

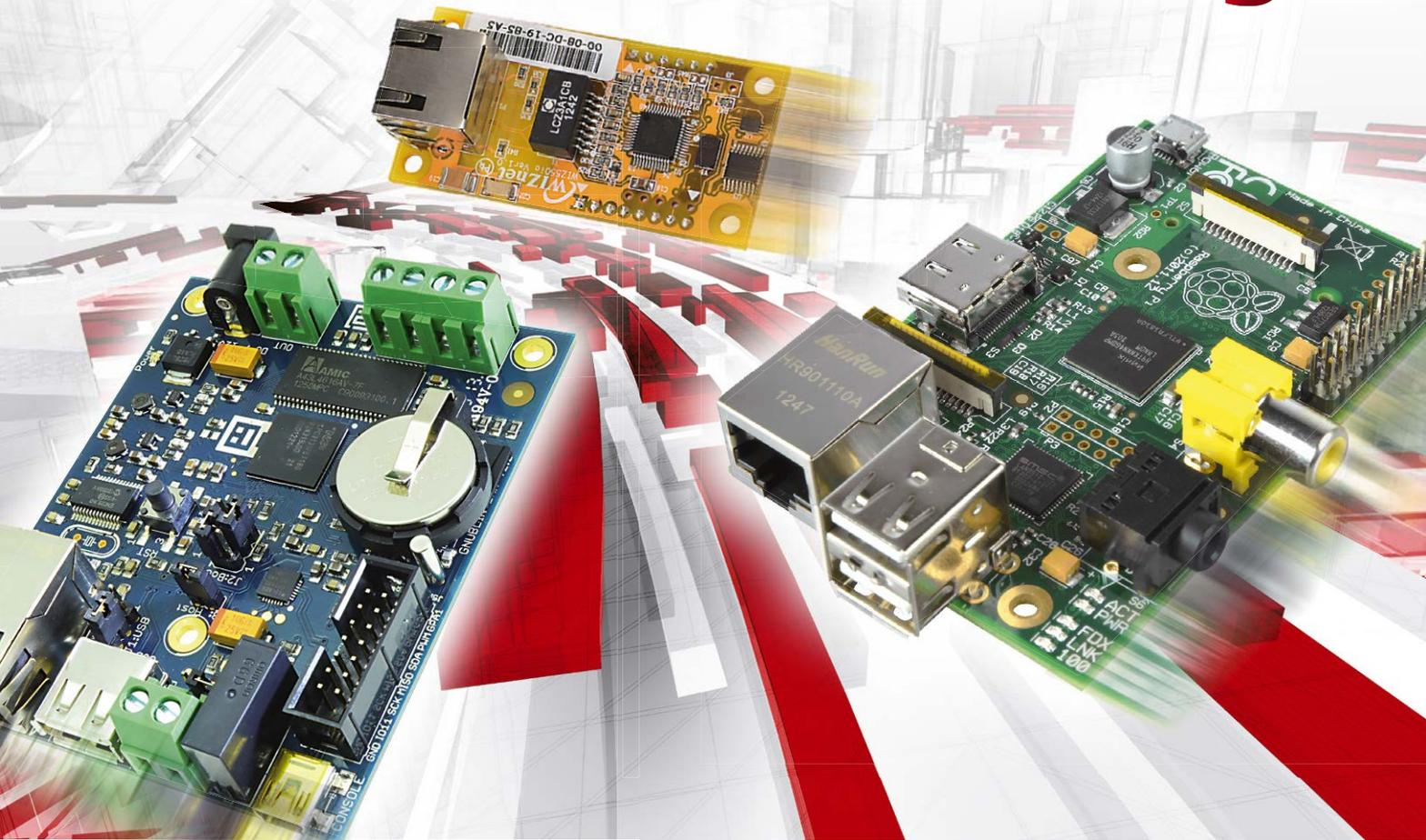
Neu: 8 Seiten mehr!

● magazine

März 2014 | Nr. 519

eLektor

Ihr Start ins Internet of Things!



- **Endstufe für Aktivboxen** | Modulare Geräte-Schnittstellen
- MPP-Lader für Solarmodule | **VU-Meter mit 60 LEDs** | Mini-Module für Steckplatten
- Netzteil-Tester** | DDS-Signalgenerator
- **Neues aus dem Labor** ● Retronik: Wechselspannungs-Netzgerät



WIZnet

CONNECT THE MAGIC 2014 DESIGN CHALLENGE

LAUNCH: MARCH 3 / DEADLINE: AUGUST 3

Your mission?

Join the IoT revolution by designing an innovative 'Net-enabled electronics system using WIZnet's WIZ550io Ethernet module or W5500 chip.

Your reward? **A share of \$15,000 in cash prizes** and worldwide recognition from WIZnet, Circuit Cellar, and Elektor!

Anyone with a WIZ550io Ethernet module or W5500 smart Ethernet chip is encouraged to participate. WIZnet is providing 2,000 complimentary WIZ550io Ethernet modules for all those who qualify! Requests are served on a first come, first served basis while supplies last. The competition starts on March 3, 2014 at 12:00 PM EST and ends on August 3, 2014 at 12:00 PM EST. Get started today!

www.circuitcellar.com/wiznet2014

WIZnet's WIZ550io module is a complete Ethernet solution that includes the W5500 smart Ethernet chip (10/100 MAC/PHY, hardware TCP/IP, 32KB RAM buffer) and network interface (transformer and RJ-45) along with built-in MAC and default IP addresses.

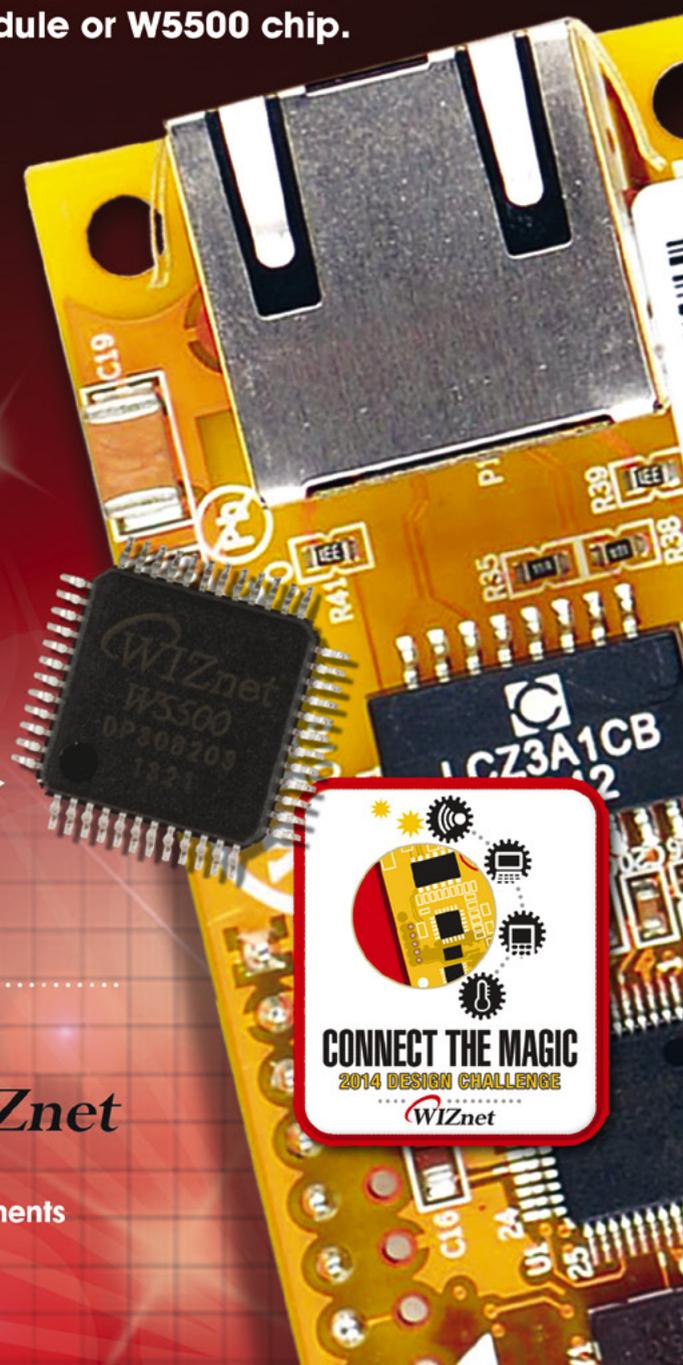
For technical support: wizwiki.net/forum

To purchase: shopwiznet.com or shop.wiznet.eu

POWERED BY



Sign up for CC.Post to receive announcements and notifications!



Sie wollen eine schnellere Analog-Entwicklung? PIC® MCUs mit „Intelligent Analog“ für einfachere Designs

Microchip's first PIC® MCUs with 16-bit ADC and 10 Msps 12-bit ADC



Mit einer leistungsstarken Kombination aus umfangreichen Analogfunktionen und geringer Stromaufnahme ermöglicht die PIC24FJ128GC010-Serie erhebliche Kosteneinsparungen gegenüber Multichip-Designs. Hinzu kommt ein geringeres Rauschen, schnellerer Datendurchsatz, kleinere Leiterplatten und eine schnellere Markteinführung.

