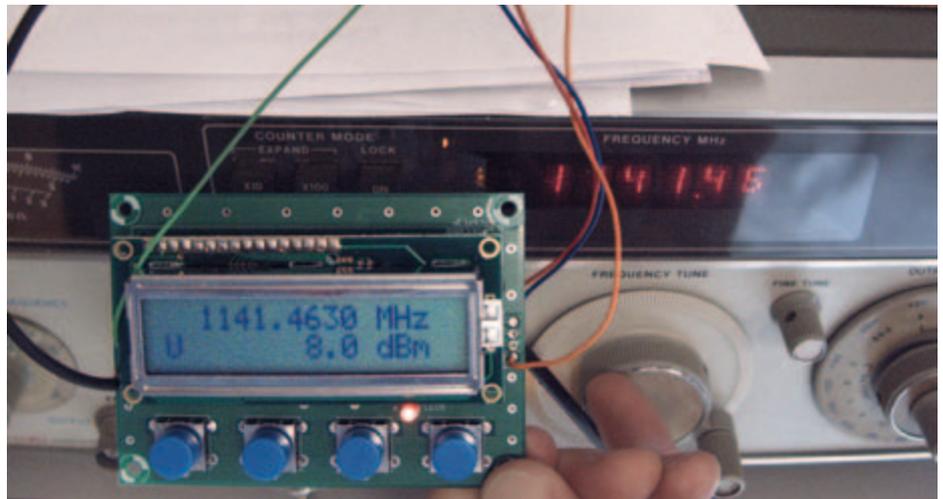


Das war's schon...

2,5-GHz-Zähler mit Leistungsdetektor

Von Kai Riedel (D)

Im Mai 2009 haben wir ein „TRUE-RMS Digital-Voltmeter mit Frequenzzähler“ veröffentlicht [1]. Kai Riedel, der Entwickler dieses Messgeräts, hat den Messbereich noch einmal deutlich erweitert, so dass es nun für Frequenzen von 10 MHz bis 2,5 GHz geeignet ist.



Gleiche Aufgabe - unterschiedliche Schaltung!

„Sie müssen lediglich den Original-Verstärker durch einen neuen ersetzen, dem Display-Controller-Board eine neue Firmware verpassen und eine Spannungsreferenz mit anderer Ausgangsspannung einsetzen, das war's schon“, meint Kai.

„Mit einem HF-Zähler kann man HF-Sender und andere Funkgeräte testen. Der zusätzliche Power-Detektor zeigt außerdem die Signalstärke an. Ein Spektrum-Analyser liefert vielleicht detailliertere Ergebnisse, ist aber auch teurer. Mit dem Power-Detektor und einer geeigneten Antenne kann man nun sogar Wohnungen auf Wanzen untersuchen und noch viel mehr.“

Los geht's

„Auf der Suche nach der besten Lösung untersuchte ich verschiedene Detektor- und Verstärkerschaltungen hinsichtlich ihrer technischen Eigenschaften“, erläutert Kai. Hier veröffentlichen wir gleich zwei davon. So hat man die Möglichkeit, den Entwurf auszuwählen, dessen Bauteile leichter erhältlich sind (und der mit den eigenen Möglichkeiten einfacher zu bauen ist).

Der wichtigste Unterschied ist die Detektor-Empfindlichkeit. Mit Design A (v.1, LT5538-Detektor) ergibt sich eine Empfindlichkeit von ca. -65 dBm, und mit Design B (v.2, AD8362-Detektor) erzielt man eine Empfindlichkeit von etwa -50 dBm. Dafür glänzt Design B mit geringeren Abweichungen

bei unterschiedlichen Frequenzen. Außerdem testete Kai auch andere Detektor-Schaltungen mit sehr guten Ergebnissen (AD8363, ADL5902), aber die Bauteile sind recht schwer erhältlich (von Analog Devices bekommt man lediglich Muster).

Der Hauptnachteil von Leistungs-Detektoren ist ihre relative Abweichung bei verschiedenen Frequenzen (siehe die beiden Grafiken rechts unten). Wie schon erwähnt, liefert die Variante mit AD8362 die besseren Resultate. Die Ausgangsspannung beträgt hier 50 mV/dB; mit dem LT5538 erzielt man 20 mV/dB. In Sachen Frequenzbereich unterscheiden sich die beiden Ausführungen nur wenig. Zur Messung hoher Frequenzen kann man die Frequenz entweder mit einem Vorteiler dividieren oder mit einem Mischer heruntermischen, wie das in Spektrum-Analysern gemacht wird. Hier werden zwei Vorteiler eingesetzt. Ein Vorteiler (MC12080) teilt Frequenzen bis zu 1,1 GHz im Verhältnis 80:1 - der andere Vorteiler (MC12095) hat ein Teilverhältnis von 4:1 und verarbeitet Signale im Bereich 1,1...2,5 GHz. Diese Chips gibt es von OnSemi (als Muster) oder regulär von RS Components oder Farnell. Leider sind diese Vorteiler nicht sehr empfindlich und produzieren zudem noch Interferenzen. Die Lösung hierfür war der zusätzlich Einsatz eines HF-Verstärkers mit einem Gewinn von etwa 20 dB. Auch hier hat der Autor zwei Verstärker mit ähnlichen Parametern

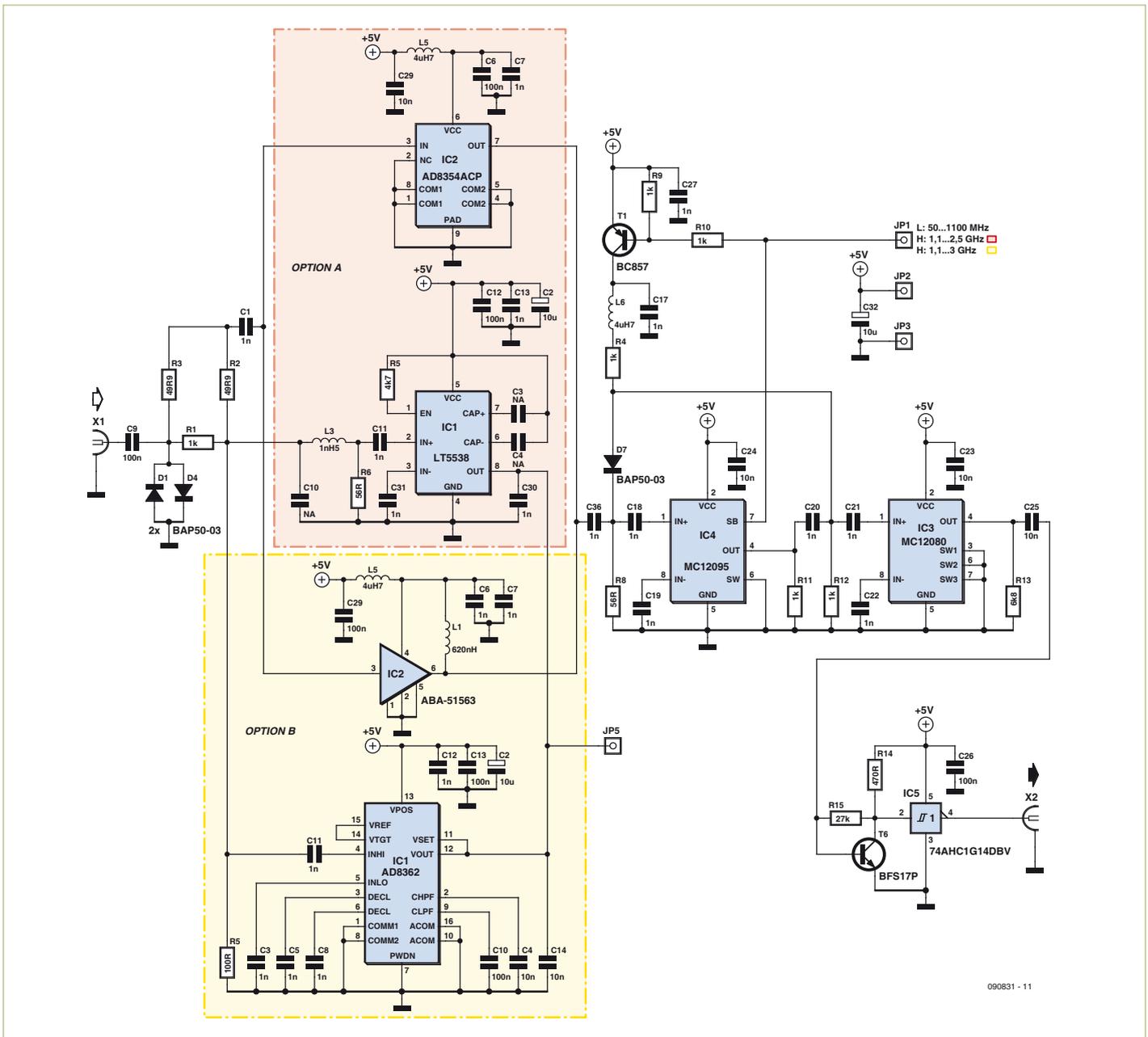
getestet. Beide sind Breitbandverstärker mit 50-Ω-Eingängen. Das IC von Avago (ABA-51563) kostet weniger und begnügt sich mit nur 18 mA. Der Verstärker von Analog Devices (AD8354) benötigt etwa 23 mA. Die Ergebnisse beider Verstärker sind vergleichbar. Der Verstärker und der Breitband-Leistungsteiler am Eingang der Schaltung entkoppeln den Frequenzteiler vom Leistungs-Detektor und garantieren so gute Ergebnisse der Leistungsmessung - dämpfen aber auch das Signal. Die Umschaltung zwischen den beiden Vorteilern wird mit einer PIN-Diode realisiert, die über einen Transistor vom Mikrocontroller der Display-Platine gesteuert wird. Wenn man höhere Sendeleistungen messen will, kann man noch einen geeigneten HF-Abschwächer vor den Eingang schalten.

Die Display-Firmware kann an zwei Punkten kalibrieren und die Kalibrierwerte im internen EEPROM speichern. Außerdem gibt es zwei Zeitbasis-Einstellungen (100 ms und 1 s) sowie verschiedene absolute und relative Anzeigemodi.

(090831)

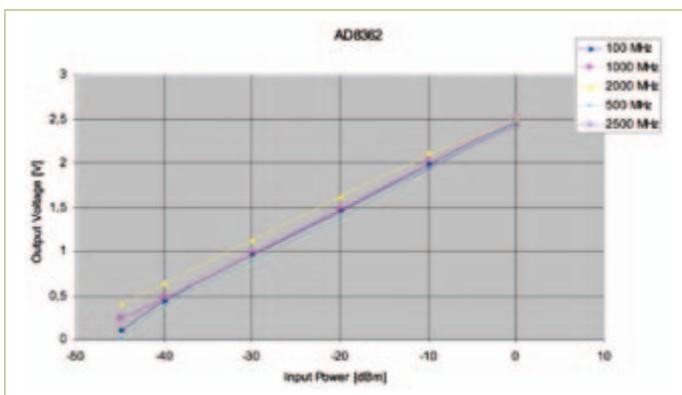
Weblinks

- [1] www.elektor.de/080331
- [2] Mehr Informationen über Zähler/Verstärker gibt's direkt beim Autor: kairiedel@yahoo.de

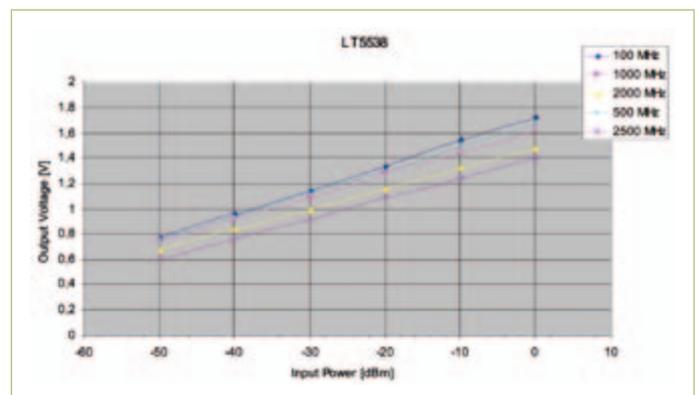


090831 - 11

Schaltplan.



Ausgangspegel vs. Eingangsleistung (AD8362).



Ausgangspegel vs. Eingangsleistung (LT5538).

Power Line Communication und das Chip-Problem

Wird S-FSK den „Format-Krieg“ gewinnen?

Von Giacomo Cesari (Future Electronics Italy)

Wenn Spread-Spectrum Frequency Shift Keying (S-FSK) der vorherrschende Standard für intelligente Stromzähler wird, werden Bausteine dafür auch für PLC-Anwendungen mit niedrigen Datenraten wie in der Gebäude-Automation oder für die Straßenlampen-Steuerung kommerziell interessant.

Wir zeigen, wie S-FSK-Technik in modernen Modem-Designs implementiert werden kann und wie System-on-Chip-(SoC)-Bausteine diese Herausforderung bewältigen.

Obwohl die Technik der Power Line Communication (PLC) seit Jahrzehnten existiert, ist sie dennoch nicht weit verbreitet. Das liegt nicht zuletzt daran, dass es technisch schwierig ist, Daten zuverlässig über ein Medium zu übertragen, das auch mit großen Wechselströmen arbeitet.

Die Regierungen investieren angesichts des Klimawandels Millionen in die Installation von intelligenten Stromzählern, die eine Reduzierung des Energieverbrauchs über die Steuerung der Nachfrage ermöglichen. Diese neuartigen Stromzähler benötigen aber eine Datenverbindung zu einer Zentrale, und PLC bietet sich dafür an. Doch mittlerweile erleben Zählerhersteller und Energieversorger so etwas wie den Kampf zwischen Betamax und VHS in den 1980er Jahren. Im Wettbewerb stehende Halbleiterhersteller unterstützen verschiedene Technologien für den Aufbau dieser Datennetze: nicht nur PLC, sondern auch ISM-Funk, Mobilfunk und so weiter.

Was macht S-FSK so attraktiv?

Die Frequenzzuweisungen für Sendungen auf Stromversorgungsleitungen unterscheiden sich von Region zu Region. In Europa spezifiziert die EN 50065-1 (veröffentlicht vom CENELEC) die Frequenznutzung im Bereich von 3 kHz bis 148,5 kHz (siehe **Tabelle 1**).

In Nordamerika definiert FCC Part 15 weniger strenge Frequenzzuweisungen bis 500 kHz.

Bei FSK-Modulationsverfahren (Frequency Shift Keying, Frequenzumtastung) werden die Daten mit Hilfe von zwei Frequenzen über das Stromnetz übertragen: f_s und f_m , wobei „s“ für Space (0) und „m“ für Mark (1) steht. FSK-Modulation wird seit vielen Jahren benutzt und wurde bisher meist in Analogtechnik realisiert. Das war

nicht sehr kostengünstig, und es war auch nicht einfach, die beiden Frequenzen mehr als 2 kHz auseinander liegen zu lassen. Dementsprechend anfällig waren diese Systeme gegenüber Störsignalen: Jedes andere Gerät am Stromnetz, das Störungen im benutzten Frequenzbereich erzeugte, konnte die Datenverbindung zum Erliegen bringen.

S-FSK ist sehr viel weniger störanfällig, weil hier f_s und f_m typischerweise 10 kHz auseinander liegen. Damit ist es unwahrscheinlicher, dass ein Störsignal beide Frequenzen gleichzeitig zudeckt. Mit Hilfe der Digitaltechnik lassen sich die beiden Frequenzen leicht erzeugen.

Die neuesten S-FSK-ICs von ON Semiconductor und STMicroelectronics sind auch in der Lage, auf Amplituden-Modulation (AM) umzuschalten, falls extrem starke Störungen die Frequenzmodulation unmöglich machen. Störungen auf einer der Frequenzen reduzieren dann zwar die Datenrate, aber der Übertragungskanal bleibt funktionsfähig. Die S-FSK-Modulation bietet also eine sehr hohe Zuverlässigkeit — ein unbedingtes Muss bei intelligenten Stromzählern, die wichtige Verbrauchsdaten sicher übertragen müssen.

Die S-FSK-Übertragungstechnik wird von der Industrie herstellerübergreifend unterstützt: Die Norm IEC 61334 beschreibt vorrangig Anwendungen bei intelligenten Stromzählern, die S-FSK-Modulation verwenden. Der Einsatz von S-FSK in großem Stil beginnt z.B. gerade in Frankreich. Andere Länder warten noch auf weitere Übertragungsnormen ihrer Regulierungsbehörden, bevor sie sich für eine bestimmte Technologie entscheiden.

Während S-FSK nur niedrige Datenraten (bis zu 2400 bit/s) bietet, gibt es andere Modulationsverfahren, die höhere Datenraten ver-

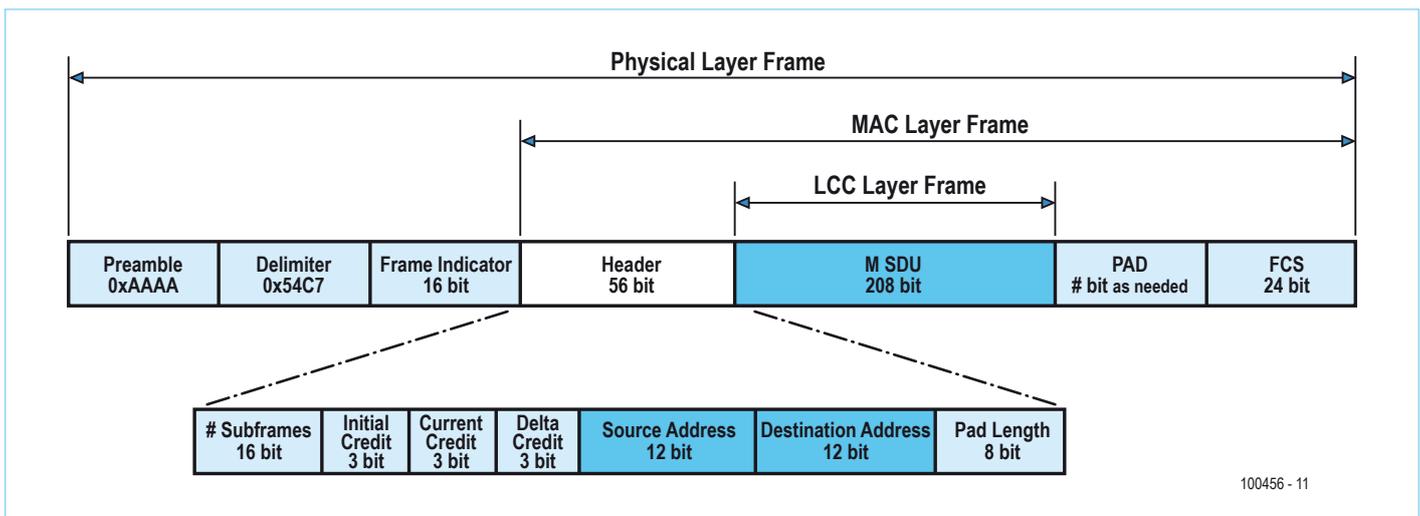


Bild 1. Standard-Rahmenstruktur bei Powerline (IEC61334-5-1).

sprechen. Einige davon (z.B. OFDM und DSSS) werden erprobt oder sogar angewendet, wie z.B. in Spanien das Differential Code Shift Keying (DCSK), welches vom IC-Hersteller Yitran entwickelt wurde. Für intelligente Stromzähler ist S-FSK aber auf Grund seiner nachgewiesenen geringen Störanfälligkeit definitiv der Hauptkandidat. Deshalb kommen zunehmend ICs zu dieser Technik in großen Stückzahlen und zu attraktiven Preisen auf den Markt, was wiederum einen weiteren Einsatzbereich dieser Bausteine fördern wird. Was sind nun die wesentlichen Herausforderungen, denen ein Entwickler eines PLC-Modems mit S-FSK gegenüber steht? Und wie lässt sich das mit heutigen SoCs vollständig lösen? Dazu muss man zunächst die prinzipielle Funktionsweise eines PLC-Modems verstehen.

Grundlegende Architektur eines Powerline-Modems

Eine PLC-Modem-Architektur besteht typischerweise aus drei Blöcken:

- analoges Front End (AFE), welches Koppler, Filter und Leistungsverstärker enthält
- dem Physical Layer (PHY)
- dem Protocol Layer

Der Physical Layer enthält die FSK-Modulation, sowie Filter und Verstärker.

Der Protocol Layer organisiert die Kommunikation zwischen verschiedenen Netzwerkknoten. Er ist für den sicheren Informationsaustausch zwischen zwei oder mehr Netzwerkknoten verantwortlich, indem er die Daten verschlüsselt (soweit dies benötigt wird) und das richtige Rahmenformat für die Übertragung aufbaut. **Bild 1** zeigt ein Standard-PLC-Rahmenformat, wie es in IEC 61334-5-1 festgelegt ist.

Der Protocol Layer sorgt für folgende Details, egal welches Rahmenformat konkret benutzt wird:

- Datenpaketübertragung mit Empfangsbestätigung und der Möglichkeit, verlorene Datenpakete nochmals zu übertragen.
- CRC-Bitfehler-Erkennung, um die Integrität der empfangenen Daten zu prüfen.
- Carrier Sense Multiple Access (CSMA-)Fähigkeit; benutzt BIU- (Band In Use-)Detektor, um zu erkennen, ob die Leitung bereits benutzt wird. Damit vermeidet man Datenkollisionen.

- Addressierung
- Datenverschlüsselung
- Kontrolle der folgenden Übertragungsparameter:
 - Datenempfang bestätigt
 - Datenempfang nicht bestätigt
 - Wiederholung der Übertragung
 - Nummerierung der Sequenzen

Umfang der Integration in heutigen Modem-ICs

Erste Ansätze der Halbleiterhersteller zu S-FSK boten noch keine kompletten Lösungen oder forderten vom Modem-Entwickler, einen großen Teil der Software selbst zu implementieren. Ein bekanntes Referenz-Design, das S-FSK-Modem DRM035, wurde von der damaligen Motorola Semiconductor Division 2003 vorgestellt. Es basierte auf dem 56F801 Digital Signal Controller. Dieses Referenz-Design, welches heute noch von Freescale Semiconductor verkauft wird, kann als Vorlage für die Entwicklung eigener Lösungen dienen.

Der Ansatz, Modulations- und Protocol-Layer-Funktionen per Software zu implementieren, überließ dem Entwickler aber den diskreten Aufbau des Frontends - eine heikle Sache. PLC-Geräte, die mit dem Stromversorgungsnetz verbunden werden, müssen – zumindest in Europa – folgende Standards erfüllen:

- Powerline-Signalisierung (EN50065-1:2001, FCC Part 15)
- Powerline-Störfestigkeit (EN50065-2-1:2003, EN61000-3-2/3)
- Sicherheit (EN60950)

Wie verbindet man ein PLC-Modem mit dem Stromnetz?

Normalerweise verbindet ein Kopplungs-Netzwerk (Kondensator und Transformator) das eigentliche PLC-Modem mit dem 230-V-Wechselspannungsnetz.

Der Kondensator hält die 50-Hz-Spannung vom Modem fern. Er stellt außerdem einen Wechselstromwiderstand dar, der das Parallelschalten der beiden Wechselspannungsquellen (50-Hz-Netzspannung und Powerline-Signal) ermöglicht.

Die Endstufe des PLC-Modems lässt sich auf zwei Arten realisieren: Im S-FSK-IC integriert (wie beim ST7570) oder als eigenes IC (wie etwa beim AMIS-49587). Eine integrierte Endstufe bietet zwar ein kompaktes Design, bringt aber z.B. bei der thermischen Belastbar-

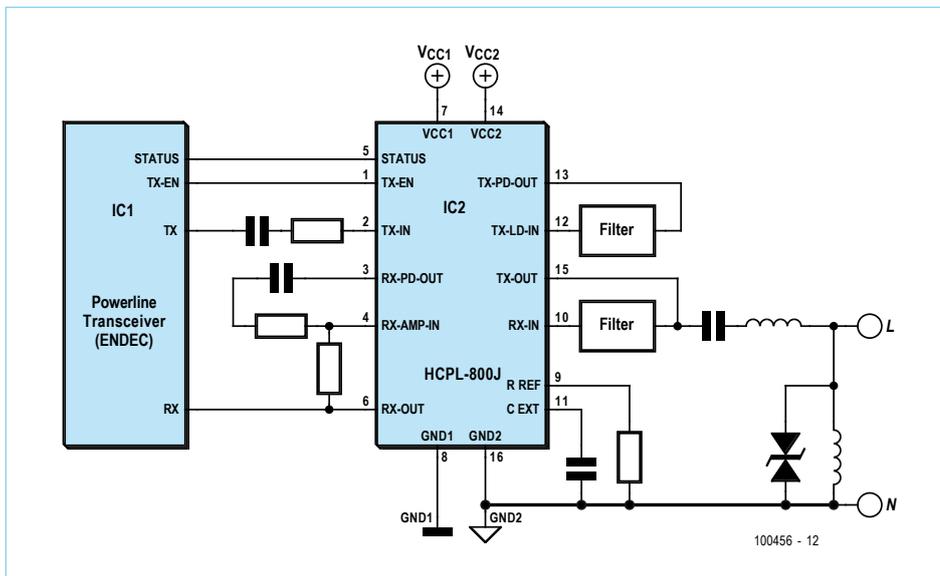


Bild 2. Blockschaltbild eines analogen Frontends mit dem Avago HCPL-800J.

keit Einschränkungen, wenn die Lastimpedanz an der Endstufe sehr gering ist.

Für Anwendungen, die eine galvanische Isolation vom Stromnetz benötigen, hat Avago Technologies das Koppler-IC HCPL-800J heraus gebracht. Wie in Bild 2 zu sehen ist, kann die isolierte Endstufe direkt das aus einem Kondensator und einer Drossel bestehende Koppelnetzwerk treiben.

Ebenso wichtig wie der Koppler ist beim analogen Frontend auch der Bandpass. Bevor ein passendes Filter entworfen werden kann, muss man wissen, in welchem Teil der Welt das Modem arbeiten soll. In Europa schreibt die EN50065 maximale Pegel für Nebenaussendungen zwischen 10 kHz und 148 kHz vor. Wenn z.B. ein Modem auf einer Trägerfrequenz von 120 kHz sendet, muss man sicherstellen, dass die zweite und dritte Oberwelle unter 62 dBµV bzw. 58 dBµV liegt.

In den USA ist es ganz anders: Hier schreiben die Normen nur für Oberwellen oberhalb 500 kHz Pegelgrenzen vor. Das bedeutet, dass bei demselben 120-kHz-Modem in den USA nur auf die vierte Harmonische geachtet werden muss. Ferner gilt in den USA ein maximaler Pegel des Ausgangssignals von 122 dBµV.

via PLC.

Der Ansatz ist beim SoC ST7570 von STMicroelectronics ähnlich. Er bietet ein komplettes S-FSK-Modem einschließlich des analogen Frontends, allerdings mit etwas anderer Architektur als beim AMIS-49587. Der ST7570 erledigt die Modulation mit Hilfe mitgelieferter Firmware, die auf einem DSP-Kern läuft. Er verwendet einen integrierten 8051-Controller-Kern, um den PHY und MAC des Protocol Layers darzustellen.

Diese beiden Bausteine zeigen den Integrationsgrad, der den Entwicklern von S-FSK-Modems heute zur Verfügung steht. Der Schwerpunkt beim Design von PLC-Systemen hat sich also vom Implementieren des Kommunikationskanals — das erledigen jetzt die SoCs — hin zum Gestalten einer besseren Bedienoberfläche, einer genaueren Geräteüberwachung oder verbesserter Steuerungsmöglichkeiten verschoben.

Die Erhältlichkeit dieser Schlüsselbauteile von verschiedenen IC-Herstellern, die große Volumina herstellen können, treibt den Markt vielleicht zu S-FSK als bevorzugte Modulationstechnik für PLC-Systeme.

(100456)

Heutige integrierte Lösungen

Die neuesten S-FSK-Modems sind sehr viel stärker integriert als das genannte Freescale-Referenz-Design. Tatsächlich sind sie am besten umschrieben als Systeme auf dem Chip (SoCs). Der AMIS-49587 von ON Semiconductor enthält das Physical Interface (PHY) als Mixed-Signal-Hardware und den Media Access Control (MAC) und den Protocol Layer in Form einer integrierten Firmware. Diese läuft auf einem integrierten ARM7-Prozessorkern. Der Baustein kommuniziert mit dem Geräteprozessor über eine serielle Schnittstelle (Serial Communications Interface, SCI).

Dank des bereits vorhandenen Protocol Layers beschleunigt der Baustein von ON Semiconductor die Endgeräteentwicklung sehr. Das System muss nur die Rohdaten über die SCI-Schnittstelle an den AMIS-49587 senden. Dieser organisiert dann alles bis hin zum Senden der Daten

Tabelle 1. Frequenzzuweisungen nach EN 50065-1

Bandbezeichnung	Frequenzbereich	Verwendung
Band A	3 kHz – 95 kHz	nur für Stromversorger
Band B	95 kHz – 125 kHz	Applikationen ohne Zugangsprotokoll
Band C	125 kHz – 140 kHz	Applikationen mit Zugangsprotokoll
Band D	140 kHz – 148 kHz	Alarm- und Sicherheitsanwendungen ohne Zugangsprotokoll

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

jasys

03303/212166 oder www.jasys.de

embedit mikrocontroller.de

Aktive, passive und mechanische Bauteile, AVE Controller, Module und Prototype Boards, AT91SAM7 Controller, AT23UC3 Controller, AT91GW100 mit 85.35°C, AVRISP mit nur 35,-€, Versand in Deutschland nur 3,95€, EU nur 8,95€

Erweiterte Mikrocontroller-Technik, weiterführend: 35100 Partnering
Tel: 09612913162 Fax: 09612913164 info@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.

MM Menting Mikroelektrik
Spezialisierte Elektronik

www.spulen.com

EASYDAQ Easy DAQ

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

LCDs und mehr

LC DESIGN

www.lcd-store.de
www.LC-Design.de
www.lc-design.de

ELCOMP Austria

Preisgünstige Bauteile zusätzlich über 3.500 Auslaufartikel zum Super-Sonderpreis

www.elcomp.at

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

Laehn-Versand.de

schlanke Preise - fettes Angebot
Schnellversand ohne Mindestumsatz

Bauteile - Ersatzteile - Zubehör Fernbedienungen - Zeilentrafos 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.

Linear Audio
your tech audio resource

www.linearaudio.net

Gravuren / Schilder / Frontblenden

www.webgrav.de

H-TRONIC

Zukunftsweisende Ladetechnik, in Design, Qualität und Technologie

www.h-tronic.de

Neu!! Neu!!

Siebdruck ohne Sieb für Muster und Kleinserien

www.springer-electronic.de

Leiterplattenfertigung (Onlinekalkulation)

- Bestückung SMD und konventionell
- Entwicklung/Layouterstellung
- LED-Anzeigensysteme

TE www.thale-elektronik.de

www.anttronic.de

ab 1 Stck. **ANTTRONIC**

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

peakelec.co.uk
T +44 1298 70012
F +44 1298 70046

PEAK electronic design ltd

- Bekannte **Peak Atlas** Produkte
- Kabel Netzwerk-Analysatoren
- Elektronische Bauteil Analysatoren
- Intelligente Software
- Geringe Größe
- Entworfen und hergestellt in Europa

Erhältlich bei diesen Händlern in Deutschland:

Reichelt Elektronik **ELV Elektronik**
04422 955 333 0491 6008 88
www.reichelt.de www.elv.de

Spiralkabel ab 1 Stück nach Kundenwunsch!

Auszugslänge bis 8.000 mm

kurze Lieferzeiten

www.key-electronic.de

key-electronic Kreimendahl GmbH Märkenstück 14
58509 Lüdenscheid Tel. 02351-3621-50
Fax. 02351-3621-59 mail: info@key-electronic.de

mechapro

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

www.AAAA-electronic.de

Schnäppchenmarkt

Bauteile, Bausätze, Module, Restposten

Fon: 0049 471 3097133

HAMEG Instruments

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

Roboter-Bausätze mit AVR-Mikrocontrollern

NIBObee
+ ATmega16
+ ATtiny44

NIBO 2
+ ATmega128
+ ATmega88

<http://nibo.nicai-systems.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

Anzeigenschluss:
19. 10. 2010

Erscheinungstermin:
18. 11. 2010

Entwurf und Ausführung grundlegender Antennenarten

Dipole und Stabantennen auf Platinen

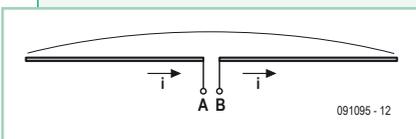
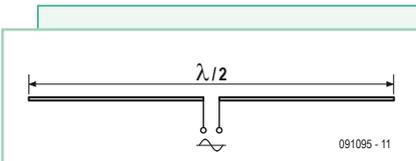
Von Jean Marie Floc'h (F)

Die in diesem Artikel vorgestellten Antennen wurden für eine Frequenz von 2,45 GHz entworfen. Diese Frequenz liegt in einem der ISM-Bänder (Industrial, Scientific and Medical Band), in denen Geräte mit einer allgemeinen Genehmigung betrieben wer-

den dürfen. Einige einfache Regeln, die im Weiteren erklärt werden, erlauben es, diese Antennen auch für andere Frequenzen zu dimensionieren.

Für den Aufbau wurde kupferkaschiertes

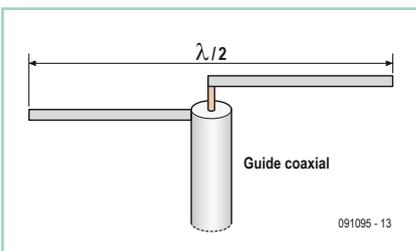
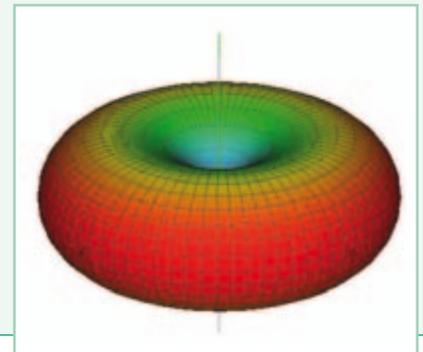
Klebeband benutzt, um die Anpassung an die korrekte Frequenz (mit einem Teppichmesser) zu vereinfachen. Es empfiehlt sich, die Antennen anschließend als doppelseitige Platine auszuführen, falls sie Witterungseinflüssen ausgesetzt werden sollen.



Der einfache Dipol

Der Dipol ist die am einfachsten herzustellende Antenne. Er besteht aus einem metallischen Leiter der Länge $\lambda/2$, aufgeteilt in zwei Teile. Das Signal wird in der Mitte eingespeist. Die Ströme in den beiden Teilen müssen gegenphasig sein, so dass der Strom im Zentrum des Dipols maximal ist. Die Einspeisung des Signals erfolgt durch ein Symmetrierglied oder Balun (von engl. balanced-unbalanced), um die gegenphasigen Ströme zu erzeugen und die Impedanz anzupassen.

Die Impedanz zwischen den Anschlüssen beträgt etwa 73Ω und die Abstrahlung erfolgt in alle Richtungen außer in der Antennenachse, dort ist sie Null. Der theoretische Antennengewinn (Gain) liegt bei 2,15 dBi bezogen auf einen isotropen (deshalb der Zusatz „i“) oder Kugelstrahler, der gleichmäßig in alle Richtungen sendet (Gain = 1).

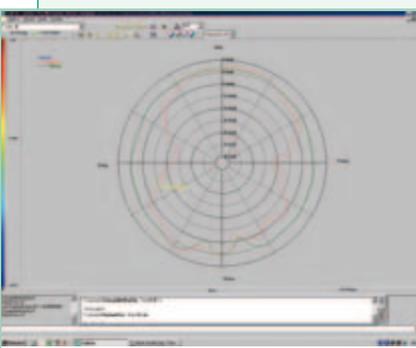


Der koaxiale Dipol

Um den Balun einzusparen, kann man den Dipol direkt an das Koaxkabel anschließen. In der Praxis ist die physikalische Länge des Dipols etwas geringer (wenige Prozent) als die elektrische Länge.

Eine Hälfte des Dipols wird direkt an den Innenleiter des Kabels gelötet und die andere an Masse. Die Gesamtlänge sollte 56 mm betragen (zwei Hälften zu 27 mm mit 2 mm Abstand), um eine Resonanzfrequenz nahe bei 2,45 GHz zu erhalten. Bei dieser Frequenz beträgt die halbe Wellenlänge 60 mm. Man lässt die Dipolhälften zu Anfang besser etwas länger (gleiche Länge beachten), um sie später anzupassen und die gewünschte Resonanzfrequenz zu erhalten.

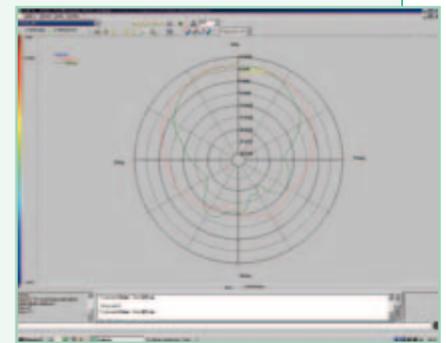
Die Bandbreite liegt bei ca. 400 MHz (etwa 16 % der Resonanzfrequenz). Es konnte ein Antennengewinn von ca. 2 dBi gemessen werden. Die rote Kurve zeigt die Abstrahlung in Richtung der Antennenachse (Ebene „E“, man beachte die Ausbuchtung). Die Abstrahlung bei 90° (Ebene „H“, grüne Kurve) erfolgt in alle Richtungen.





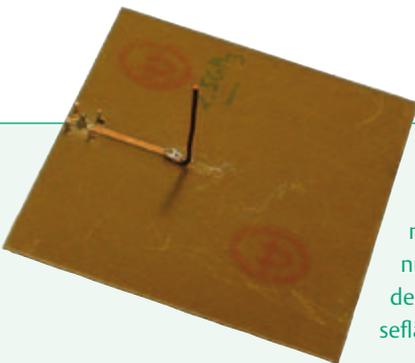
Doppelter Dipol mit Massefläche

Die Abstrahlung nach hinten (Rückkeule) wird durch Anbringen einer metallischen Massefläche im Abstand von etwa $\lambda/4$ vermindert. Der Durchmesser dieser Fläche sollte mindestens $0,75 \lambda$ betragen. Bei Zweifeln an der Symmetrie nimmt man am besten eine runde Scheibe. Hierbei ist zu beachten, dass sich dadurch oft eine leichte Verschiebung der Resonanzfrequenz ergibt, man muss also die Länge des Dipols etwas korrigieren. Benötigt man eine zirkular polarisierende Antenne, so ordnet man zwei koaxiale Dipole rechtwinklig zueinander an.



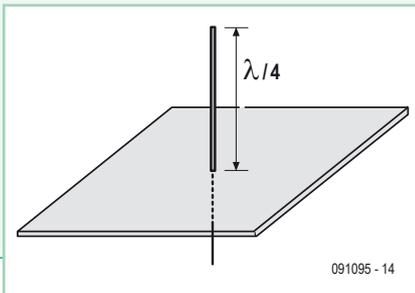
Die Bandbreite beträgt 450 MHz (18 %). Die zirkulare Resonanz entsteht durch Kopplung zwischen den beiden Dipolen. Um parasitäre Effekte auszuschalten, sollte man den nicht benutzten Anschluss mit 50Ω terminieren.

Messungen an der Antenne (egal, welche Speiseleitung man benutzt) zeigen ein Strahlungsminimum in der Antennenachse und die Verkleinerung der Rückkeule (etwa -15 dB). Außerdem lässt sich durch den zweiten Dipol eine größere Richtwirkung feststellen, es entsteht ein Gain von 6 dBi.



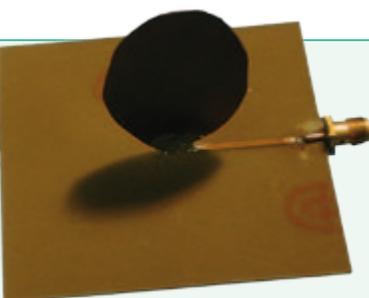
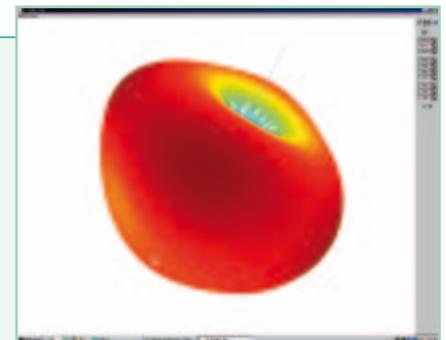
Stabantenne

Wenn man die Antennengröße reduzieren möchte, kann man die elektrischen Effekte über einer Massefläche ausnutzen. So erhält man eine Stabantenne der Länge $\lambda/4$, also der Hälfte der Dipolantennen. Außerdem verringert die Massefläche die Rückkeule.



Die hier vorgestellte Stabantenne wird durch eine Mikrostreifenleitung (1,5 mm breit) auf der Platine (Material FR4) gespeist. Der Anschluss des 30 mm langen Stabes wird direkt auf die Platine gelötet. Es ergibt sich eine Bandbreite von ca. 450 MHz (18 %).

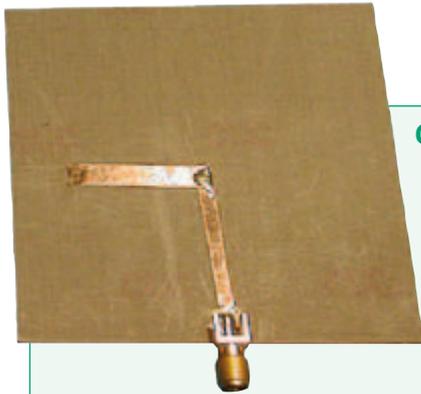
Man erhält ein Strahlungsminimum in der Antennenachse und allseitige Ausbreitung (Rundstrahlcharakteristik) in der dazu senkrechten Ebene. Eine leichte Abnahme der Rückkeule durch die Massefläche ist zu erkennen. Der Antennengewinn liegt bei 1 dBi.



Breitbandige Stabantenne

Für größere Bandbreiten ändert man die Form des Stabes. So eignet sich z.B. eine Ellipse (siehe Foto). Die Abmessungen dieser Ellipse aus 3/10 mm starker Kupferfolie betragen 45 mm (Höhe) zu 30 mm (Breite). Die Resonanzfrequenz (hier 1,86 GHz) ergibt sich aus der Höhe (etwa $\lambda/4$) der Antenne.

Die Bandbreite beträgt 550 MHz (30 %) und ist damit doppelt so groß wie bei den Dipolen und der einfachen Stabantenne. Strahlungsdiagramm und Antennengewinn sind ähnlich wie bei der einfachen Stabantenne.