Neben Microchips ersten 16-Bit-ADC und 10 MSPS 12-Bit-ADC enthält der PIC24FJ128GC010 auch einen DAC und Dual-Operationsverstärker, um präzise Analogdesigns zu vereinfachen. Der integrierte LCD-Treiber steuert Displays mit bis zu 472 Segmenten für informationsreiche Benutzeranzeigen an; mTouch™ kapazitive Touch-Sensorik sorgt für eine Berührungsteuerung.

Die PIC24FJ128GC010-Serie sorgt für geringeres Rauschen und eine beständigere Analog-Performance auf kleinem Raum. Für ein einfaches Prototyping müssen einfach nur Sensoren zum kostengünstigen Starterkit hinzugefügt werden.

EINFACHER START IN 3 SCHRITTEN:

1. Einsatz des kostengünstigen PIC24F-Starterkits für Intelligent Analog (DM240015)
2. Kundenspezifische Sensoren zum Analog-Header hinzufügen, um einen Prototypen zu erstellen
3. Re-Use und Modifizierung des Demo-Codes, um die Entwicklung zu beschleunigen

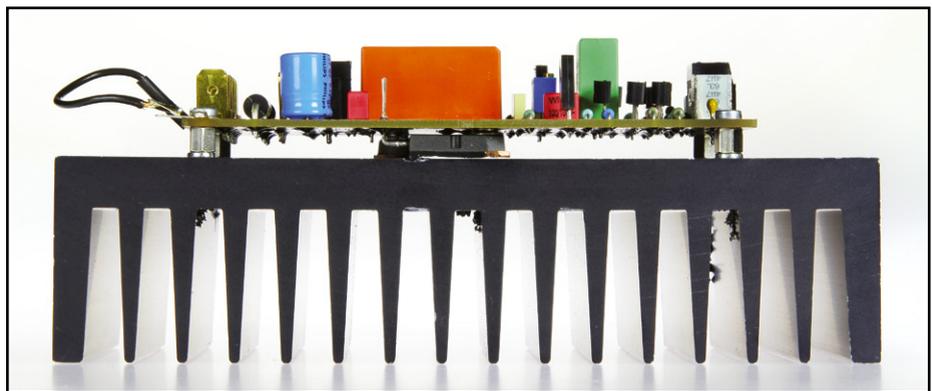
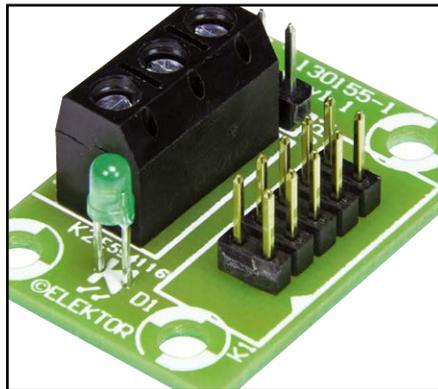


PIC24F-Starterkit für Intelligent Analog
(DM240015)

Weitere Informationen unter: www.microchip.com/get/euGC010



Microcontrollers • Digital Signal Controllers • Analog • Memory • Wireless



● Community

6 Impressum

8 Ein Protokoll für das Internet of Things!

Damit sich Sensoren und Aktoren verstehen, benötigt das Internet der Dinge noch ein gemeinsames Protokoll. Wir rufen alle Elektroniker auf, uns Ideen und Lösungen zuzusenden!

12 Aktuell

Elektor World – Leserbrief – News – Korrekturen

16 Wettbewerb: Ins Internet mit dem W5500 von WIZnet

Sind Sie bereit für das Internet of Things? Nehmen Sie mit Ihrem innovativen netzwerkfähigen Projekt am Wettbewerb „Connect the Magic“ teil und tragen Sie Ihren Teil zum IoT bei!

● Labs

50 DesignSpark Tipps & Tricks

In dieser Folge werden wir eine Platine zeichnen, die genau in ein bestimmtes Gehäuse passt.

56 Seltsame Bauteile: PTC-Sicherungen

Eine sich selbst zurückstellende Sicherung!

58 Die Qual der Wahl

Viele Projekte, die das Elektor-Labor erreichen, können leicht in einen typischen Elektor-Artikel umgewandelt werden, aber manchmal auch nicht. Manche Projekte haben es wirklich in sich!

59 Transformierte Platine

Ein neues Netzteil erblickte im Elektor-Labor das Licht der Welt...

60 Galileo: Intels Arduino

Einige Einsichten zu diesem besonders leistungsfähigen Arduino-Board.

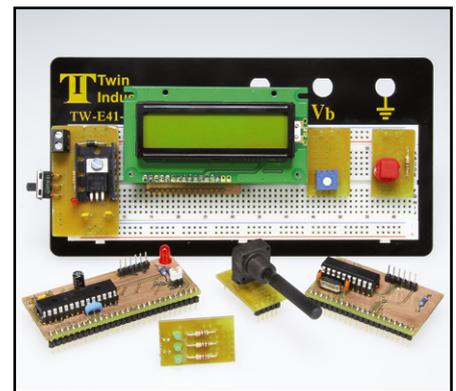
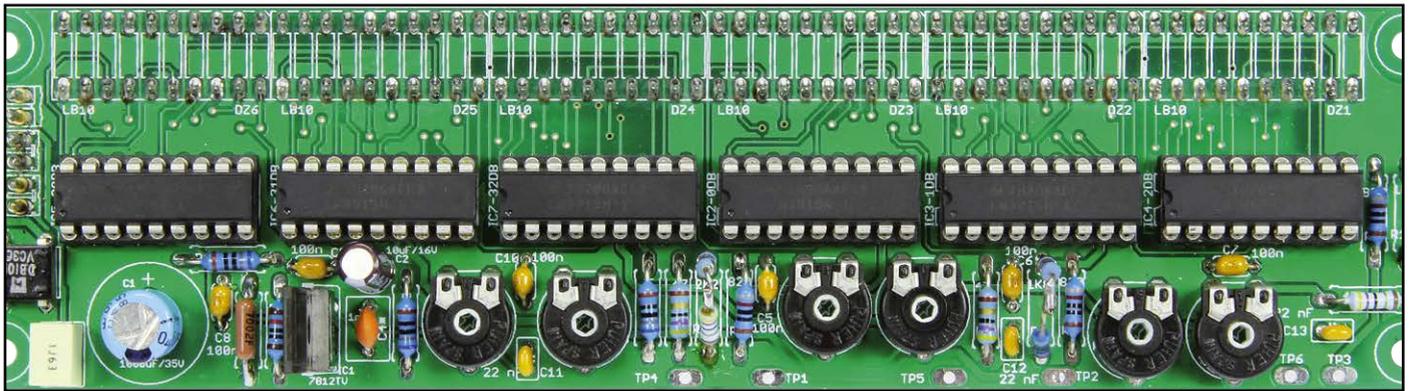
● Projects

22 High-Endstufe für Aktivboxen

Eine Aktivbox ist gegenüber ihrem passiven Pendant zwar deutlich aufwändiger, hat jedoch klare audiatechnische und damit klangliche Vorteile. Damit sich der Aufwand in Grenzen hält, wurde ein unkompliziertes Endstufenmodul entwickelt.

30 UART-Module

Sehr oft benötigt man für das eigene Projekt ein Geräte-Interface wie RS232, USB oder Bluetooth. Wenn man kleine, fertige Schnittstellen-Module einsetzt, spart man Entwicklungszeit und hält das Projekt flexibel. Die Austauschbarkeit der Module wird durch einen standardisierten Steckverbinder gewährleistet, der UART-Signale weitergibt. In diesem Artikel schlagen wir eine Spezifikation vor und zeigen ein erstes Modul, nämlich für die robuste RS485-Kommunikation.



36 MPPT-Solarlader

Wie holt man das Maximum an Leistung aus einem Solarmodul? Den „Maximum Power Point“ findet diese Schaltung mit Hilfe des Akkuwächter-Chips LT3652 von Linear Technology.

42 Mini-Module für Steckplatten

Viele Elektroniker arbeiten gern mit Steckplatten. Doch auf die Dauer ist es lästig, immer wieder die gleichen Komponenten einzustecken, zum Beispiel für die Stromversorgung, die Anzeige- und Bedienelemente oder den Mikrocontroller. Deshalb wurden hier einsteckbare Module konstruiert, gewissermaßen für den täglichen Bedarf...

54 Steckernetzteil-Tester

Das 50-Cent-Einweg-Steckernetzteil in der Kühlkiste im örtlichen Elektronikladen ist ein Schnäppchen, aber was gibt es von sich: Spannung, Strom, Polarität, Gleich- oder Wechselspannung?