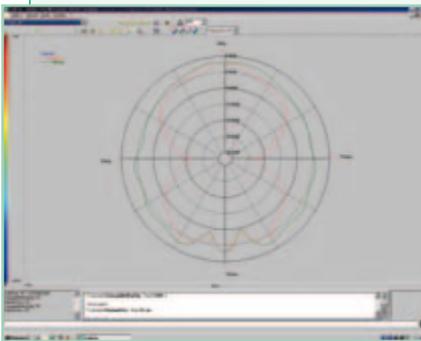
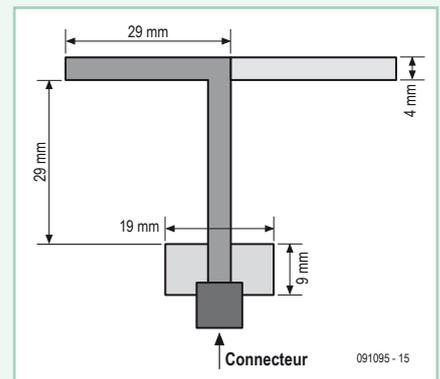


Gedruckter Dipol

Die beiden Leiter sind hier auf zwei Seiten einer Leiterplatte aufgebracht. Sie werden durch eine Zweidrahtleitung mit SMA-Verbinder gespeist (die Seele ist mit einem Anschluss verbunden, der andere kommt an Masse). Die Antenne wurde hier mit selbstklebender Kupferfolie hergestellt, um die Abmessungen leicht verändern zu können. Liegen diese einmal fest, empfiehlt es sich, die Antenne als doppelseitige Platine herzustellen, um die Leistung (und natürlich auch den Antennengewinn) zu erhöhen. Außerdem wird sie dadurch wetterbeständig(-er).

Die Länge der Dipol-Leiter sowie der Abstand zwischen den Leitern und Masse ergeben $\lambda/4$. Das verwendete Trägermaterial hat eine Stärke von 0,8 mm und eine geringe dielektrische Leitfähigkeit (Permittivität) von 2,2, was einen größeren Antennengewinn (etwa 2,4 dBi) und eine höhere Bandbreite von 470 MHz (19 %) ergibt.

Die Störung im Antennendiagramm unter dem Dipol wird durch die Messanordnung, die Versorgungsspannungsleitung und den Stecker verursacht.

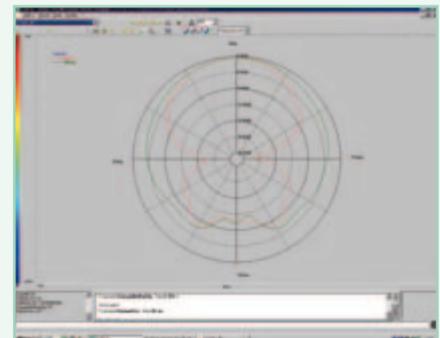
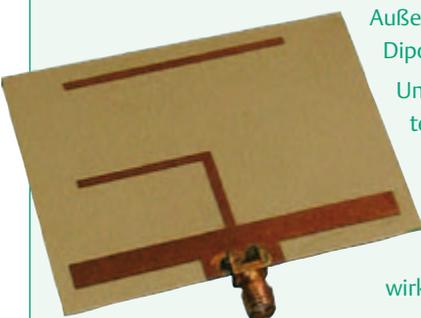
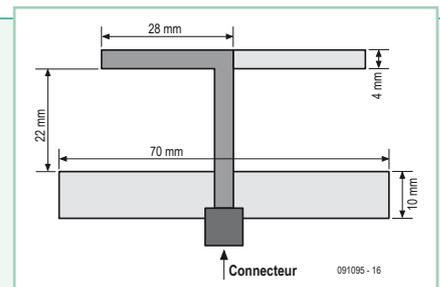


Gedruckter Dipol mit Reflektor

Falls man im Halbraum senden und die Rückkeule begrenzen möchte, kann man einen mit Masse verbundenen Reflektor verwenden. Dessen Länge sollte die des Dipols geringfügig übertreffen. Die Abmessungen unterscheiden sich etwas vom einfachen gedruckten Dipol, um eine gute Anpassung zu erreichen. Die Bandbreite ist mit 350 MHz (14 %) etwas kleiner als beim einfachen gedruckten Dipol. Die Rückkeule wird um mehr als 10 dB vermindert. Der maximale Antennengewinn beträgt 5 dBi.

Außerdem zeigt sich auch die Strahlungslücke längs der Dipol-Arme.

Um den Gain zu verstärken, kann man einen so genannten Direktor vor den Dipol-Armen im Abstand von etwa $\lambda/4$ anbringen. Die Länge dieses Bauteils sollte deutlich kürzer als die der beiden Dipol-Arme sein. Der Gewinn steigt dadurch um 1,5 dBi. Hieraus folgt eine Abnahme der Rückkeule und eine Stärkung der Richtwirkung (Öffnungswinkel kleiner in den Ebenen E und H).

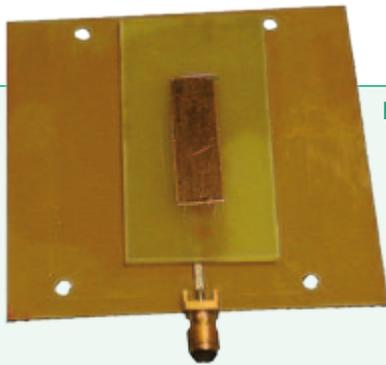


Gedruckter Dipol mit elektromagnetischer Kopplung

In dieser Konfiguration wird der Dipol über einer Mikrostreifenleitung angebracht mit der Leiterplatte dazwischen. Man erhält dadurch eine zweilagige Struktur mit einer Lage für die Speisung und einer Lage für die Abstrahlung mit dem Dipol. Die Energie wird durch Nahfeld oder kapazitiv in den Dipol eingekoppelt. Zwei Konfigurationen sind möglich:

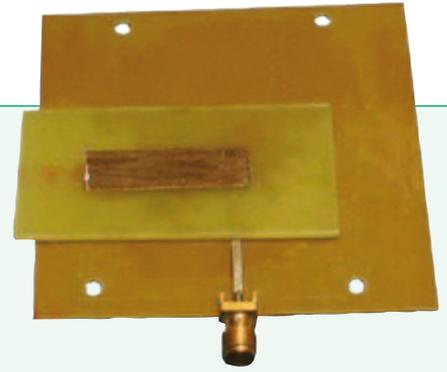
Kopplung längs der Achse der Speisung (longitudinal): Platinenmaterial FR4 in einer Stärke von 0,8 mm für die Speiseleitung und von 1,6 mm für den Dipol verwandt. Der Dipol misst 9 mm x 30 mm (eine halbe Wellenlänge). Die Speiseleitung hat eine Breite von 1,5 mm und eine charakteristische Impedanz von 50 Ω .

Um die richtige Kopplung und damit eine gute Anpassung der Antenne zu erreichen, wird die Lage des Dipols manuell (durch Verschieben)



korrigiert. Es empfiehlt sich der Einsatz von Vaseline zwischen den beiden Platinenlagen, um Lufteinschlüsse zu vermeiden und die Reproduzierbarkeit zu erhöhen.

Die Bandbreite ist mit 55 MHz (2 %) deutlich kleiner als die des einfachen Dipols. Der gemessene Antennengewinn liegt bei ca. 1 dBi. Dieser kleine Wert erklärt sich durch die Verluste, die das verwendete Material (FR4) verursacht.



Kopplung quer zur Achse (transversal): In diesem Fall wird der Dipol quer zur Achse der Versorgungsleitung platziert. Die Abmessungen des Dipols und die Materialeigenschaften sind dieselben wie bei der vorigen Antenne. Auch hier wird wieder manuell justiert, um eine gute Kopplung zwischen Leiter und Dipol zu erreichen. Die Bandbreite ist mit 40 MHz (1,5 %) noch kleiner als bei der Längskopplung. Der gemessene Antennengewinn liegt bei 1,5 dBi.

Die Bandbreite ist mit 40 MHz (1,5 %) noch kleiner als bei der Längskopplung. Der gemessene Antennengewinn liegt bei 1,5 dBi.

Patchantenne

Es gibt viele verschiedene Formen von Patchantennen. Hier beschränken wir uns auf folgende zwei Typen:

Speisung über Mikrostreifenleitung: Die Patchantenne besteht aus einem Quadrat von 30 mm Seitenlänge auf Platinenmaterial FR4 in einer Stärke von 1,6 mm. Die Speiseleitung besteht aus einer Streifenleitung von 1,5 mm Breite mit einer charakteristischen Impedanz von 50Ω . Die Anpassung erfolgt durch eine Stichleitung (Stub, ein Stück Streifenleitung, welches nur einseitig angeschlossen ist) von 9 mm Länge in 20 mm Abstand zur Patchantenne. Man kann diese Anpassung auch mit einem Resonanztransformator erreichen. Die Bandbreite beträgt

Anzeige

ArbStudio

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

LogicStudio

USB Logic Analyzer



EUR
1.015

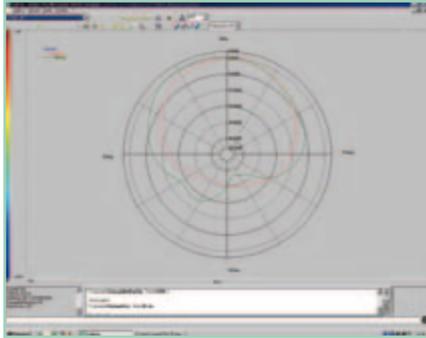
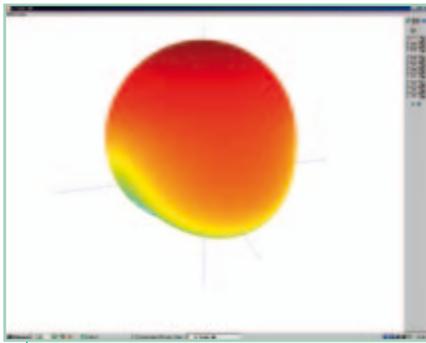
- 100 MHz, 1 GS/s, 16 Kanäle
- Serielle Bus Analyse für I²C, SPI, UART
- History Modus
- Cursor-Messungen
- Anschlußmöglichkeit an Oszilloskope
- Einfache Bedienung

LeCroy

www.lecroy.de
Tel. 06221-82700

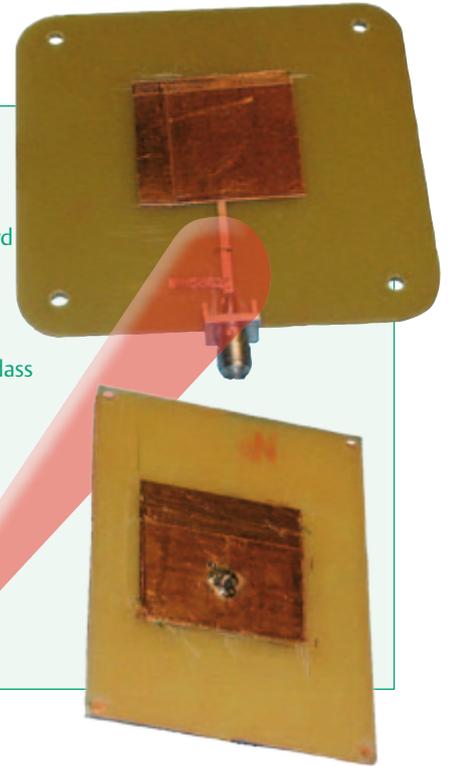
Lernen Sie **ArbStudio** und **LogicStudio** kennen! Fordern Sie den **KOSTENLOSEN USB MEMORY STICK** an mit der kompletten Software und testen Sie selbst!





etwa 55 MHz, also etwas mehr als 2 %. Der gemessene Antennengewinn liegt in der Größenordnung von 0,5 dBi.

Speisung über Koax-Kabel : Die Abmessungen sind dieselben wie im Beispiel oben : 30 mm x 30 mm. Der Anschluss wird über einen SMA-Verbinder hergestellt, der an die Massefläche auf der Unterseite der Platine und mit dem Innenleiter an die Patchantenne gelötet wird. Diese Art der Speisung verringert die Verluste in der Zwischenlage. Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Einspeisung am Besten in einem Bereich zwischen mittig und 1/3 der Seitenlänge (10 mm in unserem Fall) erfolgt. Der gemessene Gain beträgt etwa 4 dBi. Falls man zirkulare Polarisation benötigt, muss man je einen Schlitz von ca. 10 % der Seitenlänge (hier: 3 mm) im Winkel von 45 Grad an zwei gegenüberliegenden Ecken anbringen. Abhängig von der Lage der Schlitze bezogen auf die Einspeisung stellt sich eine rechts- oder linksdrehende Polarisation ein.



Anpassung mittels Smith-Diagramm

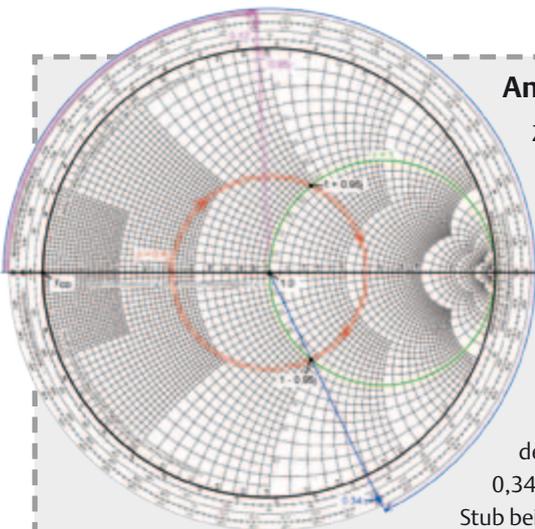
Zunächst misst man die Impedanz der Patchantenne mit einem Netzwerkanalysator. Beim abgebildeten Muster lag die Impedanz bei 125 Ω . Dann benutzt man ein Smith-Diagramm.

- Die Impedanz wird mit 50 Ω normiert: $125/50 = 2,5$, ergibt eine normierte Admittanz von $y = 1/2,5 = 0,4$. Der rote Kreis (konstanter Reflexionsfaktor, Mittelpunkt 1,0) schneidet den Kreis $r = 1$ (grün) bei $1 + 0,95j$ und $1 - 0,95j$. Wir erhalten die Lösung $1 - 0,95j$.

- Bei einer angepassten Antenne befinden wir uns im Zentrum des Diagramms an Punkt 1. Der Stub muss also einen imaginären Anteil von 0,95j beitragen, um 1 zu erreichen.

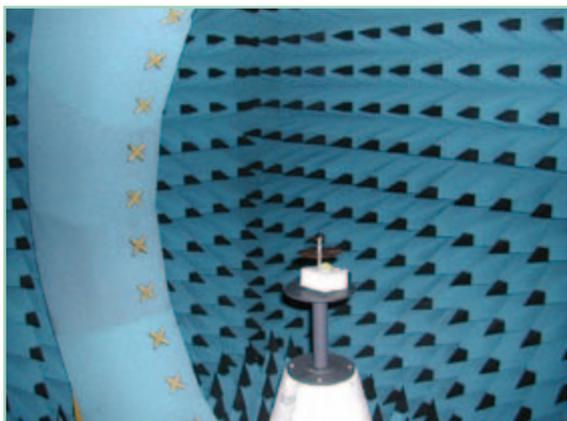
- Die blaue Strecke (durch Mittelpunkt 1,0 und Schnittpunkt rot/grün) schneidet die Längenskala am Umfang des Diagramms bei $0,34 \lambda$, weshalb der Stub mit $0,34 \times 60 \text{ mm} = 20,4 \text{ mm}$ Abstand von der Patchantenne anzuordnen ist. Beim Muster lag der Stub bei etwa 20 mm.

- Die violette Strecke durch Mittelpunkt und Punkt 0,95j am Rand des Diagramms schneidet die Skala bei $0,12 \lambda$ wodurch sich die Länge des Stubs zu $0,12 \times 60 \text{ mm} = 7,2 \text{ mm}$ ergibt. Man nehme eine etwas größere Länge, um den Stub mit dem Teppichmesser anpassen zu können. Der Stub des Musters hat eine Länge von 9 mm.



Nahfeld-Messplatz

Die Abstrahlungsdiagramme zu den in diesem Artikel behandelten Antennen wurden mit einem Messplatz „Stargate 32“ von Satimo erstellt. Dieser ermöglicht Messungen zwischen 400 MHz und 6 GHz. Das System besteht aus einem bogenförmigen Trägeregestell, in dem Sensoren angeordnet sind, die in Echtzeit einen Schnitt durch das Strahlungsdiagramm der untersuchten Antenne liefern. Durch Drehen der Antenne erhält man eine 3D-Darstellung. Da sich unterhalb der Antenne keine Sensoren befinden, sind die Werte aus diesem Bereich nicht gemessen, sondern extrapoliert.



Von den Machern von Elektor!



Oder frei Haus unter www.elektor.de bestellen!

UniLab Duo

Duales Labornetzteil

2 x 0...30 V/3 A

Das in Elektor 4/2010 vorgestellte UniLab-Netzteil erfreut sich großer Beliebtheit. Damit es mit dem schon für ein Doppelnetzteil konzipierten dualen U/I-Display aus Elektor 6/2010 auch richtig zur Geltung kommt (und problemlos zu bauen ist), stellen wir hier einen Musteraufbau mit Verdrahtungsplan und Frontplattenentwurf vor.



UniLab ist ein Labornetzteil mit Schaltregler. Technische Daten und Beschreibung findet man auch auf der Elektor-Projektseite [1].

Neben der Platine (090786-1) ist im Elektor-Shop auch ein kompletter Bausatz (090786-71) mit Platine und allen Bauteilen (außer dem Netztrafo) erhältlich. Für den Aufbau eines Doppelnetzteils benötigt man zwei bestückte UniLab-Platinen sowie das dazu passende duale U/I-Display mit vierzeiligem LCD-Modul (4x20), das nicht nur die beiden Ausgangsspannungen und Ausgangsströme, sondern auch die Temperatur im

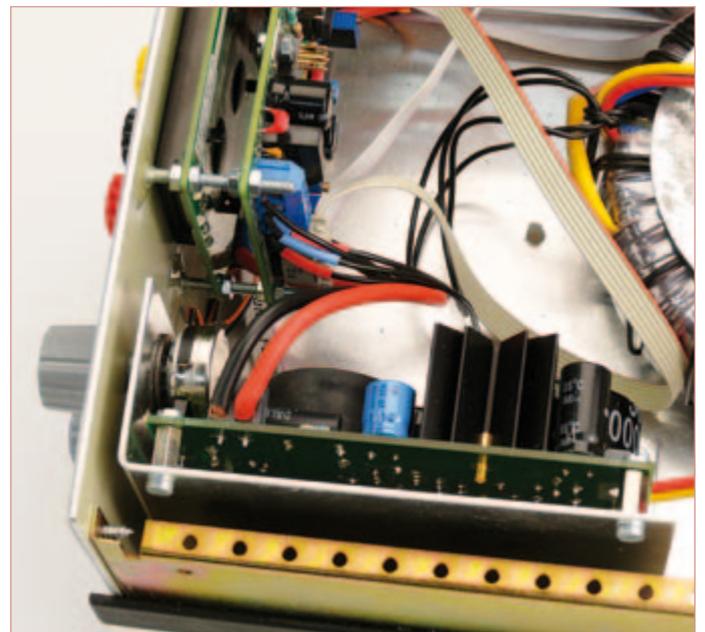
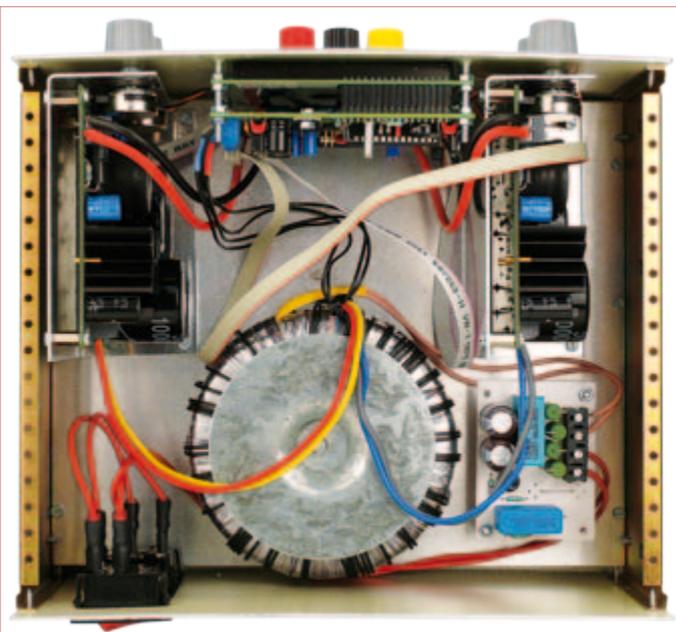
Inneren des Netzteilgehäuses anzeigt. Für diese Anzeige ist auf der Projektseite [2] und im Elektor-Shop ebenfalls ein Bausatz (100166-71) mit Platine und allen Bauteilen erhältlich.

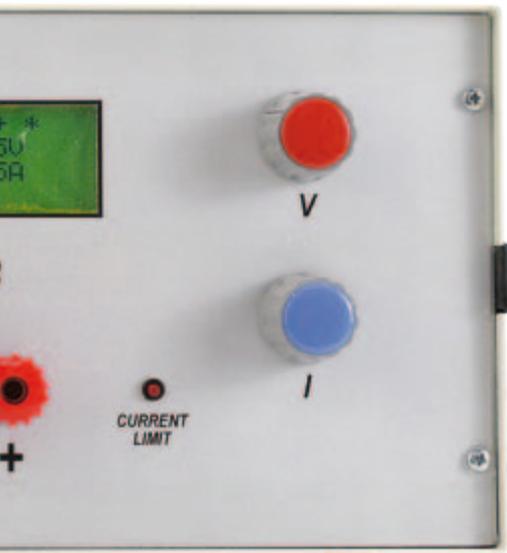
Optional kann man auch noch die im Verdrahtungsplan (**Bild 1**) eingezeichnete Einschaltverzögerung aus Elektor 7-8/1997 vorsehen, die den Einschaltstrom auf der 230-V-Seite begrenzt und spätestens dann nötig ist, wenn der Sicherungsautomat im Zählerkasten beim Einschalten des Netzteils anspricht und das Licht ausgeht. Eine

Bestellmöglichkeit für die Platine (974078-1) findet man auf der Projektseite [3].

Trafo und Gehäuse

Für den hier gezeigten Musteraufbau wurde ein Ringkerntrafo mit 2 x 25 V/3,2 A verwendet. Die beiden 8-V-Wicklungen zur Versorgung des U/I-Displays wurden nachträglich auf den Ringkern aufgebracht (wie im U/I-Display-Artikel in Elektor 6/2010 beschrieben). Natürlich kann man für das Display auch einen getrennten 3,3-VA-Trafo mit 2 x 8 V sekundär verwenden, wenn man ihn noch im Gehäuse unterbringt.