62 ATmega im Internet (1)

Über das Internet mit einem Mikrocontroller zu kommunizieren ist einfach. Wir stellen ein System vor, bei dem als Brücke ins Netz ein Raspberry Pi verwendet wird.

68 LED-VU-Meter XXL

VU-Meter messen dynamisch die Amplitude von Audiosignalen und stellen sie visuell dar. Diese Version hat einen dynamischen Bereich von 60 dB, die Abstufung beträgt 1 dB.

74 DDS-Signalgenerator

Das Entwickeln anspruchsvoller Projekte ist auch ohne das heute gebräuchliche Handwerkszeug möglich. Hier geht es um einen DDS-Generator, der hochfrequente Signale bis in den Bereich mehrerer hundert Megahertz erzeugen kann.

78 Berechnung von Stromtransformatoren

Um Ströme zu messen setzt man meist mit einem Shunt den Strom in eine Spannung um, die dann

gemessen wird. Will man isoliert messen, kann man einen „Stromtransformator“ verwenden.

82 Messen mit Tastköpfen

Teure Tastköpfe haben eine „Masenfeder“, um die Masse mit einer möglichst kurzen Verbindung anzuschließen. So eine Feder kann man einfach selbst bauen!

● Magazine

84 Retronik

Wechselspannungs-Netzgerät (1984)

87 Hexadoku

Sudoku für Elektroniker

90 Vorschau

Nächsten Monat in Elektor

Impressum

45. Jahrgang, Nr. 519 März 2014
Erscheinungsweise: 10 x jährlich
(inkl. Doppelhefte Januar/Februar und Juli/August)

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.

Hauptsitz des Verlags

Elektor International Media
Allee 1, NL-6141 AV Limbricht

Anzeigen:

Margriet Debeij (verantwortlich)
Tel. 02 41/88 909-13 / Fax 02 41/88 909-77
Mobil: 0031 6 510 530 39
E-Mail: m.debeij@elektor.com

Julia Grotenrath

Tel. 02 41/88 909-16 / Fax 02 41/88 909-77
E-Mail: j.grotenrath@elektor.com

Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 44 ab 01.01.2014

Distribution:

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

Der Herausgeber ist nicht verpflichtet, unverlangt eingesandte Manuskripte oder Geräte zurückzusenden. Auch für diese Gegenstände keine Haftung übernommen. Nimmt der Herausgeber einen Beitrag zur Veröffentlichung an, so erwirbt er gleichzeitig das Nachdruckrecht für alle ausländischen Ausgaben inklusive Lizenzen. Die in dieser Zeitschrift veröffentlichten Beiträge, insbesondere alle Aufsätze und Artikel sowie alle Entwürfe, Pläne, Zeichnungen einschließlich Platinen sind urheberrechtlich geschützt. Ihre auch teilweise Vervielfältigung und Verbreitung ist grundsätzlich nur mit vorheriger schriftlicher Zustimmung des Herausgebers gestattet. Die veröffentlichten Schaltungen können unter Patent- oder Gebrauchsmusterschutz stehen. Herstellen, Feilhalten, Inverkehrbringen und gewerblicher Gebrauch der Beiträge sind nur mit Zustimmung des Verlages und ggf. des Schutzrechtsinhabers zulässig. Nur der private Gebrauch ist frei. Bei den benutzten Warenbezeichnungen kann es sich um geschützte Warenzeichen handeln, die nur mit Zustimmung ihrer Inhaber warenzeichengemäß benutzt werden dürfen. Die geltenden gesetzlichen Bestimmungen hinsichtlich Bau, Erwerb und Betrieb von Sende- und Empfangseinrichtungen und der elektrischen Sicherheit sind unbedingt zu beachten. Eine Haftung des Herausgebers für die Richtigkeit und Brauchbarkeit der veröffentlichten Schaltungen und sonstigen Anordnungen sowie für die Richtigkeit des technischen Inhalts der veröffentlichten Aufsätze und sonstigen Beiträge ist ausgeschlossen.

© 2014 elektor international media b.v.
Druck: Senefelder Misset, Doetinchem (NL)
ISSN 0932-5468

Ihr Start ins IoT!

Wenn Fachleute gleich eine ganze Revolution ausrufen, darf ein Elektor-Titel auch mal ein wenig marktschreierisch klingen. Die Rede ist vom vielzitierten Internet of Things, dem Internet der Dinge, das „alles mit allem“ vernetzen soll. In letzter Zeit bekomme ich nur noch wenige Pressemitteilungen zugesandt, in denen neue Mikrocontroller, Sensoren oder Tools nicht mit diesem Trend-Thema beworben werden. Und auch auf der kommenden „Embedded World“ wird uns das allumfassende Riesen-Netz wohl auf Schritt und Tritt begegnen. Es ist ja auch zu schön, was uns das Internet der Dinge verspricht: Mehr Komfort im Alltag, mehr Sicherheit auf der Straße, vor allem aber ein weit nachhaltigeres Wirtschaften, das die Umwelt gleichermaßen wie den Geldbeutel schont.

Das alles wissen Sie wahrscheinlich längst, und noch viel mehr Informationen darüber finden Sie zuhauf – natürlich! – im Internet. Doch wir wären nicht Elektor, wenn wir das Thema nicht auch von der praktischen Seite anpacken würden. Auf Seite 8 rufen wir zusammen mit der Open-Source-Zeitschrift *Embedded Projects Journal* und weiteren Partnern dazu auf, uns Ideen und Lösungen für ein einfaches IoT-Protokoll zuzusenden. Auf Seite 16 stellen wir das TCP/IP-Modul WIZ550io vor, mit dem sich eigene Elektronik ohne großen Aufwand vernetzen lässt. Und wie Sie sich eine ganz einfache Fernsteuerung übers Internet bauen können, zeigen wir auf Seite 62.

Wo wir schon beim Thema sind: Unsere Abo-Mitglieder haben mit diesem Heft unser erstes „Elektor Business Special“ als Gratis-Beilage erhalten. In dieser Ausgabe stellen wir neue Produkte aus dem immer größer werdenden Embedded-Markt vor. Neben der zunehmenden Vernetzung (siehe oben) fällt dort noch ein anderer Trend ins Auge. Klassische Einsteiger-Plattformen wie Arduino und Raspberry Pi werden inzwischen auch von Profi-Entwicklern genutzt. Zum Schluss noch ein Bonbon, das allen Lesern zugute kommt: Die normalen Elektor-Ausgaben sind ab jetzt 8 Seiten stärker. In der Internationalen Redaktion sind wir uns einig, dass der Zuwachs vor allem den kleineren Projekten zugute kommen soll.

Viel Spaß beim Lesen und Mit-Entwickeln!

Jens Nickel

Unser Team

Chefredakteur:	Jens Nickel (v.i.S.d.P.) (redaktion@elektor.de)
Ständige Mitarbeiter:	Dr. Thomas Scherer, Rolf Gerstendorf
Korrekturen und Leserservice:	Klaus Boda
Internationale Redaktion:	Harry Baggen, Jan Buiting, Denis Meyer
Elektor-Labor:	Thijs Beckers, Ton Giesberts, Wisse Hettinga, Luc Lemmens, Mart Schroyen, Jan Visser, Clemens Valens, Patrick Wielders
Grafik & Layout:	Giel Dols





Germany
Ferdinand te Walvaart
+49 241 88 909-17
f.tewalvaart@elektor.de



United Kingdom
Carlo van Nistelrooy
+44 20 7692 8344
c.vannistelrooy@elektor.com



Netherlands
Ferdinand te Walvaart
+31 46 43 89 444
f.tewalvaart@elektor.nl



France
Denis Meyer
+31 46 4389435
d.meyer@elektor.fr



USA
Carlo van Nistelrooy
+1 860-289-0800
c.vannistelrooy@elektor.com



Spain
Jaime González-Arintero
+34 6 16 99 74 86
j.glez.arintero@elektor.es



Italy
Maurizio del Corso
+39 2.66504755
m.delcorso@inware.it



Sweden
Carlo van Nistelrooy
+31 46 43 89 418
c.vannistelrooy@elektor.com



Brazil
João Martins
+31 46 4389444
j.martins@elektor.com



Portugal
João Martins
+31 46 4389444
j.martins@elektor.com



India
Sunil D. Malekar
+91 9833168815
ts@elektor.in



Russia
Nataliya Melnikova
+7 (965) 395 33 36
Elektor.Russia@gmail.com



Turkey
Zeynep Köksal
+90 532 277 48 26
zkoksal@beti.com.tr



South Africa
Johan Dijk
+31 6 1589 4245
j.dijk@elektor.com



China
Cees Baay
+86 21 6445 2811
CeesBaay@gmail.com

Unser Netzwerk



VOICE  COIL



audio  PRESS



Die Elektor-Community



Unsere Partner und Sponsoren



Beta Layout
www.beta-estore.com 21



Pico
www.picotech.com/PS247 11



LeitOn
www.leiton.de 13



Reichelt
www.reichelt.de 92



MCI
www.mci.edu 57



Schaeffer AG
www.schaeffer-ag.de 11



Microchip
www.microchip.com/get/euGC010 3



WIZnet
www.circuitcellar.com/wiznet2014 2

Sie möchten Partner werden?