Das Zweischaalen-Metallgehäuse ist ein Telet LC1050, das in der Vergangenheit öfter für Elektor-Projekte verwendet wurde. Das Gehäuse ist 22 cm breit, 25 cm tief und 12 cm hoch. Für das Telet-Gehäuse wurde eine Frontplatte (Bild 2) entworfen, die als PDF-Datei von der Projektseite zu diesem Artikel [4] kostenlos heruntergeladen werden kann. Die Herstellung einer Frontplattenfolie kann dann nach der bewährten Methode erfolgen, die in Elektor 10/1977 beschrieben wurde (Artikel-Download unter [5]).

Es lässt sich natürlich auch jedes andere Gehäuse verwenden, das ausreichend Platz für die Platinen und den verwendeten Trafo (oder die Trafos) bietet. Gegebenenfalls muss man die Außenabmessungen der Frontplattenzeichnung entsprechend anpassen.

Einbau

Als erstes wird für das Gehäuse eine zusätzliche Montageplatte aus 2 mm starkem Alublech angefertigt, die genau auf die seitlichen Befestigungsleisten des Gehäuses passt. Dieser „Zwischenboden“ erleichtert die Montage und lässt die Unterseite des Gehäuses intakt. Alle Teile (außer U/I-Display, Strombegrenzungs-LEDs, Ausgangsbuchsen und Netzanschlussbuchse) werden auf dieser Montageplatte befestigt.

Damit die Grundfläche ausreicht, werden die beiden UniLab-Platinen stehend montiert. Die benötigten Befestigungswinkel stellt man aus 1,5-mm-Alublech her (Bie-

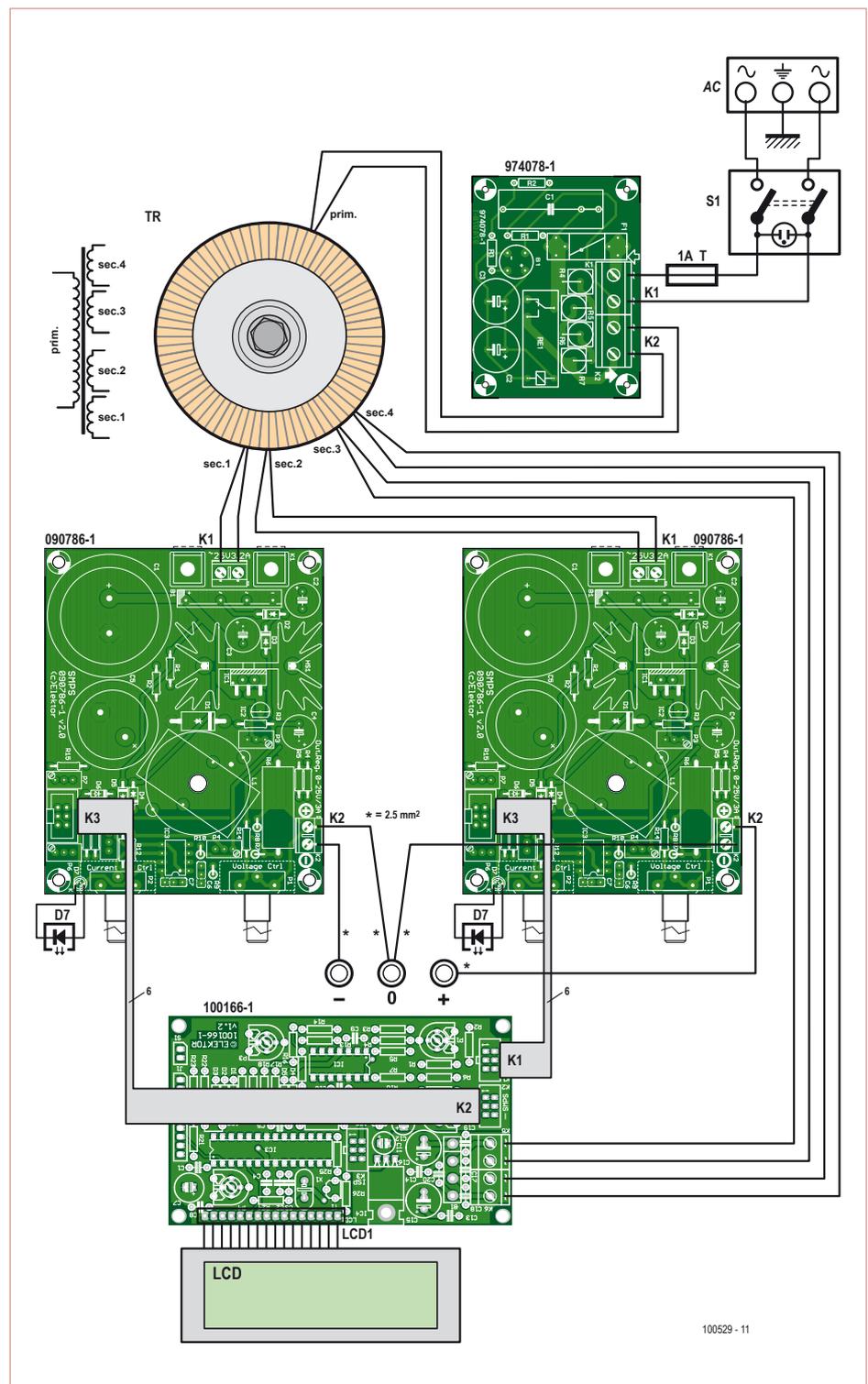
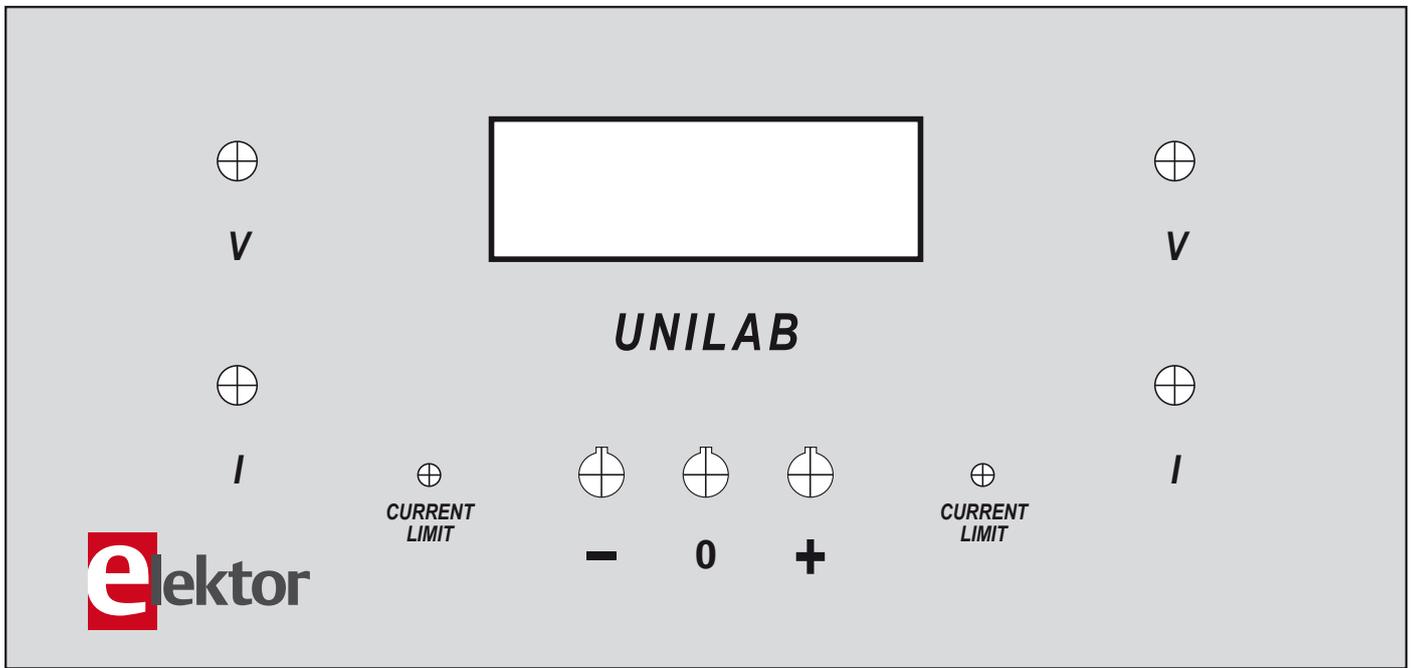


Bild 1. Der übersichtliche Verdrahtungsplan des dualen Labornetzteils.

gelinie anzeichnen und im Schraubstock mit Hilfe eines Holzstücks abwinkeln). Eine Maßzeichnung findet man ebenfalls als PDF in der Downloaddatei (zusammen mit der Frontplattenzeichnung) unter [4].

Die Montageposition der beiden UniLab-

Platinen ergibt sich durch die Bohrungen für die Potentiometerachsen in der Frontplatte. Die Potis wurden beim Musteraufbau auf den Befestigungswinkeln hinter der Frontplatte festgeschraubt und nicht auf der Frontplatte selbst (aber auf gleicher Höhe mit den Bohrungen der Frontplatte).



100529 - FRONT

Bild 2. Die Frontplattenzeichnung kann man von der Elektor-Website herunterladen und auf eine Frontplattenfolie drucken.

Die Winkel mit den UniLab-Platinen werden mit M3-Schrauben auf der Montageplatte befestigt. Dabei muss man auch darauf achten, dass zwischen den beiden UniLab-Platinen noch genügend Platz für die Display-Platine und die drei Ausgangsbuchsen des Netzteils bleibt. Gegebenenfalls durch Isoliermaterial Kurzschlüssen vorbeugen.

Der Ringkerntrafo wird hinter den UniLab-Platinen mittig auf der Montageplatte befestigt (mitgelieferte M6-Schraube und Mutter). Rechts neben dem Trafo bleibt an der Gehäuserückwand noch genug Platz, um eine Gerätestecker-Kombination (mit Netzschalter und Sicherungshalter) einzubauen. Links vom Trafo lässt sich die Platine der optionalen Einschaltverzögerung montieren.

Für das Display benötigt man in der Aluminium-Frontplatte einen 76 mm breiten und 25 mm hohen rechteckigen Ausschnitt, der sich mit einer Laubsäge mit fein gezahntem Sägeblatt herstellen lässt (nacharbeiten und entgraten mit einer Schlüsselfeile). Zur Befestigung des U/I-Displays haben wir

M3-Schrauben mit 2-Komponentenkleber auf die vorher an den Klebestellen aufgerauhte und entfettete Innenseite der Frontplatte geklebt.

Verdrahtung

Alle erforderlichen Verbindungen sind im Verdrahtungsplan in Bild 1 angegeben. Zu beachten sind die angegebenen Leiterquerschnitte (2,5 mm²) für die Verbindungen zu den Ausgangsbuchsen. Ansonsten reicht normale isolierte Schaltlitze (0,75 mm²). Wichtig ist es, die Netzspannung führenden Leitungen auch an den Enden gut zu isolieren (Anschlussstecker Gerätebuchse und Netzschalter mit Schrumpfschlauch).

Nicht vergessen darf man auch die Verbindung des Schutzleiters mit dem Metallgehäuse (Chassis).

Sehr einfach gestaltet sich der Anschluss des U/I-Displays mit 6-adrigem Flachbandkabel und Steckverbindern.

(100529)

Downloads zu diesem Projekt:

- [1] www.elektor.de/090786 (UniLab-Netzteil)
- [2] www.elektor.de/100166 (Duales U/I-Display)
- [3] www.elektor.de/974078 (Einschaltverzögerung)
- [4] www.elektor.de/100529 (Frontplattenentwurf)
- [5] www.elektor.de/970073 (Frontplattenherstellung)

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

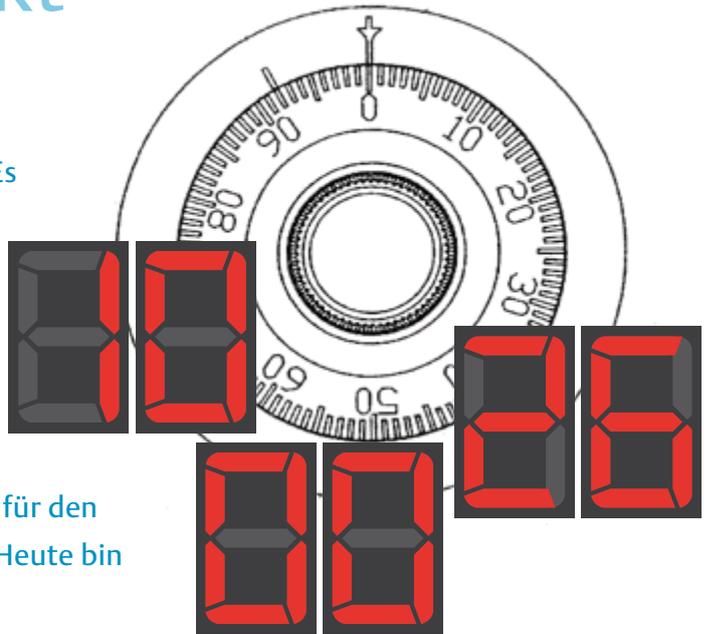
**CIRCUIT
CELLAR®**
THE MAGAZINE FOR COMPUTER APPLICATIONS

CL-3, das digitale Zahlenschloss

Von der Black Box zum Open-Source-Projekt

Von Dale Wheat (USA)

Das CL-3 entstand gegen Ende des 20. Jahrhunderts. Es basierte auf einem Atmel-Mikrocontroller vom Typ AT90S1200 und einem Drehimpulsgeber. Der Controller aktivierte ein Relais, wenn man die richtige Zahlenkombination eingegeben hatte. Damals waren Schaltung und Code ein von mir streng gehütetes Geheimnis. Bleifreies Lötzinn war unbekannt und die Leute horteten viele Lebensmittel für den bevorstehenden Weltuntergang durch den Y2K-Bug. Heute bin auch ich schlauer: Open Source ist der bessere Weg.



Damals hatte ich viel Spaß bei Entwicklung und Bau des CL-3. Aber irgendwie verkaufte sich das Teil nicht ganz so gut - als verheirateter Dotcom-Millionär führte ich das eher auf mein fehlendes Marketing-Genie als auf die Features des Geräts zurück. Die Geschichte wäre hier zu Ende, wenn mich nicht Phillip Torrone von der Webseite adafruit.com dazu ermutigt hätte, die Sache doch mal als Open-Source-Projekt zu „vermarkten“. Okay, warum nicht... doch vorher sollte noch erwähnt werden, dass es die Geschichte des CL-3-Designs als kostenlosen Download gibt [1].

Vom Prinzip...

Wie in **Bild 1** zu sehen besteht die CL-3-Minimalversion aus einem Dreh-Encoder mit elektronischer Anzeige. Diese Anordnung simuliert ein mechanisches Zahlenschloss. Die eingestellte Zahl wird mittels eines zweistelligen Sieben-Segment-LED-Displays visualisiert. Der Pegel eines Schaltungsausgangs (digitaler I/O-Pin) signalisiert „gesperrt“ oder „entriegelt“. Damit kann man ein Relais ansteuern, mit dem man sonstwas schalten könnte. Außerdem gibt es noch einen Anschluss für einen Taster, der in Verbindung mit

dem Drehgeber zur Programmierung des Zahlencodes verwendet wird. Dieser muss natürlich so eingebaut werden, dass Unbefugte nicht an ihn herankommen. Normalerweise ist also der Drehgeber das primäre Bedienelement. Sein Ausgang codiert über (sich ändernde) 2-bit-Werte sowohl die (Dreh-)Bewegung als auch

deren Richtung. Man könnte damit sogar die Drehgeschwindigkeit erfassen, indem man die Zeit misst, in der sich die Bitwerte ändern.

Die beiden Bits werden mit Hilfe einer so genannten State Machine ausgewertet. Wichtig ist: Die zwei Bits kodieren eben nicht die (virtuelle) Position des Drehgebers. Sobald Bewegung (als Veränderung des 2-bit-Wertes) erkannt wird, kann man aus dem aktuellen und dem vorherigen Wert ableiten, ob die Drehung im Uhrzeigersinn (rechts) oder im Gegenuhrzeigersinn (links) erfolgte. Damit lässt sich die virtuelle Position des virtuellen Drehschalters im Bereich von 00 bis 99 einstellen. Genau wie beim mechanischen Vorbild sollte der Wert bei Überlauf ab 99 wieder auf 00 springen. In umgekehrter Drehrichtung ist ein Sprung von 00 auf 99 erforderlich.

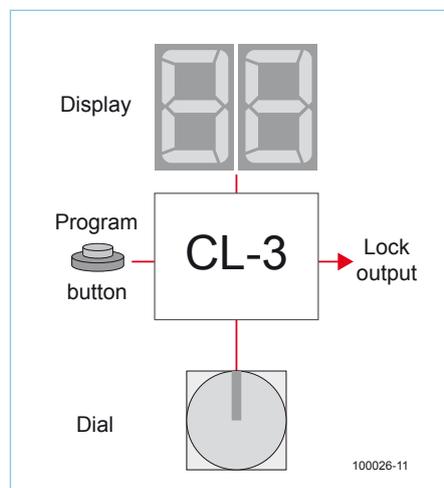


Bild 1. Funktionsprinzip des Zahlenschlosses.

...zur Schaltung

Laut **Bild 2** gibt es aus der Sicht des Mikrocontrollers IC1 zwei Ausgänge: Der erste führt zur LED-Anzeige LD1/LD2 und der zweite führt zum eigentlichen Ausgang mit Relais RE1. Das komplette Geschehen steht unter der Aufsicht von IC1. Die aktuelle Position wird über die Verbindung von K2 zu K6

Eigenschaften

- Kombination mit sechs Stellen (drei zweistellige Zahlen, rechts-links-rechts eingegeben)
- ATtiny2313-Mikrocontroller
- Optischer oder mechanischer Drehgeber
- Versteckter Programmierertaster
- Freier C-Code

auf das Multiplex-LED-Display übertragen, das mit dem Encoder eine separate Einheit darstellt. Zur Umsetzung dezimaler Zahlenwerte in LED-Segmente ist eine Tabelle im EEPROM des Controllers abgelegt. Die Werte entsprechen den Pegeln der digitalen Ausgänge, die über die Strombegrenzungswiderstände R1...R9 zu den LED-Displays führen. Zunächst wird kurz der Wert für die linke Zehnerstelle, dann Einerstelle angezeigt, bevor es mit der Zehnerstelle von vorne losgeht. Das spart Leitungen und trotzdem sieht man dank schnellem Multiplexing beide Stellen gleichzeitig ohne Flackern leuchten.

Zehn Jahre nach der Jahrtausendwende mutierte der ursprünglich eingesetzte Controller AT90S1200 zur Antiquität. Atmel empfiehlt als Ersatz den ATtiny2313A. Er kann mehr als sein Vorfahr, doch sein entscheidender Vorteil ist, dass er zu diesem pinkompatibel ist. Die zusätzlichen Fähigkeiten der integrierten Hardware, der größere Speicher und die Stromspar-Features betteln nur darum, genutzt zu werden. Ein AT90S1200 hat nur einen externen Interrupt und der war für den Taster zur Programmierung vorgesehen. Nun ist es möglich, einen der Encoder-Ausgänge mit INTO (PD2, Pin 6) zu verbinden. In der dadurch ausgelagerten Interrupt-Routine wird auch der zweite Encoder-Ausgang eingelesen und somit die Drehrichtung detektiert.

In der CL-3-Originalversion wurde ein mechanischer Dreh-Encoder von Panasonic eingesetzt. Hierfür gibt es keinen modernen Ersatz von Panasonic. Doch das ist nicht schlimm, da fast jeder Drehgeber funktioniert. Mechanische Ausführungen sind übrigens deutlich preiswerter als optische. Mögliches Kontaktprellen von mechanischen Encodern wird mit den beiden Kondensatoren C1 und C2 neutralisiert.

Der Relais-Treiber besteht aus lediglich einem PNP-Transistor plus Basiswiderstand. Die Stromversorgung ist ganz konventionell mit einem 7805-Spannungsregler realisiert, der von den üblichen Entkopplungskondensatoren C4...C7 auf dem Pfad der

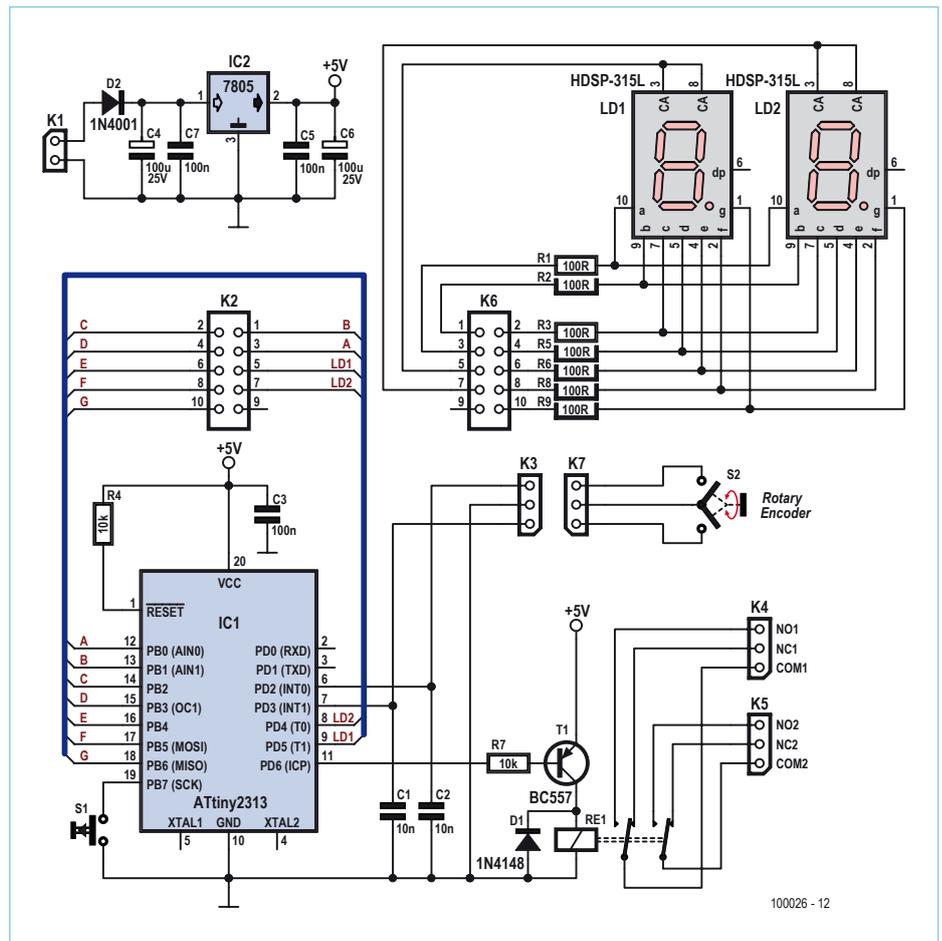


Bild 2. Schaltung des Zahlenschlosses. Das Projekt besteht aus einer Steuerung und einer Bedieneinheit.