Kontaktieren Sie uns bitte unter m.debeij@elektor.de (Tel. 0241 88 90 911).

Ein Protokoll für das Internet

Von **Jens Nickel** und **Benedikt Sauter**

Das Internet der Dinge wird unser Leben verändern. Wenn alles mit allem vernetzt ist, benötigt man eine gemeinsame Sprache; doch bisher ist man sich nur einig, dass Netz-Protokolle wie TCP/IP zum Einsatz kommen werden. Es fehlt ein einheitliches Protokoll auf Anwendungsebene, damit Sensoren und Aktoren beim Messen, Steuern und Regeln zusammenwirken können – und dies über Herstellergrenzen hinweg. Wir meinen: Eine ideale Aufgabe für die Community! Die Elektor-Leser und alle anderen interessierten Entwickler sind aufgerufen, uns Ideen und Lösungen zuzuschicken.

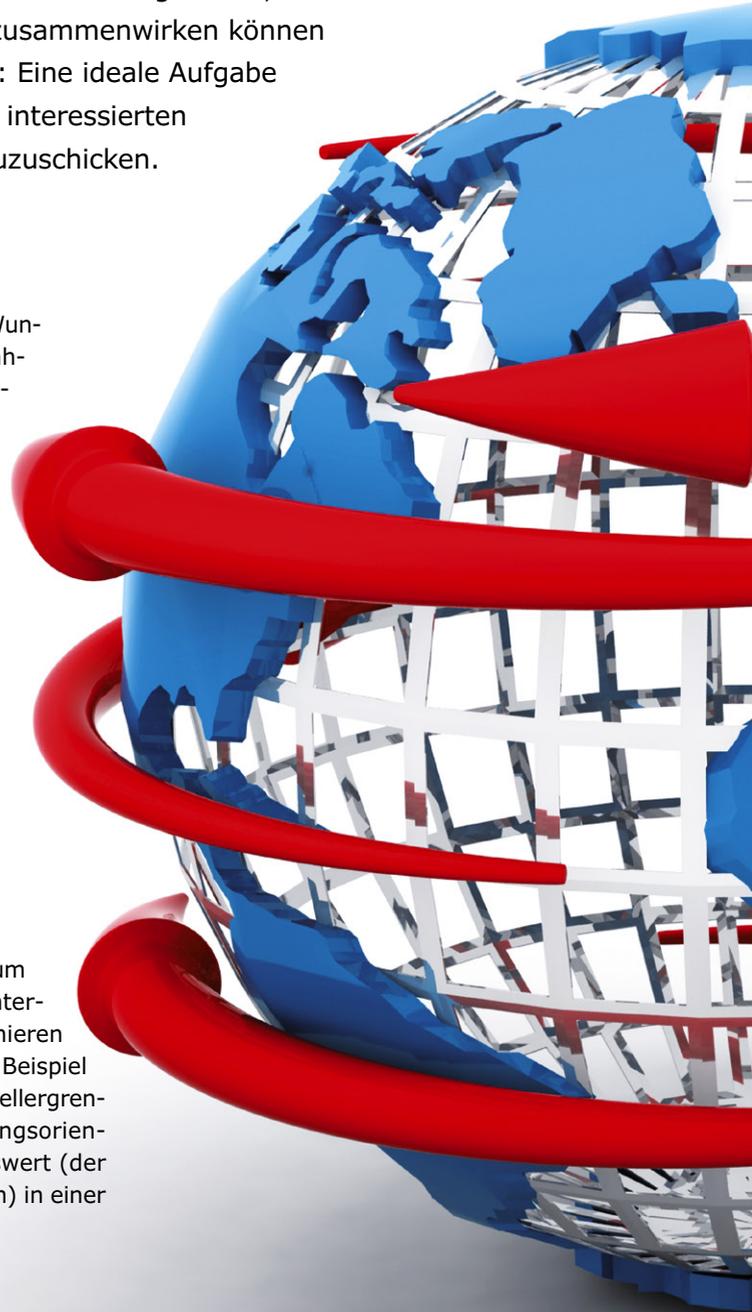
Das Internet of Things (IOT) ist gegenwärtig in aller Munde. Kein Wunder, denn die Vernetzung von Smartphones, Fahrzeugen, Stromzählern, Wettersensoren, Beleuchtungen, Heizungen, Haushaltsgeräten und vielem mehr eröffnet ungeahnte Möglichkeiten. Das IOT wird unser Leben noch sicherer und komfortabler machen und helfen, Energie und weitere Ressourcen möglichst effizient und umweltschonend einzusetzen.

Zwei Faktoren machen diese „vierte industrielle Revolution“ möglich. Zum einen werden Mikrocontroller zunehmend billiger, leistungsfähiger und stromsparender. Dies erlaubt es, immer mehr Geräte so intelligent zu machen, dass diese über ein Netzwerk miteinander kommunizieren können. Zum anderen hat IPv6 – die neue Version des „Internet Protocols“ (IP) – die Zahl der möglichen Internet-Adressen auf unvorstellbare 340 Trillionen mal Trillionen erweitert. Lichtschalter, LED-Beleuchtungen, Temperatursensoren und vieles mehr kann man nun von überall auf der Welt aus über eine eigene Adresse zugänglich machen.

Neben IP werden weitere bekannte Protokolle wie TCP und HTTP zum Einsatz kommen, damit die Teilnehmer am Internet der Dinge untereinander Nachrichten austauschen können. Diese Protokolle definieren allerdings nur einen Rahmen für die eigentlichen Daten (wie zum Beispiel Messwerte und Steuerkommandos). Damit sich Geräte über Herstellergrenzen hinweg verstehen können, benötigt man noch ein anwendungsorientiertes Protokoll. Dies definiert zum Beispiel wie ein Sensor-Messwert (der aus einer Zahl, einer Einheit und einem Zeitstempel bestehen kann) in einer Nachricht codiert werden muss.

Protokoll-Zoo

Unglücklicherweise gibt es im Moment eine große Zahl von unterschiedlichen Protokoll-Lösungen für die verschiedensten IOT-Einsatzbereiche. Manche



of Things!



davon sind sehr komplex, weil alle denkbaren Anwendungsfälle abgedeckt werden müssen. Gerade für kleinere Unternehmen wie Ingenieurbüros und Start-Ups, die einzelne IOT-Produkte auf den Markt bringen möchten, ist dieser Dschungel fast undurchschaubar.

Elektor und die Zeitschrift *embedded projects Journal* rufen daher die Community auf, gemeinsam ein einheitliches IOT-Protokoll zu entwickeln. Wir suchen eine Lösung, die einfach ist, so dass sie mit geringem Aufwand in eigenen Projekten eingesetzt werden kann und auch auf kleinen Mikrocontrollern „läuft“. Dass das gemeinsam entwickelte Protokoll danach von allen interessierten Entwicklern frei genutzt werden darf, versteht sich von selbst.

Randbedingungen

Das Internet der Dinge umfasst die verschiedensten Einsatzbereiche – vom Straßenverkehr bis zum Warentransport. Ganz bewusst wollen wir uns hier auf diejenigen Anwendungen konzentrieren, die für kleinere Unternehmen, Ingenieurbüros, Hochschulteam und Open-Source-Initiativen wichtig sind, um Produkte und Lösungen für das IOT beisteuern zu können. Wir haben daher ein paar Rahmenbedingungen für das Protokoll festgelegt:

- Zu Testzwecken soll man mit Teilnehmern per Standard-Browser kommunizieren können (Eingabe in der Adresszeile, Ausgabe im HTML-Fenster).
- Das Protokoll sollte daher ASCII-basiert und nicht binär sein.
- Als Datenrahmen sollten bekannte Formate wie JSON, XML o.ä. verwendet werden, die bereits in vielen Programmiersprachen unterstützt werden.
- Die Umsetzung soll auf einem Internetserver (PC, Tablet) oder Mikrocontroller erfolgen können.
- Eine Verschlüsselung der Kommunikation soll möglich sein.

Wir suchen Partner!

Ein allgemein verwendbares Protokoll zu etablieren ist eine große Aufgabe. Wir werden nur erfolgreich sein, wenn das Protokoll möglichst rasch von vielen Produkten (Hardware/Software) unterstützt wird. Deshalb haben wir bereits Partnerunternehmen gewonnen – und suchen noch weitere. Natürlich können auch Partner eigene Ideen einreichen!

Um Partner zu werden, müssen Unternehmen, Start-Ups und Open-Source-Initiativen nur wenige Bedingungen erfüllen (siehe www.iot-contest.com/index.php?content=partners). Die Teilnahme ist komplett kostenfrei!