Tugend gehalten wird. D2 verhindert die Auswirkungen verkehrt angeschlossener (Stecker-)Netzteile.

CL-3-Software

In der ursprünglichen Firmware steckte wohl ein kleines Sicherheitsrisiko: Wenn das Schloss im nicht gesperrten Zustand einge-

schaltet wurde, dann leuchtete die letzte Stelle der Zahlenkombination für einige Sekunden auf. Die neue Firmware merzt diesen Bug radikal aus. Ein Bug-Fix „nur“ zehn Jahre nach Auftreten der Sicherheitslücke – das ist fix, nicht wahr?

Der neue Source-Code steckt in der Datei „CL-3.c“ und ist in C geschrieben. Die Datei

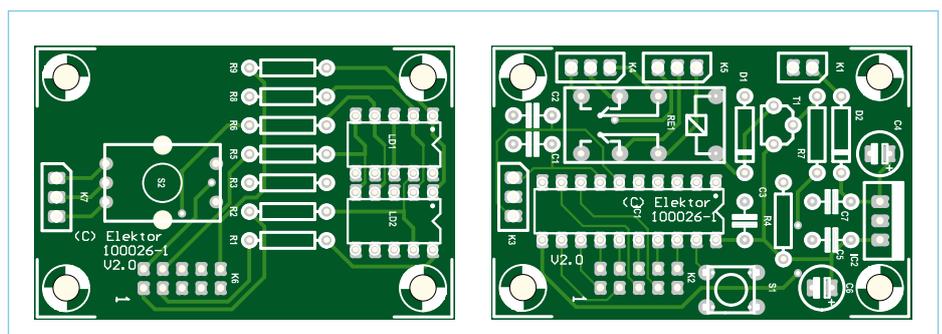


Bild 3. Layout und Bestückungspläne von Controller-Platine und Bedieneinheit. Die Platinen können mit Kabeln verbunden oder übereinander gestapelt zu einem Modul verschraubt werden.

Drehgeber-Decodierung

Ein typischer Dreh-Encoder liefert zwei alternierende Signale mit 90° Phasenverschiebung. Diese beiden Signale werden traditionell als „A“ und „B“ bezeichnet. Dabei muss die Phasenverschiebung nicht exakt 90° sein - es ist lediglich wichtig, dass die Reihenfolge stimmt und dass sie sich nicht gleichzeitig verändern.

Stellen Sie sich eine Art „digitalisierten“ Kompass vor, der nur anzeigt, ob es eher Richtung Norden als Süden sowie eher Osten als Westen geht. Man erfährt damit also nicht die genaue Himmelsrichtung. Zu jedem Zeitpunkt kann man nur vier Richtungen ablesen: NO, NW, SO oder SW. Durch periodischen Vergleich mit der vorhergehenden Anzeige könnte ein Gerät aber die Veränderungen über der Zeit extrahieren und so die absolute Position, Fahrtrichtung und Winkelgeschwindigkeit bestimmen.

Ein *Inkrementalgeber* verwendet eben diese Technik zur Information über den Zustand einer drehbaren Achse. Die *absolute* Position wird aus der Abfolge der gemeldeten Änderungen abgeleitet. Die Dreh-Richtung und -Geschwindigkeit der Achse (des Drehknopfs) kann ebenfalls abgeleitet werden.

Wie im Kompass-Beispiel entsprechen die beiden Ausgänge A und B der Nord/Süd- und der Ost/West-Richtung. Wenn man willkürlich der Nord- sowie Ost-Bedingung ein „high“ zuordnet, ergibt sich die folgende Tabelle:

Richtung	Nord/Süd	Ost/West	Signal A	Signal B	Wert
Südwest	low	low	0	0	0
Südost	low	high	0	1	1
Nordwest	high	low	1	0	2
Nordost	high	high	1	1	3

Es gibt logischerweise vier mögliche Kombinationen für zwei Signale. Daraus folgt, dass es vier mögliche Veränderungen zwischen aktuellem und dem nächsten Zustand geben kann. Nachfolgend die vier Änderungen vom ersten Status „Südwest“ aus gesehen:

Neuer Status	Änderung	Wert
Südwest	keine	0
Südost	Gegenuhrzeigersinn	-1
Nordwest	Uhrzeigersinn	+1
Nordost	Fehler	Unbekannt

Der direkte Übergang von „Südwest“ auf „Nordost“ ist verboten, denn er müsste über „Südost“ oder „Nordwest“ führen. Er ist daher ein Zeichen für eine fehlerhafte Datenregistrierung oder einen Übertragungsfehler. Wie die Software darauf reagiert, hängt von dem ab, was sich der Programmierer dabei denkt. Für triviale oder unkritische Anwendungen wie bei einem Zahlenschloss kann man solche Phänomene aber auch schlicht ignorieren.

Die Spalte „Wert“ kann man also direkt zur aktuellen Position hinzu addieren, um die neue virtuelle (errechnete) Position des Drehgebers zu erhalten.

kann kostenlos von [1] heruntergeladen werden. Wen es interessiert: In der gleichen Archiv-Datei steckt auch noch der alte AT90S1200-Assembler-Code.

Aufbau

Bild 3 zeigt die Platinen-Layouts für dieses Projekt. Auch diese gibt es in Form von PDF-Dateien kostenlos bei [1].

Die Bestückung ist einfach, da weder SMD-Bauteile vorkommen noch besondere Mon-

tagetechniken erforderlich sind. Die beiden Platinen montiert man mit Abstandsbolzen zu einer Einheit, denn die Platinen sind so gestrikt, dass K2 auf K6 und K3 auf K7 passen. Das resultierende Modul wird dann so montiert, dass die Anzeige gut sichtbar ist. Die elektrischen Anschlüsse, der Taster und das Relais sollten selbstverständlich vor dem Zugriff Unbefugter geschützt sein.

Bild 4 zeigt den vom Elektor-Labor gebauten Prototyp.

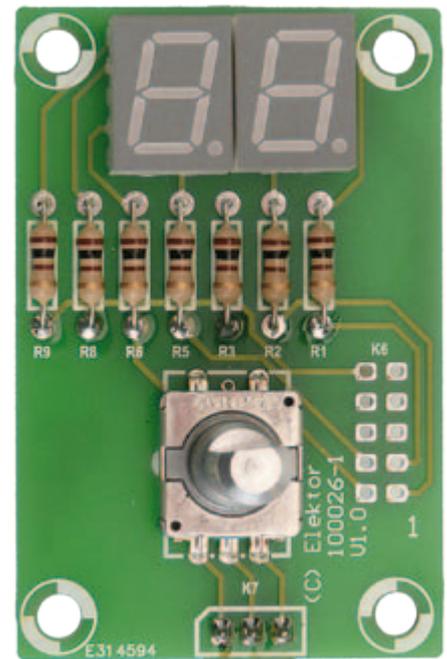


Bild 4. Prototyp aus

Einstellen der Kombination

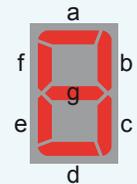
Die geheime Kombination aus drei zweistelligen Zahlen (= sechs Stellen), wird mit dem ebenso geheimen Taster S1 eingestellt.

Die Programmierung beginnt, indem man die erste zweistellige Zahl mit dem Drehgeber rechts herum einstellt und dann S1 betätigt. Das Display blinkt dann kurz zum Zeichen, dass die Zahl im EEPROM abgespeichert wurde. Nach Einstellung der zweiten zweistelligen Zahl - diesmal links herum - und Druck auf S1 blinkt es nun zweimal. Und nach der dritten Zahl (wieder rechts rum) und Betätigung von S1 blinkt es schließlich dreimal. Wenn alle drei Zahlen eingegeben wurden, stehen sie gegen Stromausfall gesichert im EEPROM. Es ist sinnvoll, sich die Kombination zuvor aufzuschreiben, sie nach Programmierung auf Funktion zu überprüfen und den Zettel mit der Kombination weder wegzuerwerfen noch neben das Schloss zu pinnen...

Falls Sie Schnapszahlen wie 1-1-1, 4-4-4 oder 1-2-3 nicht zulassen wollen, bleiben immer noch 100 × 99 × 99 - 1 = 980.099 mögliche Kombinationen übrig.

Display-Multiplexing

Eine einzige numerische Ziffer lässt sich mit nur sieben unabhängigen Segmenten einer entsprechenden LED-Anzeige realisieren. Die Segmente werden nach folgendem Schema traditionell mit „a“ bis „g“ bezeichnet.



100026-13

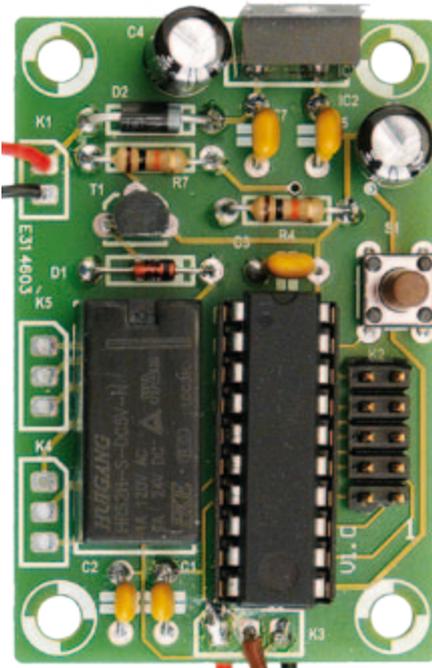
LED-Displays mit sieben Segmenten sind schon seit Jahrzehnten in diversen Größen und Farben erhältlich. Um Pins zu sparen, sind entweder alle Anoden oder alle Kathoden miteinander verbunden. Nur die restlichen sieben Anschlüsse sind getrennt an Pins angeschlossen. Es gibt also zwei Sorten solcher Displays, die nach CA (Common Anode) und CC (Common Cathode) unterschieden werden.

Zur direkten Ansteuerung der LED-Segmente durch einen Mikrocontroller verbindet man die sieben einzelnen Segment-Leitungen über Strombegrenzungswiderstände mit Controller-Ausgängen. Die gemeinsame Anode kommt dann an die positive Versorgungsspannung oder aber die gemeinsame Kathode an Masse.

Pro Ziffer benötigt man also mindestens sieben Controller-Ausgänge. Wenn man wenige Stellen mit einem Controller mit vielen Anschlüssen betreiben will, dann kann man das so machen. Wenn nicht, dann sollte man die Ausgänge multiplexen. Das reduziert die erforderliche Pin-Anzahl des Controllers erheblich. Für das träge menschliche Auge leuchten alle Stellen des Displays dann trotzdem gleichzeitig.

Multiplexing kann man so realisieren, dass man die Segment-Anschlüsse in Spalten und Zeilen einer Matrix anordnet. Typischerweise entsprechen die Spalten den Dezimalstellen und die Zeilen den LED-Segmenten. Demnach sind alle „a“-Segmente aller Stellen genau so miteinander verbunden wie die „b“-Segmente etc. Die gemeinsamen Anoden oder Kathoden bleiben aber unabhängig, sodass man jede Stelle mit einem weiteren Controller-Ausgang adressieren kann. Da durch gemeinsame Anoden oder Kathoden aber immerhin bis zum Siebenfachen des Stroms einer Segmentleitung fließen, sind diese Spaltenleitungen in der Regel mit Transistoren oder Treiber-ICs verstärkt.

Jede Stelle der Anzeige wird also schnell nacheinander kurz angezeigt. Die Trägheit des Auges sorgt für einen kontinuierlichen Leuchteindruck.



dem Elektor-Labor.

Öffnen des Schlosses

Das funktioniert wie bei der Programmierung, also rechts-links-rechts, aber ohne S1. Es gibt auch kein Blinken der Anzeige. Das Schloss öffnet bei richtiger Eingabe aller sechs Ziffern. Das Relais bleibt angezogen, bis der Drehgeber gedreht wird (egal in welche Richtung). Der Zustand des Schlosses wird ebenfalls nichtflüchtig gesichert, sodass sich das Schloss nach dem Einschalten im gleichen Zustand wie beim letzten Ausschalten befindet.

Mit Arduino

Hier benötigt man nur das Bedienteil. Deswegen Integration in ein Arduino-System ist sehr einfach. Die Firmware steckt in der Datei „CL_3.pde“ im gleichen Archiv wie zuvor. Der Code wurde von Interrupt- auf Polling-Betrieb umgestellt, damit er einfacher zu verstehen ist.

Es gibt die gleichen Grundfunktionen. Ist das Schloss offen, leuchtet die blaue LED auf dem Arduino-Board. Bei Bedarf kann man das Entriegelungssignal natürlich auch auf andere Ausgänge und sogar auf die serielle Schnittstelle umlegen.

Stückliste

Widerstände:

R1,R2,R3,R5,R6,R8,R9 = 100 Ω
R4,R7 = 10 k

Kondensatoren:

C1,C2 = 10 n
C3,C5,C7 = 100 n
C4,C6 = 100 µ/25 V, radial

Halbleiter:

D1 = 1N4148
D2 = 1N4001
LD1,LD2 = 7-Segment-LED-Display, gemeinsame Anode (CA), h = 10 mm, Typ Avago HDSP-315L

T1 = BC557

IC1 = Atmel ATtiny2313-20PU (oder A), programmiert (100026-41)
IC2 = 7805

Außerdem:

S1 = Taster, 6 mm, Multicomp Typ MC32830
S2 = Drehgeber, Alps Typ EC11E15204aE
K1 = 2-pol. Stiftleiste, RM 0,1“
K2,K6 = 10-pol. (2x5) Stiftleiste, RM 0,1“
K3,K4,K5,K7 = 3-pol. Stiftleiste, RM 0,1“
RE1 = 5-V-Relais für Platinenmontage, Multicomp Typ HRS2H-SDC5V
Platinen, siehe www.elektor.de/100026

Schlussbemerkung

Diese Renovierung eines alten Projekts hat mir wirklich Spaß gemacht. Nebenbei hat mir die Beschäftigung damit auch einen Einblick in die Fortschritte der Mikrocontroller-Technik der letzten zehn Jahre gegeben. Anders als bei der alten Version wird jetzt das komplette Projekt inklusive Platinen und Software im Sinne des Open-

Source-Gedankens veröffentlicht. Die einzige Beschränkung ist die Verwendung zu nichtkommerziellen Zwecken.

(100026)

Weblink

[1] www.elektor.de/100026

1-Tasten-Dateneingabe

Routinen in BascomAVR

Von Vladimir Mitrovic (Kroatien)

In Embedded-Anwendungen muss man oft Zahlenwerte eingeben. Hier kommt eine clevere Lösung: Wenn das Projekt bereits über ein passendes Display verfügt, kann man sogar komplexe mehrstellige Werte mit nur einem Taster eingeben, der sonst für andere Zwecke verwendet wird.



Die Testschaltung von Bild 1 basiert auf einem ATtiny2313 und ist so allgemein gehalten, dass ihre 1-Tasten-Bedienung gut in die Benutzeroberfläche anderer Projekte integriert werden kann. S1 ermöglicht in Kooperation mit einem LCD eine Art interaktiver Dateneingabe. Da das Programm in BascomAVR geschrieben ist, lässt es sich auch gut an 8051-Mikrocontroller anpassen. Die zentrale Idee ist, nicht nur zu registrieren ob, sondern auch wie lange S1 gedrückt wird. Es gibt also zwei Fälle zu unterscheiden:

- Der Taster wird kurz (kürzer als 1 s) gedrückt;
- Der Taster wird lang (länger als 1 s) gedrückt.

Wenn der Taster zum ersten Mal länger als eine Sekunde gedrückt wird, schaltet die Software in den Dateneingabe-Modus. In diesem Modus wird der aktuelle Wert des Parameters angezeigt und der

Cursor unter dem ersten Digit platziert (siehe Bild 2). Jeder kurze Druck auf S1 inkrementiert diese Dezimalstelle oder ändert das Vorzeichen. Ein langer Tastendruck schaltet auf die nächste Ziffer um, die man dann mit kurzen Betätigungen inkrementieren kann. Wenn der Cursor unter der letzten Ziffer (ganz rechts) steht, sorgt ein langer Tastendruck für das Ende der Dateneingabe. Das Programm macht dann mit dem restlichen Code der Hauptschleife weiter.

Beispiele

Zwei Beispiel-Programme erläutern den Einsatz dieser Methode in realen Programmen: EE_1_button_HEX.bas und EE_1_button_DEC.bas. Beide Programme können kostenlos von der Elektor-Webseite zu diesem Beitrag [1] heruntergeladen werden. Ihre Hauptaufgabe: Inkrementierung eines Zählers (Variable „Cnt“) mit etwa 10 Hz und Anzeige der aktuellen Werte. Die Programme unterscheiden sich zunächst in der Darstellung des Zählers als hexadezimale Zahl oder als (vorzeichenbehaftete) Dezimalzahl. Der eigentliche Unterschied liegt in der Art, wie bei der Dateneingabe mit hexadezimalen oder dezimalen Werten umgegangen wird. Nachdem der Zahlenwert geändert wurde und das Programm wieder in die Hauptschleife zurückgekehrt ist, fahren beide Programme damit fort, den Zähler vom gerade eingestellten Startwert aus zu inkrementieren. Wenn man den Teil mit dem Zählen und der Anzeige aus dem Beispielprogramm entfernt, ist der Rest der Code, den man für die 1-Tasten-Bedienung gut in andere Projekte portieren kann.

Programm-Konzept

Jedes Programm, das etwas abhängig von der Dauer eines Ereignisses ändert, benötigt eine Routine zur Zeit-Erfassung. In unseren Programmen wird in der Subroutine „Check_t1“ überprüft, ob und wie lange der Taster gedrückt wird. In der Schaltung wird der Schalter mit „S1“ bezeichnet – im Code mit „T1“.

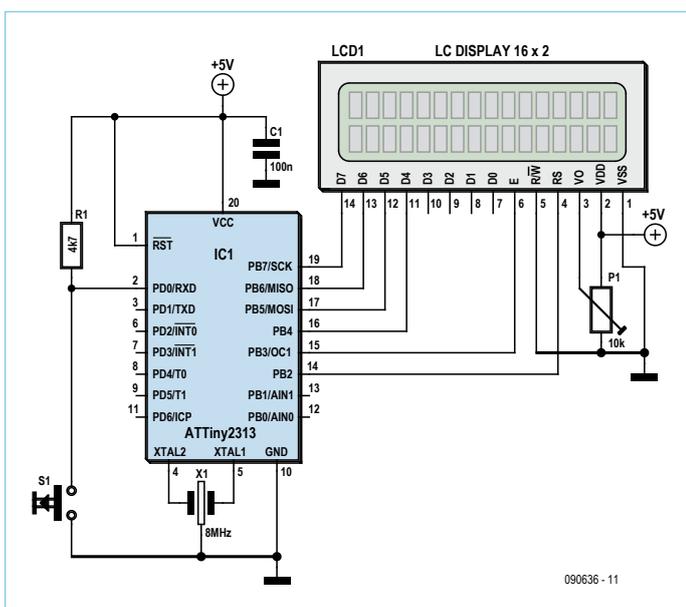


Bild 1. Ein Taster ist alles, was man für eine elegante und einfache Dateneingabe benötigt.

```
T1 Alias Pind.0      'T1 input pin
```

```
Check_t1:
```

```
T1_time = 0
Debounce T1 , 0 , T1_on
Return

T1_on:
  T1_time = 1
  While T1 = 0
    Waitms 10
    Incr T1_time
    If T1_time > 100 Then
      Exit While
    End If
  Wend
Return
```

Die „Debounce“-Anweisung überprüft, ob der Taster gedrückt ist. Falls dies nicht der Fall ist, kehrt das Programm mit „T1_time = 0“ zur Haupt-Schleife zurück. Wenn „Debounce“ feststellt, dass der Taster gedrückt ist (T1 = 0), verzweigt das Programm in die Routine „T1_on“ und wartet in einer While-Schleife, bis der Taster losgelassen wird oder 1 Sekunde abgelaufen ist (was immer zuerst geschieht). Dann kehrt es zum Hauptprogramm zurück. Wird der Taster vor Ablauf der einen Sekunde losgelassen, hat die Variable „T1_time“ einen Wert zwischen 1 und 100 (entspricht 10 ms bis 1 s). Nach Ablauf der 1-s-Frist endet die Tastenüberwachung und „T1_time“ hat dann den Wert 101.