Bisher sind die Partner dieser Initiative:

Embedded Projects (www.embedded-projects.net)

WIZnet (www.wiznet.eu)

TinkerForge (www.tinkerforge.com)

NetIO (<http://netio.davideickhoff.de>)

XTRONIC (www.appicals.de)



Darüber hinaus haben wir drei Anwendungsszenarien entworfen, für die sich das Protokoll eignen sollte. Diese „Use cases“ stammen aus den Bereichen Messtechnik/Labor, der Hausautomatisierung und der allgemeinen Gerätekommunikation (siehe www.iot-contest.com/index.php?content=infos).

Die eingesandten Ideen und Lösungen können sich auf diese Anwendungsfälle beziehen, sie müssen das aber nicht. Sicherlich gibt es noch weitere Anwendungen oder abweichende Ideen, die wir uns gemeinsam anschauen sollten. Gleiches gilt für die Rahmenbedingungen; auch diese stehen nicht unverrückbar im Raum, sondern sollen zu Diskussionen und der Ideenfindung anregen.

Selbstverständlich können auch bereits bestehende Protokolle als Lösungen eingereicht werden!

Roadmap

Bis zum 1. August 2014 sind alle interessierten Entwickler aufgerufen, uns über die Website

www.iot-contest.com Lösungen und Ideen einzusenden. Danach schließt sich eine Bewertungsphase an, in der wir – wissenschaftlich begleitet – die Lösungen diskutieren werden. Wer hier als Experte dabei sein will, kann sich bereits jetzt auf der Website für einen Newsletter registrieren. In der Bewertungsphase gilt es, aus der (vermutlich) breiten Palette von eingesandten Vorschlägen ein gemeinsames Protokoll zu extrahieren. Wie schon beschrieben haben wir uns dabei die Einfachheit auf die Fahnen geschrieben – das Ergebnis sollte mit allen Erklärungen auf ein Poster passen, das selbstverständlich für jedermann frei downloadbar sein wird.

Danach wird in kurzer Zeit Hardware und Software erhältlich sein, die unser IOT-Protokoll nutzt. Hierfür sorgen unter anderem die Partner dieses Projekts (siehe Kasten).

Wir werden Sie in den nächsten Ausgaben über die Initiative auf dem Laufenden halten. Bleiben Sie dran und machen Sie mit!

(130447)

FRONTPLATTEN & GEHÄUSE

Kostengünstige Einzelstücke und Kleinserien

Individuelle Frontplatten können mit dem Frontplatten Designer mühelos gestaltet werden.

Der Frontplatten Designer wird kostenlos im Internet oder auf CD zur Verfügung gestellt.

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



Preisbeispiel: 34,90 €
zzgl. Ust./Versand

Schaeffer AG · Nahmitzer Damm 32 · D-12277 Berlin · Tel +49 (0)30 805 8695-0
Fax +49 (0)30 805 8695-33 · Web info@schaeffer-ag.de · www.schaeffer-ag.de

Workshop-DVDs

LabVIEW meets μ C

NEU!

Eine praktische Einführung in LabVIEW

Das Programmpaket LabVIEW ermöglicht es, Messgeräte- und Prozesssteueroberflächen in kürzester Zeit auf dem PC zu entwerfen und zum Laufen zu bringen. Die notwendigen Kenntnisse für den Einstieg in LabVIEW sind gering – die erreichbaren Ergebnisse dagegen sehenswert.

In diesem neuen 2-teiligen Workshop erhält der Einsteiger im ersten Teil anhand von einfachen, praxisnahen Beispielen eine erste Übersicht über die Grundlagen und Entwicklungskonzepte von LabVIEW. Im Mittelpunkt des zweiten Teils steht dann die Realisierung einer ganz konkreten Anwendung.

Diese beiden DVDs enthalten den Videomitschnitt und die Dokumentation eines insgesamt 7-stündigen Workshops, den die Autoren des erfolgreichen Elektor-Mikrocontroller-Fernlehrgangs gehalten haben.



Inhalt:

- 7 Stunden Videomaterial auf 2 DVDs
- Die gesamte Präsentation als PDF-Datei
- Alle erstellten LabVIEW-Programme (LabVIEW-VIs)

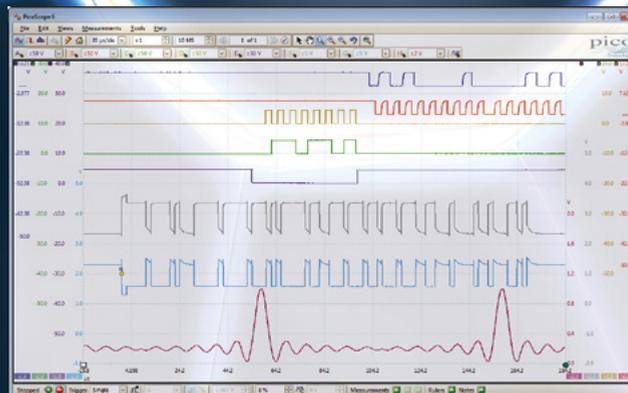
ISBN 978-3-89576-281-9

€ 39,80
CHF 49,40

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

8-KANAL PC-OSZILLOSKOP für nur 1688€

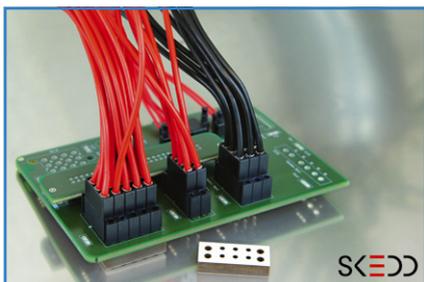
- Hohe Auflösung
- Versorgung über USB
- Großer Speicher



STANDARDMÄßIG INKL. AUTOMATISCHEN MESSUNGEN, SPEKTRUM-ANALYSATOR, SDK, ERWEITERTEN TRIGGERN, FARBIGEM NACHLEUCHTEN, SERIELLER DECODIERUNG (CAN, LIN, RS232, I²C, I²S, FLEXRAY, SPI), MASKENTESTS, MATHEMATIK-KANÄLEN. KOSTENFREIE UPDATES.

12 bit • 20 MHz • 80 MS/s
256 MS puffer • 14 bit AWG

www.picotech.com/PS247



Steckverbinder ohne Sockel

Würth Elektronik stellt mit der SKEDD-Technologie ein System zur Verbindung von Kabeln mit Platinen vor, das weder Löten noch Sockel erfordert und zudem sicher und wieder lösbar ist. In herkömmlichen Anwendungen werden Kabel oder Komponenten über eingepresste oder gelötete Sockel mit einer Platine verbunden. Mit Hilfe der SKEDD-Technologie können Einzelkabel, Steckverbinder und andere Komponenten direkt, das heißt ohne ein Adapterteil, mit der Leiterplatte verbunden werden. Die spezielle Form des Kontaktes sowie der Verriegelungsmechanismus des SKEDD-Gehäuses gewährleisten eine sichere elektrische und mechanische Verbindung.

www.we-online.com/web/de/intelligente_systeme/neu_skedd/startseite.php

Mailbox

LED-Leuchtstofflampen-Ersatz

Elektor 1-2/2014, S. 108 (130403)

Sehr geehrter Herr Dr. Scherer, heute früh habe ich beim Frühstück Ihren Artikel „Leuchtstofflampen-Ersatz“ entdeckt und schmunzelnd gelesen. Vor einigen Tagen habe ich beim Aldi auch solch eine LED-Lampe gekauft; mit dem Gedanken ein billiges und stromsparendes Leuchtmittel zu bekommen. Allerdings bin ich gänzlich anders vorgegangen. Zuerst mit dem Ohmmeter beide Seiten gemessen. Eine Seite Kurzschluss zwischen den Stiften, die andere Seite einige hundert Ohm.

Dann habe ich eine Drossel für eine 11-Watt-Leuchtstofflampe im Bastellager gesucht und gefunden. Es könnte ja sein, dass die Drossel zur Strombegrenzung erforderlich ist. Da aber eine 11-Watt-Drossel für einen Strom von 155 mA ausgelegt ist, ist diese auch sehr niederohmig. Dann also an 230 V entsprechend angeschlossen und sofort leuchtete die „Röhre“ hell. Danach den Strom gemessen in der Drossel und auch die zugehörigen Spannungen: Nur 11 mA und an der Röhre ungefähr 150 Volt. Dann habe ich die Röhre ohne Drossel mit einem Stelltrafo von 0 auf 230 Volt hochgefahren. Bei über 120 Volt „zündete“ die Röhre und der Strom blieb nahezu konstant bis auf 230 Volt. Das heißt man kann die Röhre direkt ans Netz schalten.

Den nächsten Tag habe ich für 7,99 Euro pro Stück die letzten zwei Röhren gekauft. Übrigens steht auf der Verpackung, dass man keine Leuchten mit elektronischem Vorschaltgerät verwenden darf. Nun habe ich also einseitig gesockelte LED-Leuchten mit gutem Wirkungsgrad.

Klaus Gockenbach

Sehr geehrter Herr Gockenbach, das freut mich, dass Sie eine ganz ähnliche Erfahrung gemacht haben wie ich ;-).

Übrigens habe ich noch weitere LED-Röhren anderer Hersteller „in lang“ (=120cm) gekauft. Und siehe da: Die waren intern anders beschaltet. Hier waren die Wendelanschlüsse auf beiden Seiten kurzgeschlossen und die Elektronik steckte dazwischen. Hier also darf überhaupt kein Starter gesteckt sein, weder ein „richtiger“ noch die Pseudoversion mit Kurzschluss.

Dr. Thomas Scherer

LF CSP-Chip verdrahtet montiert

Elektor 1-2/2014, S. 76 (120246)

Liebe Kollegen von Elektor, mit Interesse habe ich gesehen, dass ich nicht der einzige bin, der sich über Mini-Chips ärgert, die nur schwer zu verarbeiten sind. Ich habe während der Entwicklung einer MOSFET-PA (Amateurfunk) etwas zu viel Rückleistung in meinen FA NWT01 DDS Generator gekriegt und den Ausgangsverstärker zerstört (AD8000).

Zu meinem Entsetzen erwies sich der Chip als 3 mm x 3 mm „großes“ Monster mit acht Anschlüssen ohne Pins, zudem war auch noch eine der 100 µm „starken“ Leiterbahnen am Ausgang zerstört.

Aber um allen Lesern Mut zu machen: Man kann so etwas von Hand aus- und einlöten!

Dazu braucht es

- einen guten LötKolben mit feiner Spitze (Weller)
- einen Heißluftkolben
- ein Mikroskop
- eine Lupe

Ich habe drei Anläufe gebraucht für das Auslöten/ Einlöten:

- Board hochkant einspannen.
- Unterseite (Masse Bodenfläche) mit dem LötKolben erwärmen.
- Chip brutal mit dem Heißluftkolben gleichzeitig auslöten (dabei fliegen evtl. ein paar 603 er mit davon...).
- Lötflächen reinigen.
- Eine extrem geringe Menge Lötpaste auf die Massefläche geben.
- Chip aufsetzen (unter dem Mikroskop); an zwei Punkten anlöten (man kommt mit einer dünnen Spitze noch an die Lötunkte ran), dabei Chip mit Zahnstocher festhalten!
- Danach die anderen Kontaktstellen mit ganz wenig Lötzinn (0,5 mm Lötdraht geht noch und zwar besser als Paste!) anlöten und Lötstellen überprüfen.
- Anschließend Platine umdrehen und die Masse/ Rückseite verlöten.

Mit der Zeit bekommt man Übung; beim dritten Mal habe ich das Aus- und Einlöten in rund 15 Minuten geschafft. Danach konnte die defekte Leiterbahn durch einen extrem dünnen Draht ersetzt werden. Auch das geht! Mein DDS-Generator funktioniert wieder als wäre nichts gewesen – übrigens sind die Chips erstaunlich robust. Eines der wichtigsten Tools bei dieser Übung ist der Zahnstocher: spitz, billig, antistatisch!

Edwin Richter – DC90E

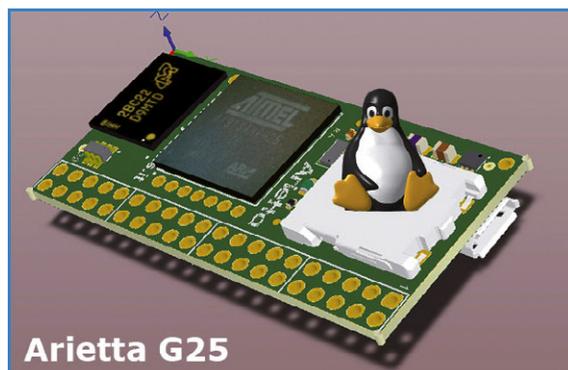
Mini-System mit Linux

Mikrocontroller-Boards werden immer kleiner und können immer mehr. Ein Beispiel für diese Evolution ist das Mini-Board Arietta G25. Das Board gibt es in zwei Versionen; in der besseren Version wird es schon mit WLAN bestückt und mit einer 4-GB-microSD-Karte samt vorinstalliertem EmDebian Linux ausgeliefert.

Das nur 50 x 25 mm messende Board ist mit Atmels 400-MHz-ARM9-SoC SAM9G25 und 128 MB DDR2-RAM bestückt. Der microSD-Slot ist 32-GB-ready. Das Board hat weder Ethernet noch einen Video-Ausgang.

Ein paar technische Daten:

- Controller: Atmel AT91SAM9G25 (ARM9-Core @ 400 MHz)
- Speicher: 128 MB DDR2-RAM
- microSD-Slot: Karten bis 32 GB, bootbares Linux
- WLAN: optional, 802.11b/g/n, RaLink RT5370N
- USB 2.0 high-speed Host
- USB 2.0 high-speed Host/Device
- USB 2.0 full-speed Host
- 3x UART
- I²C
- SPI (3-Chip-Select)
- 6x PWM
- 4x A/D-Eingang (10 bit)
- Serieller Debug-Port
- Frei konfigurierbare LED
- Feld für Header, 20 x 2 Pins, RM 1/10"
- Stromversorgung: 3,3 V (nicht 5-V-tolerant)
- OS: Linux 3.13 (bootfähiges EmDebian Grip Linux 7.3 „Wheezy“).



www.acmesystems.it/arietta

Korrekturen & Updates

Virtueller Kamin

Elektor.Post Projekt Nr. 24 (130274)

Aus Gründen der elektrischen Sicherheit wurde die Platine neu erstellt (Version 1.2), diese kann man hier downloaden: www.elektor-magazine.de/130274.

Außerdem ist durch die Übersetzung leider ein Fehler in den Artikel gelangt: Wenn man wie beschrieben für R9 und R11 Drahtbrücken einsetzt, wird die Netzspannung kurzgeschlossen und wir haben einen klassischen Fuse-Destroyer aufgebaut. Bei einer Netzspannung von 230 V müssen R9 und R11 entfallen. Für R10 dagegen muss man eine Drahtbrücke nur dann einsetzen, wenn ein Trafo mit zwei 115-V-Primärwicklungen zum Einsatz kommt. So etwas ist in Europa zwar weniger gebräuchlich, aber es gibt durchaus solche Trafos im Handel. Bei Trafos mit „normaler“ 230-V-Wicklung kann R10 beziehungsweise die Drahtbrücke weggelassen werden (muss aber nicht).

Slow Start Stabilisator

Elektor 7-8/2013, S. 74 (130173)

Im Artikeltext wird (falsch) beschrieben: „Beim Anlegen der Eingangsspannung sorgt C3 zunächst dafür, dass am Verbindungspunkt R2, R3 eine Spannung nahe 0 Volt liegt. Dann wird C3 über R3 in ungefähr 20 ms geladen, so dass die Ausgangsspannung, wie die Grafik zeigt, langsam ansteigt.“

Richtig ist: Beim Einschalten wird zuerst die Referenzspannung plus die Dioden-Flussspannung von D1 am Ausgang anliegen (etwa 2 Volt, wie im Oszilloskop-Bild zu sehen ist), und nicht 0 Volt. Dann wird C3 langsam aufgeladen.

Anzeige

UNSER WICHTIGSTES WERKZEUG

LEITERPLATTEN WEITER GEDACHT.



SCHNELLE VIELFALT IST BESSER!
Online kalkulieren. Online bestellen.

LEITON
RECHNEN SIE MIT BESTEM SERVICE

Wir denken weiter. Als lösungsorientiertes Unternehmen möchten wir unsere anspruchsvollen Kunden immer wieder mit neuen Ideen und sinnvollen Innovationen begeistern. **Als ein führender Online-Anbieter von Leiterplatten** bieten wir erstklassige Leistungen in den Bereichen **Service, Fairness, Technologie, Auswahl, Komfort, Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit.** Unsere Webseite bietet eine enorme Auswahl an Lösungen in der Online-Kalkulation sowie weiterführendes Wissen, Informationen und Entwicklerwerkzeuge. Und sollte einmal etwas sehr Ausgefallenes gefordert sein, finden wir gerne **Ihre persönliche Lösung.** Sie können bei LeitOn immer mit bestem Service rechnen.

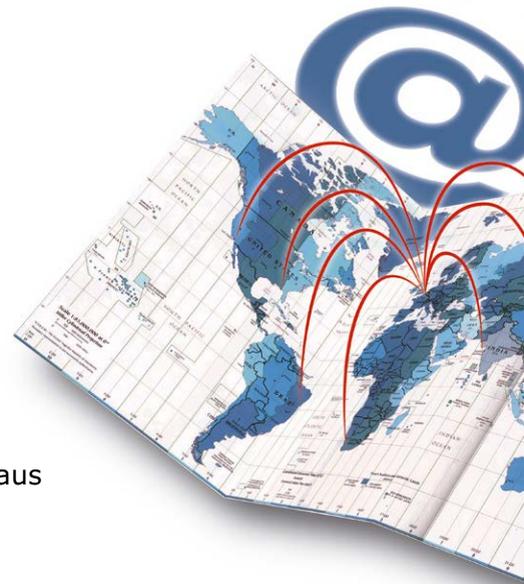
www.leiton.de

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

Elektor World

Zusammengestellt von
Wisse Hettinga

Jeden Tag, jede Stunde, jede Minute, ja, in jedem Augenblick schaffen, optimieren, rekonstruieren und entwickeln Ingenieure und Enthusiasten neue Elektronik. Hauptsächlich zum Spaß, aber manchmal wird aus Spaß (beruflicher) Ernst...