Damit das Hauptprogramm in den Dateneingabe-Modus wechseln kann, sollte es in seiner Hauptschleife in regelmäßigen Abständen überprüfen, ob S1 länger als 1 s betätigt wird. Wenn dies der Fall ist, wird die Subroutine der Dateneingabe aufgerufen:

```
Do
  Gosub Check_t1      'check if T1 is pressed
                    '>1s
  If T1_time > 100 Then
    Gosub Edit_cntr  'if yes, enter
```

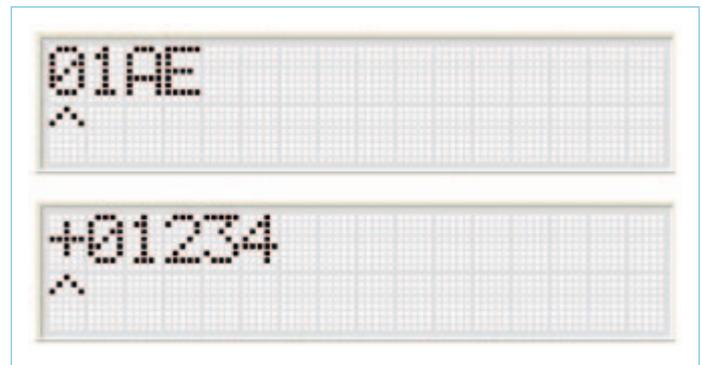


Bild 2. Display im Dateneingabe-Modus: Sowohl das Editieren von dezimalen wie hexadezimalen Zahlen ist möglich.

```
End If
...
Loop
```

'editing mode
'else, do whatever

Die Subroutine zur Dateneingabe besteht aus drei Teilen:

1. Initialisierung. Hier wird ein initialer Wert in das zur Anzeige passende Format konvertiert.
2. Schleife. Hier wird S1 (T1) regelmäßig überprüft und der angezeigte Wert editiert.
3. Abschluss. Hier wird das Resultat der Dateneingabe gespeichert und als neuer initialer Wert gesetzt.

Es ist klar, dass das Programm während der Dateneingabe keine Befehle der Haupt-Schleife ausführen kann. Interrupt-Routinen werden aber ausgeführt, sofern welche existieren. Der Programmierer ist dafür verantwortlich, dass die Funktionen seiner Software durch diese Rahmenbedingungen nicht beeinträchtigt werden.

Zwar wird nicht jedes kleine Detail der Subroutine zur Dateneingabe erläutert, doch sollten die gegebenen Hinweise ausreichen, den Code an eigene Bedürfnisse anzupassen.

EE_1_button_HEX

Der initiale Wert steckt in der Variable „Cntr“. Diese Variablenbezeichnung kann man an ihre Aufgabe in der jeweiligen Software anpassen. Auch der Variablentyp ist nicht unveränderlich und kann vom vorzeichenlosen Typ „Byte“ und „Word“ sowie vom mit Vor-

Anzeige

PCB Spezialist für Prototypen & Kleinserien

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

ALLE SERVICES

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

www.eurocircuits.de

zeichen behafteten Typ „Integer“ und „Long“ sein. Damit einzelne Ziffern editiert werden können, wird der Variablenwert zunächst in einen hexadezimal formatierten String konvertiert und in „Edit_string“ abgelegt. Das ergibt zwei Zeichen für „Byte“, vier für „Word“ und „Integer“ sowie acht für den Typ „Long“.

```
Edit_cntr:
    Edit_string = Hex(cntr)
    Cls
    Lcd Edit_string
```

Die Edit-Schleife, die einzelne Digits aus dem String extrahiert, wird durch die String-Länge begrenzt:

```
For I = 1 To Len(edit_string)
    Edit_x = Mid(edit_string , I , 1)
    ...
```

Da BascomAVR keine Funktion für das Inkrementieren einer Hexadezimalziffer (in der Variable „Edit_x“) kennt, wurde die einfache Assembler-Routine „Incr_hex“ geschrieben, die aufgerufen wird, wenn ein kurzer Tastendruck erkannt wird. Ein editiertes Digit wird wieder an die richtige Stelle des Strings eingefügt und dieser angezeigt, bevor die nächste Ziffer ausgewählt wird:

```
If T1_time > 0 Then
    Gosub Incr_hex
    Mid(edit_string , I , 1) = Edit_x
    Lcd Edit_string
End If
Next
```

Gegen Ende, nachdem die letzte Ziffer editiert wurde, wird der neue Wert des Strings wieder in einen numerischen Wert konvertiert und in der Variablen „Cntr“ abgelegt:

```
Cntr = Hexval(edit_string)
Return
```

EE_1_button_DEC

Der initiale Wert steckt ebenfalls in der Variable „Cntr“. Bezeichnung und Variablentyp können wie zuvor erläutert angepasst werden. Hier wird der Zahlenwert dezimal in einen String konvertiert und in „Edit_string“ abgelegt. Man muss darauf achten, dass die Stringlänge zum maximalen Variablenwert passt. Außerdem benötigen Variablen mit Vorzeichen Platz für ein zusätzliches Zeichen im String.

```
Edit_cntr:
    Edit_string = Str(cntr)
    Edit_string = Format(edit_string , "+00000")
    Cls
    Lcd Edit_string
```

Zur String-Konversion wird hier die Funktion „Format()“ herangezogen. Dies ist für die Darstellung von Vorzeichen und führenden

Nullen erforderlich, denn nur dargestellte Zeichen können auch editiert werden. Das Vorzeichen sollte bei vorzeichenlosen Variablentypen nicht angezeigt werden. Die Editier-Schleife ist wieder durch die String-Länge begrenzt:

```
For I = 1 To Len(edit_string)
    Edit_x = Mid(edit_string , I , 1)
    Edit_9 = Val(edit_x)
    ...
```

Jede Stelle des Strings wird einmal als Zeichen extrahiert und in „Edit_x“ abgelegt sowie in einen numerischen Wert konvertiert und in „Edit_9“ gespeichert. Dies ist notwendig, da sowohl Ziffern als auch Vorzeichen editierbar sein sollen.

Die Reaktion auf einen kurzen Tastendruck hängt vom extrahierten Zeichen ab. Wenn es ein Vorzeichen ist, wird das komplementäre Vorzeichen in „Exit_x“ gesichert:

```
If T1_time > 0 Then
    If Edit_x = "+" Then
        Edit_x = "-"
    ElseIf Edit_x = "-" Then
        Edit_x = "+"
```

Dieser Programmteil ist bei vorzeichenlosen Variablen also überflüssig. Ist das extrahierte Zeichen aber eine Zahl, wird sie mit Überlauf inkrementiert:

```
Else
    Incr Edit_9
    If Edit_9 > 9 Then Edit_9 = 0
    Edit_x = Str(edit_9)
End If
```

Jede geänderte Stelle wird wieder in den String eingefügt und dieser angezeigt bevor die nächste Stelle selektiert wird:

```
Mid(edit_string , I , 1) = Edit_x
Lcd Edit_string
End If
Next
```

Zum Schluss wird nach der Bearbeitung der letzten Stelle ganz rechts der neue Stringwert wieder in einen numerischen konvertiert und in der Variable „Cntr“ gespeichert:

```
Cntr = Val(edit_string)
Return
```

Wer mehr Details benötigt, der möge sich den Code der schon erwähnten Beispielprogramme zu Gemüte führen.

(090636)

Weblink

[1] www.elektor.de/090636

NEU!

JETZT STECKT NOCH MEHR DAHINTER.



Das komplette Elektor PLUS-Abo!

- Alle 11 Ausgaben inkl. Doppelheft Juli/August
- Im PLUS-Abo inbegriffen: Jahrgangs-DVD 2010
- **20%** Preisvorteil gegenüber dem Einzelkauf
- Bis zu **40% Rabatt** auf spezielle Elektor-Produkte
- Top-Wunschprämie im Wert von bis zu 30 €
- Jedes Heft pünktlich und zuverlässig frei Haus
- Lesen Sie jede Elektor-Ausgabe vor allen anderen
- **NEU:** Exklusiver Online-Zugriff auf die aktuellsten 3 Elektor-Ausgaben als E-Paper + jahrgangsübergreifende Elektor-Artikel-Volltextsuche

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

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

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

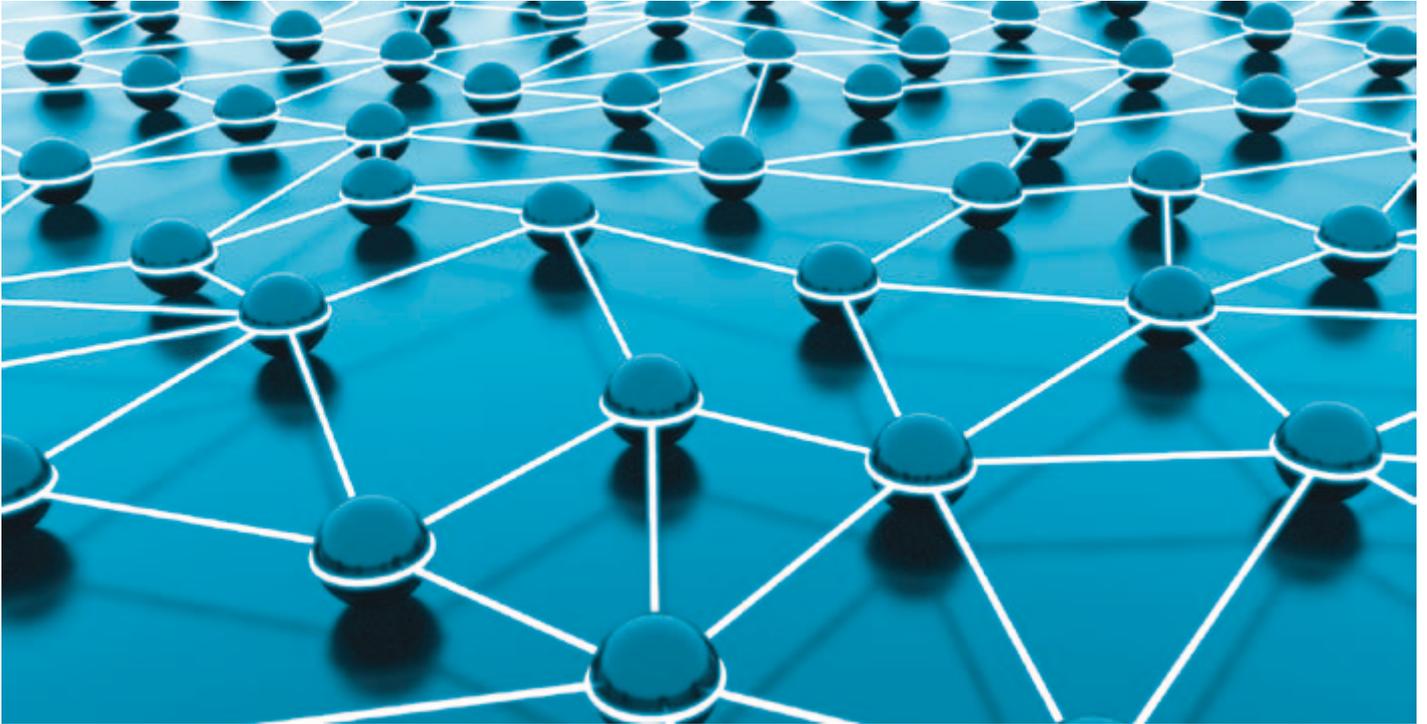
elektor 10-2010

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

elektor

ZigBee heute & morgen

Technologie und Anwendungen



Von Joe Lomako (TRAC) (UK)

Das Netzwerkprotokoll ZigBee ist den Kinderschuhen entwachsen, die realisierten Applikationen werden immer aufwendiger und einfallsreicher. Es ist daher kein Wunder, dass viele Halbleiterhersteller an dieser Entwicklung beteiligt sind. Dieser Beitrag gibt einen aktuellen Überblick.

Die ZigBee-Spezifikation nach dem Standard IEEE 802.15.4 beschreibt ein abstraktes Kommunikations-Protokoll für drahtlose Steueranwendungen geringer HF-Leistung. ZigBee ist für den Aufbau einer Infrastruktur gedacht, die auf einem lernfähigen, einfachen und preiswerten WPAN (**W**ireless **P**ersonal **A**rea **N**etwork) basiert, das außerdem weniger Strom verbraucht als andere derartige Lösungen.

Im Prinzip gibt es drei Varianten: ZigBee, ZigBee PRO und ZigBee RF4CE. Letzteres ist eine Technik zur drahtlosen Steuerung von Unterhaltungselektronik. Wie in **Tabelle 1** aufgelistet, zeigen sich die Unterschiede zwischen den verschiedenen Varianten in den drei Aspekten Netzwerk-Topologie, Sicherheit und Netzwerk-Adressierung.

Vernetzung

ZigBee-Netzwerke bestehen im Wesentlichen aus „Koordinatoren“, „Routern“ und „End-Geräten“. Das soll aber nicht heißen, dass die

entsprechenden Geräte ausschließlich für ZigBee zuständig sein müssen, vielmehr kann die ZigBee-Funktion auch nur ein eingebautes Feature unter vielen sein. Ein ZC (**Z**igBee **C**oordinator) formt und verwaltet das Netzwerk. Dabei gilt das Highlander-Prinzip: Es kann nur einen (pro WPAN) geben. Ein ZR (**Z**igBee **R**outer) leitet Nachrichten weiter und ermöglicht anderen Geräten den Beitritt zu einem WPAN. Ein ZED (**Z**igBee **E**nd **D**evice) ist ein Endgerät und

Tabelle 1. Zigbee Basis-Versionen und ihre Eigenschaften

	ZigBee	ZigBee PRO	RF4CE
Topologie	Stern/Baum	vermascht	Baum
Sicherheit	normal	hoch	normal
Netzwerk-Adressierung	verteilt	stochastisch	Pairing

sonst nichts. Es kann zwar einem Netzwerk beitreten, aber selbst keine Nachrichten routen. **Bild 1** veranschaulicht den möglichen Aufbau eines ZigBee-Netzwerks. Im Prinzip sind zwei verschiedene Netzwerk-Topologien möglich: die Stern/Baum-Struktur von **Bild 2** oder ein so genanntes „vermaschtes Netzwerk“ wie in **Bild 3**.

Eine der Stärken des vermaschten Netzwerks mit ZigBee PRO ist, dass damit große räumliche Ausdehnungen möglich sind (man denke an große Bürogebäude oder Industrieanlagen). Außerdem ist eine Art Selbstheilungsmechanismus implementiert, bei dem Nachrichten bei Änderungen oder gar Ausfällen von Netzknoten den Empfänger auch über alternative Pfade erreichen.

Ein ZED besteht aus einer ZigBee-Plattform (Funk-Elektronik und ZigBee-Protokoll) mit aufgesetzter konkreter Anwendung (Profil). Der Funk-Teil 802.15.4 beinhaltet die beiden Layer „PHY“ (Datenübertragung) und „MAC“ (Sicherheitsschicht). Der ZigBee-Stack ist hierarchisch übergeordnet. **Bild 4** veranschaulicht dieses Schichtenmodell.

Profile

Zum kompletten ZED wird ein Gerät erst, wenn auf der ZigBee-Plattform auch noch ein so genanntes Profil aufsitzt. So ein Profil besteht aus einem Satz von Befehlen und Attributen zum Austausch von Nachrichten über ein ZigBee-Netzwerk.

Es gibt zwei Arten von Profilen. Öffentliche Profile wurden von den Mitgliedern der ZigBee Alliance entwickelt und verfügen über spezifische Befehls-Attribute. Bei der Verwendung öffentlicher Profile müssen deren Regeln eingehalten werden. Es gibt sogar mehrere spezifische öffentliche Profile, doch dazu später mehr. Die zweite Art von Profilen ist herstellerspezifisch. Diese proprietären Profile wurden von Herstellern entwickelt, die zwar die ZigBee-Technologie, nicht aber deren öffentliche Protokolle verwenden wollten.

Öffentliche ZigBee-Profil

Zu den öffentlichen Profilen gehören:

- ZSE (ZigBee Smart Energy),
- ZHA (ZigBee Home Automation),
- ZTS (ZigBee Telekom Services),
- ZHC (ZigBee Personal Healthcare),
- ZBA (ZigBee Building Automation) und
- ZRC (ZigBee Remote Control).

Diese Profile werden im Folgenden kurz erläutert.

ZSE wurde für den Einsatz in so genannten intelligenten HANs (**H**ome **A**rea **N**etworks) entwickelt und dient dort vor allem der Steuerung und Optimierung des häuslichen Energieverbrauchs. Es gibt etliche ZSE-kompatible Geräte im Bereich der Verbrauchsmessung (Gas, Wasser und Strom) und zur Verbrauchsinformation (entsprechende Displays), welche die Erfassung und den Überblick über den vergangenen und den aktuellen Verbrauch erlauben. So

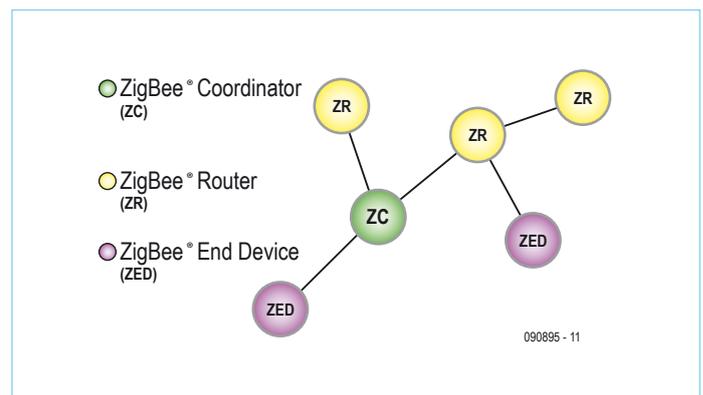


Bild 1. Die Nachrichtenübermittlung in einem ZigBee-Netzwerk wird weitgehend vom ZigBee Coordinator (ZC) bestimmt.

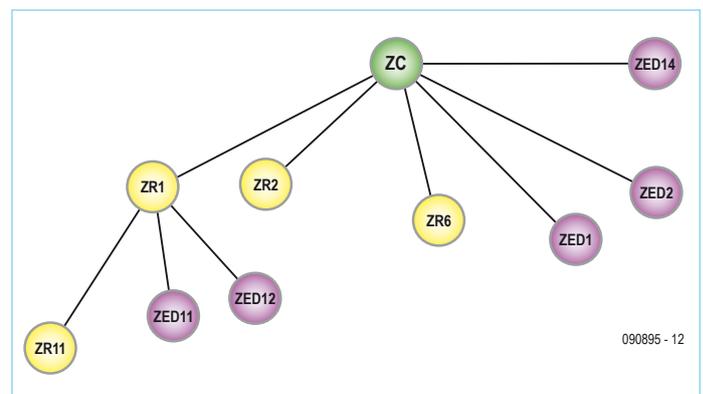


Bild 2. ZigBee-Netzwerk mit Baumstruktur.

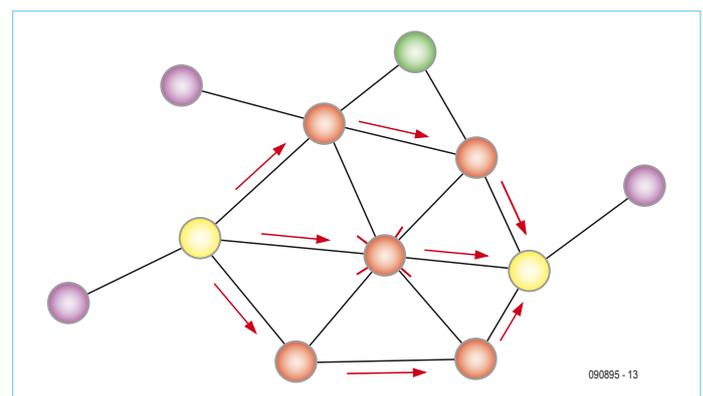


Bild 3. Vermaschtes ZigBee-Netzwerk.

genannte Smart Energy Devices (**Bild 5**) eignen sich nicht nur für private Haushalte, sondern durchaus auch für große Installationen.

ZHA war eines der ersten ausgereiften Profile und hat sich als sehr robust und vielfältig erwiesen. Es gibt viele ZHA-kompatible Produkte mit den unterschiedlichsten Anwendungen auf dem Markt. Typische ZHA-Anwendungen sind einfache Lichtsteuerungen per Schalter oder Dimmer. In Verbindung mit anderen modernen

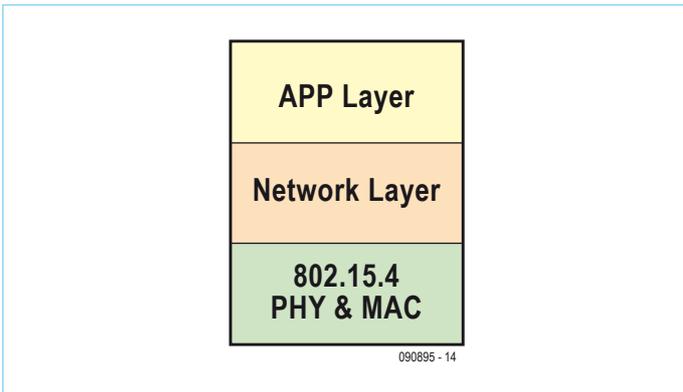


Bild 4. Das ZigBee-Schichtenmodell.

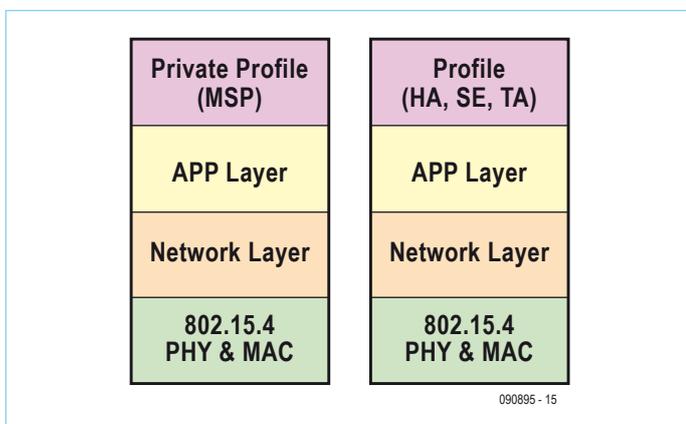


Bild 5. Modell öffentlicher und proprietärer Profile.