Wer schaut mir da in den Kühlschrank?

Glaukt man den Prophezeiungen für 2014, so wird das Jahr den Durchbruch für das Internet of Things bringen. Ihr Kühlschrank, Ihr Auto, Ihre Audio-Geräte, alles, was dazu in der Lage ist, wird auf intelligente Weise miteinander kommunizieren. Das erfordert drastische Sicherheitsmaßnahmen. So lese ich gerade, dass Hacker einen Kühlschrank missbraucht haben, um Zugang zu einem Home-Automation-System zu erlangen.

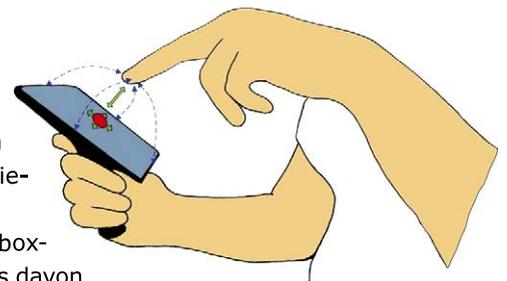
Elektor arbeitet mit der spanischen Firma Intelligent SOC bei der Entwicklung eines „Secure Internet Chips“ zusammen, der das Messen, Steuern und Regeln über das Internet sichern kann. Ganz ins Blickfeld rücken hier Carlos Ponce de León mit Maria und Jaime von Elektor bei der Vertragsunterzeichnung. Bei Elektor sind wir mit den technischen Vorarbeiten für die Realisierung dieses einzigartigen Projekts beschäftigt. Voraussichtlich in der Aprilausgabe von Elektor werden wir einen Wettbewerb starten - 25.000 \$ Preisgeld für den ersten erfolgreichen Hack!



Nur winken, nicht anfassen!

Jean-Noel Lefebvre fuhr mehr als 700 km von Lyon in Frankreich nach Limbricht in den Niederlanden. In seinem Auto war eine Box - und in dieser eine weitere Box, um die „Ootsidebox“ zu demonstrieren.

Jean-Noel ist längstjähriger Elektor-Leser. Er ist auch ein „Out-of-the-box-Denker“; ihm fallen deshalb stets die interessantesten Projekte ein. Eines davon ist das Ootsidebox-Projekt: Ein kapazitiver Rahmen, der um einen Tablet-PC angebracht wird. Er erkennt und berechnet die Bewegung der Hand und ermöglicht die vollständige Steuerung des PCs mit einfachen Gesten. Sie müssen nur noch winken! Das heißt, Sie können Spiele spielen, ohne den Bildschirm zu berühren. Wenn Sie Programmierer sind, fallen Ihnen vielleicht noch tausend andere Anwendungen ein: von hygienischen Steuerungen bis zu eiskalten Situationen, wenn Sie nicht Ihre Handschuhe ausziehen möchten, um das Tablet zu bedienen. Wir haben mit Jean-Noel ein neues Projekt vereinbart, das Ihnen zeigen soll, wie Sie diese Gestensteuerung in Ihren eigenen Projekten und Systemen einsetzen können. Später im Jahr werden wir hoffentlich einige neue Anwendungen des Ootsidebox-Projekts präsentieren.





Raspberry im Einsatz

Unternehmungslustige Mitarbeiter zweier sehr unterschiedlicher US-Hochschulen haben eines gemeinsam: Sie entwickelten Raspberry-Pi-basierte Lösungen für Kommunikationsprobleme, mit denen sich ihre Studenten herumärgern. Beide Projekte sind online in Circuit Cellar (bit.ly/LHjmHD) zu sehen und sollen komplett in den nächsten Ausgaben der Zeitschrift beschrieben werden.

Das Salish Kootenai College (SKC) in Pablo (Montana) und der Campus Penn Erie The Behrend College in Erie, Teil der altherwürdigen Pennsylvania University, könnten unterschiedlicher nicht sein. Der Hauptcampus des SKC befindet sich in der Flathead-Reservation, die meisten der rund 1400 Studenten sind Angehörige dreier Indianerstämme. Das Penn State Behrend ist ein schnell wachsender Campus mit etwa 4300 Studenten aus den großen Städten Pennsylvanias.

Jeder Campus hatte ein Problem. Beim SKC hatten Wohnheim-Bewohner schlechten Zugang zum Internet. Am Penn State Behrend verzweifelten Studenten an den unberechenbaren Fahrtzeiten des neu eingeführten Campus-Shuttle-Buses. Der IT-Director des SKC, Al Anderson und sein Team, verdrahtete die Schlafräume, um den Studenten einen besseren Ethernet-Service zu bieten. Ein RPi-System dient nun dazu, potenziell schädliche Temperaturen in den Staufächern der Schlafräume zu überwachen. An der Penn State Behrend bauten Professor Chris Coulston und sein Team einen automatischen Fahrzeug-Lokalisierer (AVL), mit dem sich der Weg des Shuttle-Buses auf einer Webseite verfolgen lässt, welche sich die Studenten auf ihren Smartphones ansehen können. Die Basisstation des Systems besteht aus einem Wireless-Modem an einem RPi, der als Webserver läuft, um Smartphone-Requests zu bearbeiten.

Die Basisstation des Penn State Behrend Bus-Trackers besteht aus einem Sandwich von Raspberry Pi, Schnittstellenkarte und WLAN-Modem.



Die Raumzeit-Existenz des Null-Ohm-Widerstands

Jeden Monat berichten wir über das Leben der Bauelemente. Wir tun dies zusammen mit der Designspark-Initiative bei RS Components. Im Januar und Februar 2014 diskutierte ich die Existenz des 0-Ohm-Widerstands. Thomas Scherer, regelmäßiger Elektor-Mitarbeiter und Elektronik-Entwickler wurde davon angeregt und ließ seine Gedanken auf die nächste Ebene wandern - Richtung Unendlichkeit. Wenn Sie anfangen, über den 0-Ohm-Widerstand zu philosophieren, gelangen Sie schnell zur Realität der unendlichen Kapazität und der Ohnehendry-Induktivität. Schnell gelangen Sie zu einem neuen 3-in-1-Bauteil, der *Zerfinite*. Es hat sowohl keine als auch unendliche Werte und arbeitet gleichermaßen als Widerstand, Kondensator und Spule. Mit einer solchen Komponente können wir problemlos Filter mit unendlicher Bandbreite in einem Zeit-Raum-Moment von Null und überall erschaffen! Neue und spannende Produkte lassen sich damit entwerfen. Great stuff, eine neue Technologie ist geboren!

Ich werde RS Components direkt kontaktieren und vorschlagen, das neue Bauteil dem Sortiment hinzuzufügen, so dass Sie es schnell bestellen und damit experimentieren können. (Wenn Sie sich jemals gefragt haben, womit wir so unsere wertvolle Zeit vertrödeln – jetzt wissen Sie es!)



Connect the Magic

Eine Einführung in den W5500 von WIZnet

Von **Tom Cantrell** (USA)

Sind Sie bereit für das Internet of Things (IoT)? Sie können mit Ihrem innovativen netzwerkfähigen Design am Wettbewerb WIZnet „Connect the Magic“ teilnehmen und so Ihren Teil zum IoT beitragen. Vorher sollten Sie aber diese umfassende Einführung in WIZnets intelligenten Ethernet-Chip W5500 und das WIZ550io-Modul lesen!



Ich freue mich über die wachsende Verbreitung von Low-Cost-Einplatinencomputern, mit denen jeder an eigenen

Embedded-Anwendungen basteln

kann. Wie von Zauberhand verwandeln sich bloße Nutzer in Macher!

All diese Einplatinencomputer haben bestimmte gemeinsame Eigenschaften. Die Hardware selbst ist kostengünstig, es gibt eine Vielzahl von Zusatz-Produkten und Add-ons, die Tools wie Compiler und IDE sind kostenlos und einfach zu bedienen. Vor allem aber existiert eine große Community, die Wissen und Erfahrungen teilt. Ich habe mit populären Plattformen wie Arduino, Launchpad von Texas Instruments, ARM mbed, Parallax und anderen gearbeitet (**Bild 1**). Alle machen es möglich, schnell und einfach überraschend anspruchsvolle Anwendungen zu entwi-

ckeln. Und alle haben lebendige Benutzergruppen, die viele nützliche Ressourcen (Tools, Beispiele, Beratung) miteinander teilen.