Technologien kann man damit den Haushalt sehr stark automatisieren. So wäre zum Beispiel die Steuerung der Beleuchtung über ein Smartphone möglich oder aber eine ZHA-Steuerung sorgt dafür, dass bei Dämmerung automatisch die Vorhänge zugezogen werden. Es ergeben sich endlose Möglichkeiten zur Automatisierung.

ZTS wurde für die Bereitstellung von Informationen auf mobilen



Bild 6. Ein ZigBee-fähiger intelligenter Stromzähler.

Geräten entwickelt. So ist es damit zum Beispiel möglich, einem Besucher auf seinem Rundgang durch ein Museum an seinem jeweiligen Aufenthaltsort immer die passenden Informationen zur Verfügung zu stellen. Normale Technik erfordert typischerweise die Eingabe einer am Ausstellungsstück angebrachten Zahl, wodurch vorgefertigte Audiokonserven abgespielt werden. Mit ZTS versehene mobile Endgeräte hingegen erkennen den Standort automatisch und sorgen so für eine verbesserte und einfachere Bedienung.

ZHC ist eines der neuesten Profile und wird zukünftig vermutlich von größerer Relevanz sein, wenn man an das zunehmende Durchschnittsalter in Industriegesellschaften und die damit verbundenen Anforderungen an die Gesundheitssysteme denkt. Mit dieser ZigBee-Technologie kann man zum Beispiel älteren Menschen mit Einschränkungen dabei unterstützen, länger unabhängig zu bleiben. Gerade in den Bereichen „Betreutes Wohnen“ dürfte diese Technik sinnvoll sein. Es gibt Geräte, die überwachen, ob jemand gestürzt ist, ob eine Badewanne überläuft, ob ein Herd vergessen wurde und vieles Andere mehr. In der Überwachungsstation wird dann ein entsprechender Alarm ausgelöst, sodass sofort nachgeschaut und notfalls Hilfe geholt werden kann.

Außerdem eignet sich diese Technik zur Erfassung medizinischer Parameter bei chronischen Erkrankungen wie Diabetes oder Bluthochdruck. Bild 7 zeigt ein ZigBee-fähiges Blutdruckmessgerät. Bei dieser Form der Telemedizin sind etliche Organisationen engagiert und viele Hersteller von Medizingeräten arbeiten an neuen Lösungen. ZigBee-Technologie wird daher in Zukunft eine immer wichtigere Rolle im Gesundheitswesen spielen. Dabei sind nicht nur die Vorteile für Patienten zu beachten, sondern auch die damit möglichen Einsparungen gerade in mit Spezialisten unterversorgten Regionen.

Betrachtet man beispielsweise einen Diabetiker, der zwei- bis dreimal pro Tag seinen Blutzuckerspiegel kontrollieren sollte, so muss dieser nicht nur an die Messung denken, sondern die Werte auch schön brav von Hand in ein Heft übertragen, das er dann bei seinem nächsten Arztbesuch vorlegt. Der Arzt würde dann einen Blick auf die Daten werfen und überlegen, ob alles soweit in Ordnung ist. Falls nicht, gibt es ein Problem damit, dass zwischen intolerablen Werten und dem Arztbesuch häufig Tage bis Wochen liegen und diese Werte daher mit dem aktuellen Zustand des Patienten nichts mehr zu tun haben. Mit einem ZigBee-fähigen Blutzuckermessgerät hingegen, das mit einem spezialisierten Überwachungszentrum verbunden ist, kann es eine zeitnahe und teilautomatisierte Überwachung sowohl von den Messwerten als auch davon geben, ob Messungen vergessen worden sind. In beiden Fällen kann schnell eingegriffen werden. Man kann so auch besser Hinweise darauf bekommen, ob und wie gut sich ein Patient an eine notwendige Diät hält. Im Extremfall kann so ein System dank schneller ärztlicher Intervention sogar Leben retten.

ZBA erleichtert dank ihrer anpassungsfähigen Eigenschaften das Management komplexer Gebäude wie zum Beispiel von Büro-Hochhäusern. Es erleichtert die ökonomische zentrale Steuerung

von Beleuchtung, Klimatechnik und Sicherheit. Außerdem ist die Fernüberwachung der Funktion dieser Systeme möglich. Weil sich die Anforderungen an ein Gebäude je nach Nutzung ändern können, zeigt dieses ZigBee-Profil dank seiner besonderen Anpassungsfähigkeit seine Stärken.

ZRC baut auf der Grundlage der ZigBee-Variante RF4CE auf. Damit realisierte Produkte ermöglichen erweiterte Funktionen und steigern die Benutzerfreundlichkeit von Geräten der Unterhaltungselektronik. Obwohl das Profil zur Zeit eher noch in den Kinderschuhen steckt, ist eine ZRC-Kompatibilität angesichts des sich schnell verändernden Geräte-Markts durchaus ein Feature, das im Kampf um die Gunst von Käufern wichtig werden kann.

Schlussbemerkung

Offensichtlich ist ZigBee unglaublich vielseitig und in mancher Hinsicht lediglich durch die Vorstellungskraft des Entwicklers beschränkt.



Bild 7. Die Messungen dieses Blutdruckmessgeräts können via Zigbee erfasst werden.

Kein Licht ohne Schatten: Es gibt durchaus auch ernsthafte Kritik am ZigBee-Konzept. Bisher allerdings war diese Kritik eher Anlass für Verbesserungen. Es ist also nicht zuviel gesagt, wenn man behauptet, dass ZigBee eine Menge zu bieten hat, wie aus den vorhergehenden Beschreibungen deutlich geworden sein dürfte.

(090895)

Anzeige

EASY PIC BIG EASY
PIC Pic

SICHERN SIE SICH IHR PIC-BOARD

UND ERHALTEN SIE BIS ZU 30 % RABATT BEIM KAUF EINES COMPILERS

IHR EIGENES GERÄT: SO EINFACH KANN ES SEIN!

MikroElektronika
DEVELOPMENT TOOLS | COMPILERS | BOOKS
...making it simple

GET IT NOW
www.mikroe.com

80 Kerzen für die Pentode



Bild 1. Achtzig Jahre in der Zeit zurück. Röhren von links nach rechts: RES164, 34, EF97 und 1j18b.

Von Andre Adrian, DL1ADR (D)

Als erstes Transistor-Radio überhaupt erblickte das Regency TR-1 im November 1954 das Licht der Welt. Zu diesem Zeitpunkt gab es schon seit Jahrzehnten Radios mit Vakuumröhren. Der wohl erfolgreichste Röhrentyp war die Pentode mit ihren fünf (griechisch: pente) Elektroden. Eine frühe Pentode war die RCA-34 (UX-234) von 1930. Bei der Markteinführung wurde sie als „Super-Control RF Amplifier Pentode“ beworben.

Zur Feier des 80. Pentoden-Geburtstags geht es dieses Mal nicht nur um eine Beschreibung, sondern um den Bau eines Kurzwellen-Radios mit Pentode für die Rundfunkbänder mit 49 und 41 m Wellenlänge. Mit nur einer einzigen Röhre und einer 1,5 m langen Drahtantenne ist ein akzeptabler Empfang in Kopfhörer-Lautstärke möglich. Erstaunlicherweise kommt man dabei - abhängig von der Röhre - mit einer „sicheren“ Anodenspannung im Bereich von 6...45 V aus und kann das Radio daher mit Batterien betreiben. Das Radio kann traditionell mit Flachspule und Drehkondensator oder modern mit Ferritring und Kapazitätsdiode aufgebaut werden. Man kann auch den Nachfolger der Pentode, den Feldeffekttransistor verwenden, obwohl dessen höhere Verstärkung die Radio-Abstimmung zur Herausforderung werden lässt.

Der Anfang: Wolfram

Der heiße Wolframfaden einer Glühlampe stößt Elektronen aus. Dies erkannte Thomas Alva Edison 1883, als er neben dem Glühfaden eine Elektrode in die Lampe einbaute. Die ausgestoßenen Elektronen der heißen Kathode fliegen im Vakuum zur kalten Anode, ein Strom fließt durch die Röhre. Im Laufe der Jahre wurden noch weitere Elektroden eingefügt. Bei einer Pentode finden sich zwischen Kathode und Anode noch das Steuergitter (g1), das Schirmgitter (g2) und das Bremsgitter (g3). Das Steuergitter entspricht dem Gate eines FET. Das Schirmgitter liegt üblicherweise am Pluspol und das Bremsgitter liegt am Minuspol der Anodenbatterie.

Eine „34er“-Pentode hat einen mit Bariumoxid beschichteten Wolf-

ramfaden. Durch den Glühfaden fließen bei 2 V etwa 60 mA. Diese 120 mW bringen den Glühfaden auf 800 °C. Er leuchtet bei dieser Temperatur fast unsichtbar. Die russische Subminiatur-Pentode 1Ж18Б (1j18b) benötigt noch weniger Heizleistung: bei 1,2 V nur 24 mA!

In **Bild 1** sieht man von links nach rechts (Einführungsjahr in Klammern): Die Pentode RES164 (1928), eine 34er-Pentode (1930), die Miniatur-Pentode EF97 (1957) und die Subminiatur-Pentode 1Ж18Б (1963). Der Niederspannungstyp EF97 für Autoradios arbeitet mit einer Anodenspannung von 6 V.

Audion-Prinzip

Ein Audion besteht aus einem Schwingkreis zur Einstellung der Empfangsfrequenz und einem Verstärkerbauteil. Um eine sehr hohe Verstärkung zu erreichen, wird ein Teil des verstärkten HF-Signals wieder am Eingang eingespeist. Das Audion arbeitet wie ein Oszillator, der kurz vor der Selbstschwingung steht. Die HF wird in der Audion-Röhre verstärkt und demoduliert. Die Amplituden-Demodulation erfolgt durch die nichtlineare Steuergitter-Kennlinie. Nur wenn das Steuergitter positiv gegenüber der Kathode ist, fließt zwischen beiden Anschlüssen ein Strom. Steuergitter und Kathode bilden eine Röhren-Diode.

Einfaches Audion

Eine Änderung der Rückkopplungseinstellung ändert leider auch die Empfangsfrequenz. Um diesen Effekt klein zu halten, hat der Funkamateur F. H. Schnell in den 1920er-Jahren ein einstellbares Dämpfungsglied parallel zur Rückkopplungs-Wicklung geschaltet. Bei der Schnell-Schaltung von **Bild 2** liegen alle die Empfangsfrequenz und Rückkopplung bestimmenden Bauteile mit einem Anschluss an Masse. Der Schwingkreis besteht aus dem einstellbaren Kondensator C1 und einem Teil der Spule L1. Antenne und Steuergitter sind mit einer Anzapfung der Spule verbunden.

Die Spulenabschnitte L1A und L1B arbeiten als Spartransformator und passen den niedrigeren Wechselstromwiderstand von Antenne und Steuergitter an die höhere Impedanz des Schwingkreises an. Die Rückkopplung erfolgt über C2 auf die Rückkopplungswicklung L1C mit dem parallel liegenden Potentiometer R1 als Dämpfungsglied. L1C bildet mit dem Rest von L1 einen zweiten Spartransformator. Durch den Masse-Anschluss in der Mitte von L1 wird die Phase zwischen Rückkopplungswicklung und Schwingkreis um 180° gedreht. Zusammen mit der Phasendrehung des Verstärkers ergibt sich die gewünschte positive Rückkopplung (Mitkopplung) von 360°. Die in NF-Verstärkern sehr oft benutzte negative Rückkopplung (Gegenkopplung) hat in der Summe eine Phasendrehung von 180°.

Die HF-Drossel L2 trennt den HF-Teil vom NF-Teil. Jede reale Spule hat eine Wicklungskapazität, welche parallel zur Induktivität liegt. Bei der HF-Drossel beträgt sie etwa 10 pF. Die Kapazität der Primärwicklung von TR1 ist sehr viel höher. Ohne L2 würde diese Wicklungskapazität die Hochfrequenz an der Anode kurzschließen.

TR1 übersetzt zwischen dem hohen Ausgangswiderstand der Röhre und der niedrigen Impedanz eines dynamischen Walkman-Kopfhörers. Die beiden Hörmuscheln sind parallel geschaltet.

Bei Batterie „A“ handelt es sich um einen NiMH-Akku, der die Hei-

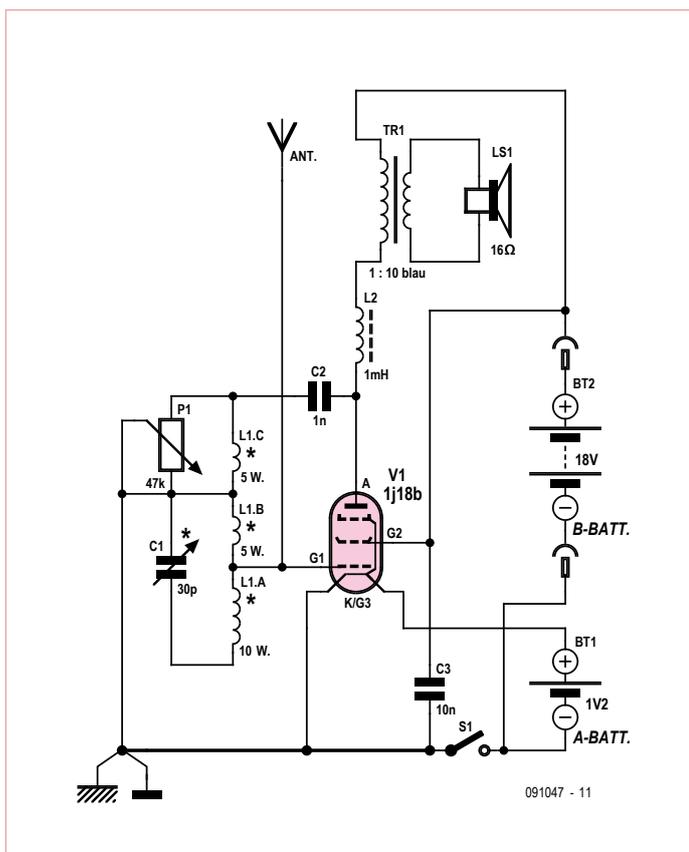


Bild 2. Schematische Darstellung des einfachen Audions „Baujahr 2010“.

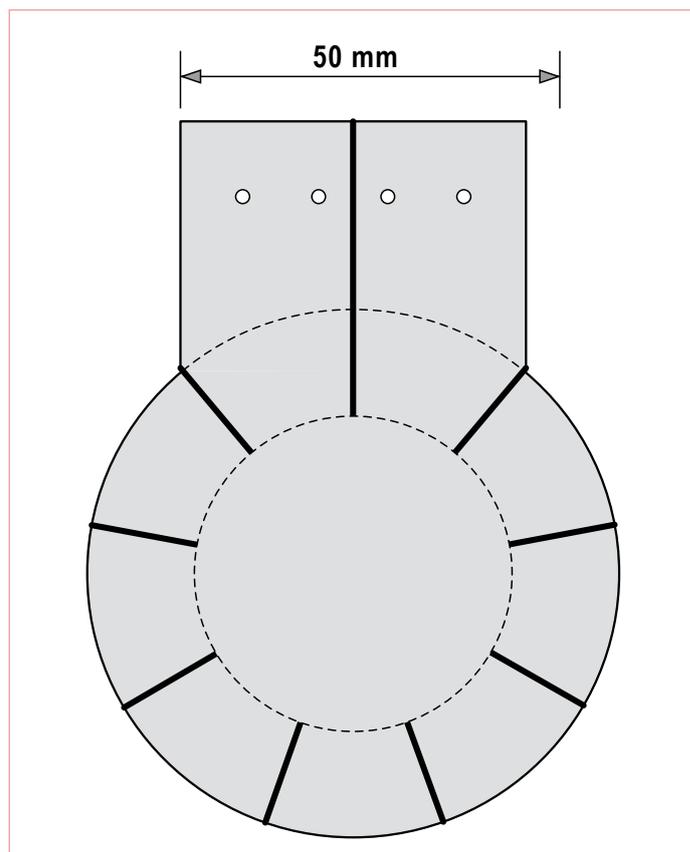


Bild 4. Diese Schablone vereinfacht den Nachbau des Spulenkörpers für die Flachspule.

zung versorgt (Strombedarf: 24 mA). Batterie „B“ generiert die Anodenspannung aus zwei in Serie geschalteten 9-V-Batterien (Strombedarf: 2 mA).

C3 schließt HF-Signale am Schirmgitter kurz. Die Sekundärseite von TR1 ist absichtlich potentialfrei. Die Frontplatte sollte eine von

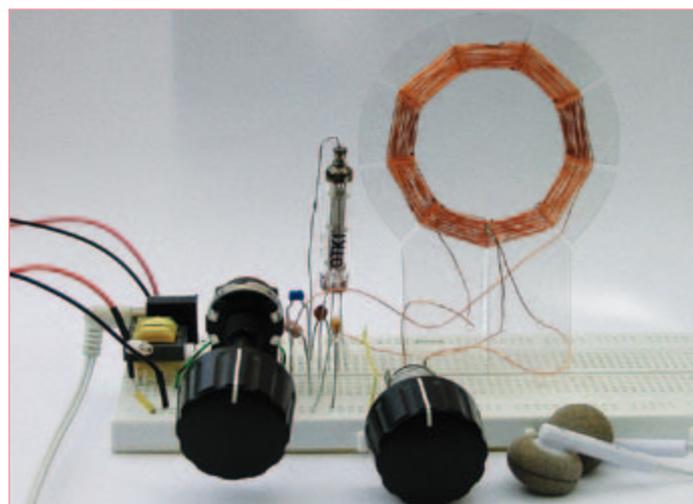


Bild 3. Das einfache Audion auf einem Steckbrett.

innen aufgeklebte, geerdete Metallfolie erhalten. Der Antennenanschluss sollte an der Rückseite des Gehäuses liegen. Der Antennendraht sollte vom Antennenanschluss abgehend auf eine Länge von 30 cm mit dem Erddraht verdreht werden. Alle diese Maßnahmen reduzieren die Auswirkung der Handkapazität. Bei der Frequenzeinstellung ist die Hand des Radiohörers nahe am Schwingkreis, beim anschließenden Radiohören ist die Hand weiter entfernt. Der unterschiedliche Abstand bewirkt eine Frequenzänderung des Schwingkreises durch die Handkapazität.

Die Antenne sollte nicht länger als 1,5 m sein. Eine längere Drahtantenne wird über einen kleinen Kondensator von 4,7...33 pF angeschlossen. Eine richtige Erdung ist für einen guten Empfang unerlässlich. Der Masse-Anschluss der Schaltung sollte daher mit einem Kupfer-Heizungsrohr verbunden werden. Alternativ können 3 m Draht als Erddraht auf dem Boden verlegt werden.

R1 beeinflusst auch die Lautstärke. Dreht man zu weit auf, hört man einen Pfeifton. Das Audion arbeitet dann als Sender. Dies kann zu Störungen bei anderen Radios in der Nähe führen, die den gleichen Sender empfangen. Ein Audion ist eben ein Radio mit **Rückkopplung!**

Praktisches

Die Stückliste des Radios ist im **Kasten** angegeben. Bild 3 zeigt das Foto eines Prototyps. Man sieht den Tauch-Trimmer, die Röhre, das

Audion-Stückliste

- C1 = 35 pF, Drehkondensator mit Feintrieb (Vernier) oder Tauch-
Trimmer (Philips, z.B. von Oppermann Electronic)
- C2 = 1 nF, keramischer Vielschicht-Kondensator
- C3 = 10 nF, keramischer Vielschicht-Kondensator
- L1 = Flachspule mit 10+5+5 Windungen 0,3 mm Kupferlackdraht
- L2 = 1-mH-Drossel (Fastron SMCC)
- R1 = 47-kΩ-Potentiometer, linear
- S1 = Schalter
- Tr1 = Miniatur-NF-Übertrager 1:10, Farbcode: blau (Reinhöfer
Electronic)
- V1 = Röhre 1j18b (auch 1SH18B genannt), NOS* bei eBay
- Stereo-Klinkenbuchse 3,5 mm
- Batteriehalter für eine 1,5-V-AA-Zelle
- 2 Clips für 9-V-Blockbatterien
- *New Old Stock = ungebrauchte Originalware

0,4 mm Stärke, wie sie als Mobile-Folie in jedem Schreibwarengeschäft erhältlich ist. Die Vorlage in **Bild 4** platziert man unter die Folie und zeichnet die Konturen mit einem wischfesten Filzstift (CD-Marker) nach. Mit einer stabilen Papierschere lässt sich die Form ausschneiden. Am Ende der Schlitzte werden mit einem 3-mm-Bohrer Löcher gebohrt um die Schlitzte sauber ausschneiden zu können. Für die Wicklung sind 3,2 m Kupferlackdraht mit 0,3 mm Durchmesser nötig, für die Anzapfungen noch zwei Drähte von 10 cm Länge. Nach zehn Windungen wird eine kleine Drahtschlinge gebogen, an die gleich ein kurzes Drahtstück angelötet wird. Nach weiteren fünf Windungen kommt dann eine weitere Drahtschleife mit dem angelöteten zweiten Drahtstück. Noch abschließende fünf Windungen und L1 ist fertig.

Auf der Website des Autors [1] gibt es weitere Informationen zu Röhrenradios.

(091047)

Poti, den Ausgangsübertrager und die Ohrhörer. Die Flachspule ist rechts von der Röhre zu sehen. Der Spulenkörper besteht aus transparenter PE-Kunststoffolie mit

Weblink

[1] www.andreadrian.de/sdr/

Anzeige

gie tec
TopVAC Belichter

- Philips ACTINIC Leuchten, 365nm
- Digitaler Timer, mit Anzeige
- Elektr. Vorschaltgerät, EN60929
- Vakuum-Spannrahmen

www.gie-tec.de

Gie-Tec GmbH 36132 Eiterfeld 06672/919-910

**Termine für Elektor
Nr. 12 / 2010**

Anzeigenschluss:
19.10.2010

Erscheinungstermin:
18.11.2010

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

e weekly
elektor-newsletter

Elektor-Newsletter E-weekly jetzt gratis abonnieren!

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

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

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

Hexadoku

Sudoku für Elektroniker

Ja, jetzt ist es nicht mehr zu leugnen: Die Blätter färben sich und es wird wieder etwas frischer. Zeit, um es sich drinnen mal wieder richtig gemütlich zu machen, zum Beispiel mit diesem Hexadoku. Wer alles richtig ausfüllt und uns die Hex-Ziffern in den grauen Kästchen zuschickt, kann wieder vier schöne Elektor-Gutscheine gewinnen!

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

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

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

Mitmachen und gewinnen!

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

Einsenden

Schicken Sie die Lösung (die Zahlen in den grauen Kästchen) per E-Mail, Fax oder Post an:
 Elektor – Redaktion Süsterfeldstr. 25 52072 Aachen
 Fax: 0241 / 88 909-77 E-Mail: hexadoku@elektor.de
 Als Betreff bitte nur die Ziffern der Lösung angeben!
 Einsendeschluss ist der 31. Oktober 2010!

Die Gewinner des Juli/August-Hexadokubus stehen fest!

Die richtige Lösung ist: 2975EF.

Das Scepter-Interscepter-Kit im Wert von 250 € geht an: Simon Lehmayr aus Pfaffenhofen (Deutschland).
 Einen Elektor-Gutschein über je 50 € haben gewonnen: Jean-Claude Carré, Per Troelsen und Andy Wood.

Herzlichen Glückwunsch!

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

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

(c) PZZL.com

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

Starke Stücke

Die ganze Welt der Elektronik
in einem Shop!



Konzeption – Realisation – Evaluation

Der Entwurf von Röhrenverstärkern

Auch heute noch klingen Röhrenverstärker zweifellos phantastisch, möglicherweise sogar noch faszinierender als in früheren Zeiten. Gegenwärtig verfügen wir über moderne Bauteile und Materialien, wie z. B. Ringkern-Ausgangsübertrager, ausgesprochen hochwertige Widerstände, Kondensatoren und allerlei, die Übertragungseigenschaften nicht beeinflussende Drahtsorten. Hinzu kommen hochqualitative Tonträger wie CD-Spieler und ebenso hochwertige Lautsprecher, die die überragenden klanglichen Eigenschaften von Röhrenverstärkern erst richtig zur Geltung kommen lassen.

Das vorliegende Buch behandelt zwar auch die Theorie, mehr jedoch richtet sich die Aufmerksamkeit auf die Entwurfsphase dieser Verstärker, innerhalb derer die projektierten Eigenschaften und gestellten Anforderungen formuliert werden müssen. In welchem Zusammenhang stehen subjektive und objektive Kriterien? Welche Schaltungsvarianten entwickeln überzeugende klangliche Eigenschaften und warum? Welche Probleme sind zu lösen, wenn man einen Röhrenverstärker entwickeln und diesen käuflich vertreiben möchte? Was genau sagen uns messtechnische Analysen eines Gerätes und wie sind die gewonnenen Ergebnisse zu interpretieren, welche Aussagekraft besitzen sie? Der Autor Menno van der Veen beantwortet diese und andere wichtige Fragen

188 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-237-6 • € 38,00 • CHF 59,70

NEU!



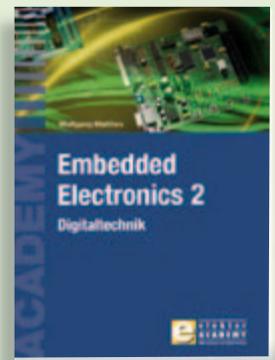
Topseller

Grundlagen und der Aufbau
von Programmstrukturen

AVR-Programmierung 1

Dieses Buch ist der erste Band einer Buchreihe, die der Programmierung von AVR-Mikrocontrollern gewidmet ist. Da es die Grundlagen präsentiert, beginnend mit Bits und Bytes, ist es für Leser geeignet, die sich in das Gebiet erst einarbeiten wollen. Aber auch wer AVR-Prozessoren in C programmiert, wird von der Lektüre profitieren, weil die Besonderheiten sorgfältig herausgearbeitet werden.

255 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-229-1
€ 42,00 • CHF 66,00

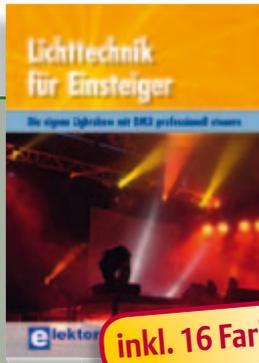


Der 2. Band der neuen Buchreihe

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 Grundsicherungen der Digitaltechnik.

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



inkl. 16 Farbseiten

Die eigene Lightshow mit DMX professionell steuern

Lichttechnik für Einsteiger

Für Einsteiger, die die faszinierende Welt des Lichtdesigns und der Showgestaltung kennenlernen möchten, werden die Grundlagen der eingesetzten Lichttechnik erklärt. Das Buch bringt Licht in den Ablauf der Showprogrammierung mit Pult und PC und beleuchtet die Konzepte hinter einem ansprechenden Lichtdesign. Im zweiten Teil des Buches werden viele Selbstbautipps vorgestellt, mit deren Hilfe professionelle Showelemente auch mit einfachen Mitteln möglich sind.

288 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-188-1
€ 29,80 • CHF 46,80



Der professionelle Ratgeber

Funkempfänger-kompodium

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 Verlagsortiment 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





NEU!

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



NEU!

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



NEU!

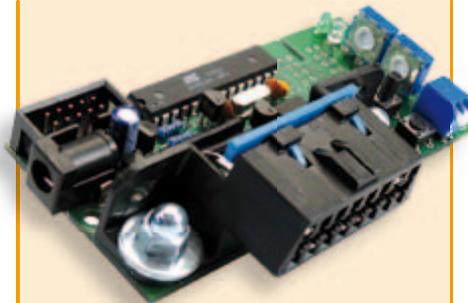
Elektor-DSP-Radio

(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



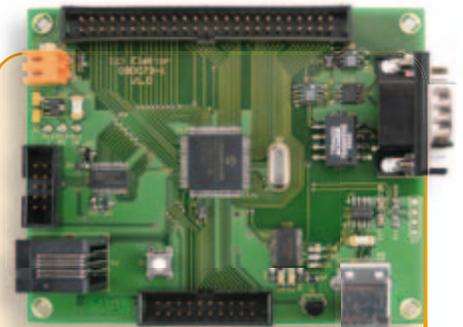
OB2-Mini-Simulator für PWM/ISO/KWP2000

(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



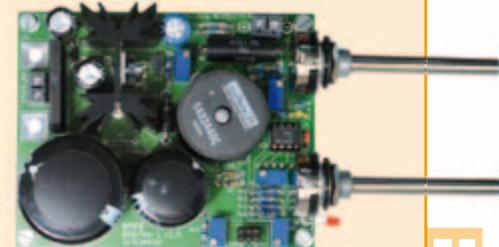
dsPIC-Controller-Board

(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

Oktober 2010 (Nr. 478)

€

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

September 2010 (Nr. 477)

Digitales Multi-Effektgerät

- 090835-31 Programmierbares EEPROM 24LC32 5,00
- 090835-41 Programmierter Controller ATmega8-16PU 9,95
- 090835-42 Programmierter Controller ATtiny2313-20PU 9,95
- 090835-71 Alle Bauteile inklusive Platinen und programmierten Controllern/EEPROM www.elektor.de

AirControl - Bestimmung von Wolkenhöhen

- 090329-41 Programmierter Controller 15,00
- 090329-91 Bestückte Platine mit Gehäuse (bei ausreichendem Interesse, siehe Website) www.elektor.de

Elektor Project Case

- 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 PIC16F16-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

3D-LED-Pyramide

- 090940-41 Progr. Controller ATtiny2313-20SU 9,95

Digitaler Daumenradschalter

- 090538-41 Progr. Controller ATtiny2313 DIP20 9,95

Akustischer Trainer

- 100203-41 Progr. Controller PIC16F88 DIP18 9,95

Wasserdichter Näherungsschalter

- 090537-41 Progr. Controller ATtiny13A 9,95

Binär-Uhr

- 090187-41 Progr. Controller PIC16F877-20/P DIP40 22,50

Lichtsteuerung für RC-Autos

- 090834-41 Progr. Controller ATtiny45 DIP-8 9,95

Oszilloskoptext

- 100327-41 Progr. Controller ATtiny2313 DIL20 9,95

Bestseller

Bücher	1	➔	AVR-Programmierung 1 ISBN 978-3-89576-229-1 € 42,00 CHF 66,00	
	2	➔	Funkempfängerkompendium ISBN 978-3-89576-224-6 € 49,00 CHF 77,00	
	3	➔	Hardware-Design mit FPGA ISBN 978-3-89576-209-3 € 42,00 CHF 66,00	
	4	➔	Embedded Electronics 2 ISBN 978-3-89576-186-7 € 49,00 CHF 77,00	
	5	➔	Digitale Elektronik im Experiment ISBN 978-3-89576-220-8 € 29,80 CHF 46,80	
Bausätze & Module	CD- & DVD-ROMs	1	⬆	Workshop-DVD HF-Technik ISBN 978-3-89576-234-5 € 29,80 CHF 46,80
		2	⬆	Workshop-DVD Röhren 2 ISBN 978-3-89576-235-2 € 29,80 CHF 46,80
		3	➔	Elektor-DVD 2009 ISBN 978-90-5381-251-8 € 27,50 CHF 43,20
		4	➔	ECD 5 ISBN 978-90-5381-159-7 € 29,50 CHF 46,40
		5	➔	LED-Toolbox ISBN 978-90-5381-245-7 € 32,50 CHF 52,20
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	➔	dsPIC-Controller-Board Art.-Nr. 090073-91 € 159,00 ... CHF 249,70	
	4	➔	Geschaltetes Labornetzteil Art.-Nr. 090786-71 € 71,50 ... CHF 112,30	
	5	➔	32-bit-ARM-Board (Zepter) Art.-Nr. 090559-91 € 99,95 ... CHF 157,00	

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

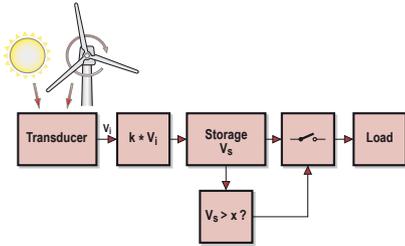


Elektor-Verlag GmbH
 Süsterfeldstr. 25, 52072 Aachen
 Tel. +49 (0)241 88 909-0
 Fax +49 (0)241 88 909-77
 E-Mail: bestellung@elektor.de



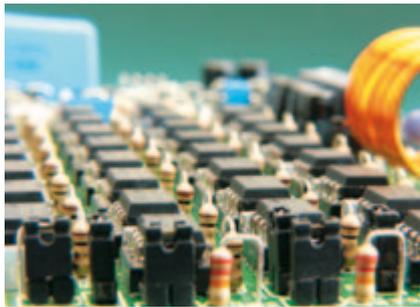
Mobiles O₂-Messgerät mit dem Minimod18

Nach dem CO₂-Messgerät in Elektor 01/2008 und dem mobilen CO₂-Messgerät in Elektor 05/2010 stellen wir im nächsten Heft ein O₂-Messgerät vor. Für Taucher und Höhlenforscher ist es lebenswichtig, den aktuellen Sauerstoffanteil der Atemluft (aus dem Tauchgerät) oder der Umgebungsluft (in der Höhle) zu kennen. In dem Beitrag werden geeignete Sensoren für die Luftsauerstoff-Messung, die mögliche Auswertung der Sensorsignale und ein Sauerstoffmessgerät auf Basis des Minimod18-Controllerboards aus Elektor 01/2010 beschrieben.



Energy Harvesting

Alternative Energieerzeugung steht im Rampenlicht. In diesem Artikel geben wir einige Ideen für die Versorgung von Schaltungen mit Sonnenenergie. Dabei geht es darum, den Betrieb eines Geräts auch dann noch zu ermöglichen, wenn es nur wenig Sonnenlicht gibt. Den starken Schwankungen und der geringen Höhe der vom Solarmodul gelieferten Spannung begegnen wir mit intelligenten Schaltungen, die auch bei nur 200 mV am Eingang noch eine konstant hohe Ausgangsspannung liefern.



Der 5532-OpAmp (2)

Haben Sie Ihre NE5532 schon bestellt? Es könnte eng werden, denn Sie sind wahrscheinlich nicht der einzige, der mindestens 37 Stück braucht, um den (demnächst) legendären 5532-OpAmp von Elektor zu bauen... Im zweiten und letzten Teil der Beschreibung dieses bemerkenswerten Verstärkers geht es um den Nachbau und um die Performance des OpAmp, die mit unserem Audio Precision-Analysator gemessen wurden. Wir können jetzt schon verraten, dass der Entwurf hinsichtlich der messbaren Ergebnisse zum Besten gehört, das wir jemals gemessen und gehört haben. Für alle Puristen und HiFi-Enthusiasten, die tatsächlich mehr als 15 Watt pro Kanal benötigen, erklären wir auch, wie der 5531-OpAmp für höhere Ausgangsleistungen in Brücke geschaltet werden kann.



Elektor November erscheint am 20. Oktober 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 neuen Elektor- Gesamtkatalog 2010 GRATIS an!

Gesamtkatalog 2010

Bücher
CD-ROMs
DVD-ROMs
Sonderhefte
E-blocks
Bausätze
Module



**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**

Hier ist meine Anschrift:

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

Antwort

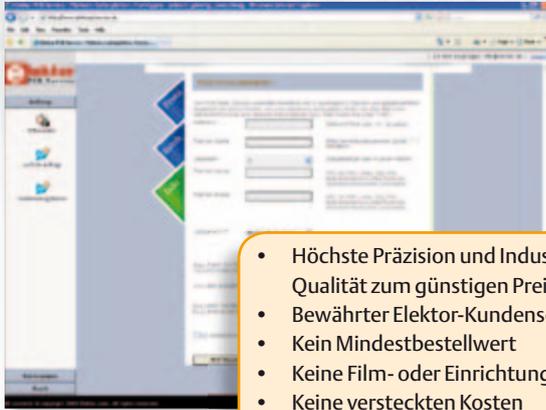
**Elektor-Verlag GmbH
Süsterfeldstraße 25
52072 Aachen**

Innerhalb
Deutschlands
kein Porto
nötig!

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!



- 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

INSERENTENVERZEICHNIS OKTOBER 2010

Beta Layout	www.beta-layout.de und www.reflow-kit.de	12, 41
CES	www.CESweb.org	47
Eurocircuits	www.eurocircuits.de	69
Gie-Tec	www.gie-tec.de	78
Hameg	www.hameg.com	9
LeCroy	www.lecroy.de	57
LeitOn	www.leiton.de	41
Markt		53
Microchip	www.microchip.com/mtouch	3
mikroElektronika	www.mikroe.com	27, 75
NXP Contest		
	www.circuitcellar.com/nxpmbeddesignchallenge!	2
Pico	www.picotech.com/scope2021	13
Reichelt	www.reichelt.de	88

50 PIC Microcontroller projects

➔ Neues Elektor-Buch in englischer Originalsprache!

Dieses neue (englischsprachige) Buch enthält 50 praktische und interessante Projekte mit PIC-Mikrocontrollern für Anfänger und Fortgeschrittene. Beispiele: Laser-Alarm, witzige USB-Maus, Eieruhr, Jugend-Schreck, Klangschalter, kapazitiver Pegelmesser für Flüssigkeiten, "Finger-im-Wasser"-Sensor, Raumüberwachung mit Kamera, Dimmer (110...240 V), sprechender Mikrocontroller etc. Außerdem wird der Einsatz von Relais und der Umgang mit Netzspannung diskutiert. I²C, SPI, RS232, USB, PWM, Winkelgeber, Interrupts, Infrarot, A/D- und D/A-Konversion, Siebensegment-Displays und der CAN-Bus werden ebenfalls behandelt.

Man kann dieses Buch sehr gut als Inspiration für eigene Projekte einsetzen. Die ausführlichen Erklärungen, Schaltbilder und Bilder machen den Aufbau von Mikrocontroller-Elektronik einfach und sorgen eher für Lust anstelle von Frust. Bei jedem Projekt wird auf die zugehörige Theorie eingegangen und erklärt. Man kann das Buch zum Lernen oder als Hilfe zum Aufbau komplexer Projekte nutzen. Alle Projekte können auf einem Steckbrett realisiert werden, so dass Änderungen und eigene Experimente kein Problem darstellen.



437 Seiten (kart.)
Format 17 x 23,5 cm
ISBN 978-0-905705-88-0
€ 39,50 • CHF 62,10

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

Lötdampfabsauger

Giftige Gase und Dämpfe werden am Arbeitsplatz abgesaugt



- Filtergröße: 130 mm
- ca. 120 m³/h Luftdurchsatz
- Leistung: 20 Watt
- Maße: 162 x 200 x 120 mm

FILTER 426-DLX
29.95

FILTER 426-3 3er-Satz Aktivkohle 4.50

Digitale Prozessor-ESD-Lötstation

Besonders für RoHS-konformes Bleifrei-Löten geeignet

- Löttemperatur: 150-480 °C
- geeignet für Tweezer TWZ 100
- max. Ausgangsleistung: 100 Watt
- inkl. LötKolben und Halter
- sehr schnelle Aufheizzeit
- Nullspannungs-Regelschaltung



STATION LF-2000
89.95

STATION LF-1600 80 Watt 69.95



100 W

Markenqualität - Top-Service - günstige Preise!



Katalog kostenlos!
 Tagesaktuelle Preise:
www.reichelt.de

2,0-Megapixel-USB-Mikroskop

Vollwertiges Vergrößerungswerkzeug mit bis zu 200-facher Vergrößerung. Einfache PC-Anwendung durch USB-Anschluss.

- ideal für Ausbildung, Forschung, Entwicklung, Qualitätsprüfung, ...
- Ausleuchtung durch 6 weiße, einstellbare LEDs
- 2-Megapixel-Sensor: hochauflösende Bilder (1600 x 1200 Pixel), Videos: AVI, 30 fps
- inkl. Bildbearbeitungssoftware (Lieferung ohne Display)



MIKROSKOP USB 2M **59.95**

Werkstatt-LED-Lupenleuchte

- 56 LEDs
- Glas-Linse mit 3 Dioptrien
- Innenliegende Feder- und Kabelführung
- Schutzkappe



LL ZD-140A LED **37.95**

NO-CLEAN Flussmittelgel FL 22

- mit Kunststoffspitze insbesondere für Fine-Pitch oder SMD-Anwendungen und Einsatz mit Heißluft und LötKolben
- 10 g / 5 ml
- F-SW 33 (DIN EN 29 454)



EDSYN FL 22 **12.85**

ESD-Handgelenkband

- garantiert ständige Erdung am Arbeitsplatz
- verstellbar, elastisch, antiallergen



ESD HGB-K10 **3.05**

ESD-Spirableitkabel

- 2 Druckknöpfe
- integr. 1 MΩ Schutzwiderstand
- Länge: ca. 2,4 m



ESD SK 10-10 BL **4.65**

Sprays für den Elektronik-Arbeitsplatz

- Kältespray
- nicht brennbar, bis -52°C



KONTAKT 316 200 ml **8.55**
 KONTAKT 317 400 ml **14.45**



Lötpitzen-Reiniger

Effektive Lötpitzenreinigung mit „Spiral-Abstreifwolle“. Das ständige Feuchthalten, wie bei herkömmlichen Schwämmen entfällt.



CLEANER 460A **4.50**

Leiterplattenreiniger

- trocknet schnell und rückstandsfrei



KONTAKT 360 200 ml **6.60**
 KONTAKT 361 400 ml **9.45**



Markenlötzinn

- beste Industriequalität mit kontinuierlichen Flussmittelseelen
- Sn60Pb40 Ø 1mm



LÖTZINN 100GR 100 g **2.75**
 LÖTZINN 250GR 200 g **5.85**
 LÖTZINN 1,0KG 1000 g **22.30**

ESD-Tisch-Arbeitsmatte

- Befestigungen: 2x 10 mm Druckknöpfe
- entspricht DIN EN 61340-5-1
- Maße: 600 x 900 x 2 mm (getestetes ESD-Equipment im Online-Shop)



ESD ARBEITSMATTE **31.50**

Twin-SMD-LötKolben-Pinzette

- 2-mm-Lötpitzenpaar für effizientes Löten und Entlöten von SMD-Bauteilen
- Betriebsspannung: 230 Volt



TWEEZER SMD **37.95**

Digitale Löt-/Entlötstation

- durch weiten Temperaturbereich für RoHS-konformes Bleifrei-Löten geeignet
- Löttemperatur: 150 bis 480°C
- Entlöttemperatur: 300 bis 450°C
- hochwertiger NiederspannungslötKolben (32 V) mit innenbeheizter Lötspitze, integr. Temperatursensor für hohe Regelgenauigkeit kalibrierbar
- Nullspannungs-Regelschaltung
- inkl. 100-W-EntlötKolben, 100-W-LötKolben, Halterungen für Löt- und EntlötKolben mit Spiralwolle



STATION LF-8800 **279.00**

SMD-Heißluft-Rework-Station zum Bestücken und Entlöten von SMD-Bauteilen

- für unterschiedlichste Gehäuseformen, wie SOIC, QFP, BGA etc.
- einstellbarer Heißluft-Temperaturbereich von 100 bis 480°C
- Luftpumpe bis 23 l/min einstellbar
- digitale Anzeige für Soll- und Ist-Temperatur, Aufheiz-Anzeige
- inkl. Düsensatz, Ø 2,5/4,4/10,2/15,2 mm



STATION AT 850 **159.00**