Jetzt ist es Zeit, all diese Applikationen zu einem Internet of Things zu verknüpfen. Von WIZnet kommt einer der intelligentesten Ethernet-Chips. Der W5500 (**Bild 2**) besitzt eine 10/100-Ethernet-Schnittstelle (MAC und PHY), große RAM-Puffer (je 16 KB beim Senden und Empfang) und eine Hardware-TCP/IP-Protokollverarbeitung [9]. Ich kenne den ersten Chip von WIZnet, den W3100, seit 2001 [1]. Natürlich ist der aktuelle W5500 besser, schneller und kostengünstiger. Aber das Konzept ist immer noch genau das gleiche: Mikrocontroller-Anwendungen internet-fähig zu machen und die lästigen Aufgaben des Networkings in der Hardware zu übernehmen, so dass die Software des Mikrocontrollers davon verschont bleibt.

Die großen RAM-Puffer helfen, den Mikrocontroller komplett von Netzwerkaktivitäten abzukoppeln. In einem aktuellen Projekt [2] habe ich den RAM-Speicher zur Speicherung einer mehr als 10 KB großen Webseite eingesetzt, so dass es völlig überflüssig für den Mikrocontroller wurde, mit Daten auf Netzwerkgeschwindigkeit zu jonglieren. Und jeder Speicher auf dem Chip, der nicht als Netzwerk-Puffer benötigt wird, ist frei für den allgemeinen Gebrauch, ein großes Plus bei Mikrocontrollern mit ihrem immerzu beschränkten RAM.

Sehr hilfreich ist die TCP/IP-Verarbeitung mit IP-Adressen, Sockets und bekannten Befehlen

WIZnet-Wettbewerb Connect the Magic

3. März 2014 – 3. August 2014.

Besuchen Sie CircuitCellar.com/wiznet2014:

- Fordern Sie kostenlose WIZ550io-Module an
- Erfahren Sie alles über Registrierung und Teilnahme am Wettbewerb
- Lernen Sie die Regeln und Bedingungen kennen
- Finden Sie alles über die Gewinne heraus
- Und mehr..



wie OPEN, CONNECT, SEND, RECEIVE und DISCONNECT. Die High-Level-Schnittstelle zum Netzwerk entlastet die Programmverarbeitung im Mikrocontroller und den Programmspeicher, der sonst für einen Software-TCP/IP-Stack benötigt würde.

WIZ550io im Überblick

Das WIZ550io-Modul in **Bild 3** integriert alles, was Sie brauchen, um online zu gehen. Der Anschluss des WIZ550io-Modul an Ihren Lieblings-Mikrocontroller ist einfach. Es gibt ein SPI (MISO, MOSI, SCLK, SCSn), drei Status/Steuerleitungen (RESEn, RDY, INTn) und die Spannungsversorgung. Das Suffix „n“ deutet übrigens an, dass das Signal aktiv Low ist. Der WIZ550io arbeitet mit 3,3 V, die Moduleingänge sind aber 5-V-tolerant.

Ihr Controller sollte einen schnellen Hardware-SPI-Port (bis 80 MHz) besitzen, um die hohe Geschwindigkeit des WIZnet-Moduls ausnutzen zu können. Wenn die Schnittstelle emuliert werden muss, ist weniger auch in Ordnung, da die W5500-RAM-Puffer auch mit langsamen Mikrocontroller-Verbindungen umgehen können. Ob Sie die drei Steuerleitungen verwenden oder nicht, bleibt Ihnen beziehungsweise Ihrer Applikation überlassen. RESEn führt einen Hardware-Reset des Moduls durch, aber der automatische Power-On-Reset wird in der Regel ausreichen. Alternativ können Sie mit ein wenig Hausarbeit (speichern Sie die aktuellen Netzwerkparameter!) einen Software-Reset auslösen.

Nach dem Hardware-Reset (Einschalten oder RESEn) wird der Ausgang RDY nach einer für die interne Modul-Initialisierung notwendigen Verzögerung von 50 ms aktiv. Anstatt RDY zu überwachen ist es einfacher, eine Software-Verzögerung beim Start der Anwendung zu programmieren. Der INTn-Anschluss hilft bei der Implementierung einer Interrupt-gesteuerten Schnittstelle. Die Software kann bestimmte Ereignisse wie Datentransfer, Socket Disconnect oder Verlust der Verbindung definieren, die einen Interrupt-Request auslösen. Da aber der W5500 die meisten Netzwerk-Aktivitäten übernimmt, ist es kaum erforderlich, den Mikrocontroller in seinem Lauf aufzuhalten. Das Netzwerk funktioniert im Hintergrund, so dass die Interrupts frei bleiben für Echtzeitaufgaben, bei denen sie wirklich benötigt werden.

Wie oft haben Sie schon ein Projekt nahezu fertig gehabt und dann entdeckt, dass Sie doch noch eine weitere I/O-Leitung benötigen? Der W5500 bietet einen optionalen „fixed transfer length SPI“-Mo-

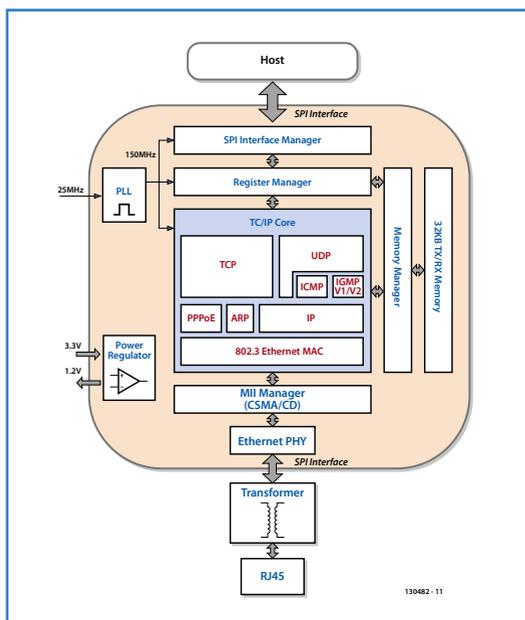


Bild 1. Der WIZnet W5500 ist ein Ethernet-Chip mit großen RAM-Puffern und Hardware-TCP/IP-Protokollverarbeitung, was jedem Mikrocontroller den Weg ins Netz ebnet.



Bild 2. Zaubertricks sind einfach, wenn Sie alle Asse im Ärmel haben.

us, wenn der ChipSelect-Eingang (SCSn) auf Masse liegt. Allerdings unterstützt der Fixed-Modus nur kurze Transfers (1, 2 oder 4 Byte) und nicht die beliebig großen Blocktransfers. Betrachten Sie diesen Modus nur als letztes Mittel, wenn Sie wirklich verzweifelt sind und sonst keine I/O-Leitung mehr herauskitzeln können.

Ohne Kabel

Daten schnell und weit zu verbreiten ist das Erfolgsrezept des Ethernets. Es erfordert allerdings eine Menge Energie (100 mA und mehr), nur um den Link (PHY enabled) zu halten. Glücklicherweise besitzt der W5500 einen Standby-Modus, der PHY deaktiviert. Dies reduziert



Bild 3. Das WIZ550io-Modul hat alles, was man zu PnP braucht: Trafo, RJ45 und MAC-Adresse.

Bild 4.
Die Garagentor-Überwachung hängt über einem Netzspannungsadapter am Heimnetzwerk.



Bild 5.
Alles, was Sie für eine passive PoE-Lösung brauchen, sind einige billige Splitter-Kabel und ein variables Netzteil.



Bild 6.
Preisgünstige mobile HotSpots wie dieser TP-Link-NanoRouter machen es einfach, Ethernet-zu-WLAN ohne Software-Änderungen zu konvertieren.



Bild 7.
Das Garagentor macht sein Ding!

die Stromaufnahme des W5500 und auch den des nicht mehr verlinkten Partners auf ein Zehntel. Wenn sich in der Nähe Ihrer Anwendung eine Steckdose befindet, haben Sie die Möglichkeit, die Daten huckepack über die Netzleitung zu verschicken. Genau dies habe ich bei meinem Garagentor-Wächter (**Bild 4**) getan. Starterkits für eine solche „Powerline-Communication“ (PLC) sind schon für weniger als 50 € im Handel. Wenn Sie sich an die frühen wackeligen Tage der Powerline-Kommunikation erinnern, seien Sie beruhigt, die neuste Generation dieser Geräte arbeitet sehr zuverlässig. Da diese neuen Adapter Audio/Video-Streaming beherrschen (müssen), funktionieren auch grenzwertige Verbindungen (wie von der Signalqualitäts-LED des Adapters angezeigt) sehr gut mit meinen Applikationen von

geringer Bandbreite. Übrigens kümmern sich der Powerline-Adapter und/oder der W5500 selbst um die Lösung von Problemen wie der automatischen Wiederholung von beschädigten/verlorenen Paketen!

Sollte keine Steckdose greifbar sein, so ist Power-over-Ethernet (PoE) die perfekte Lösung für Anwendungen wie Überwachungs-Webcams oder VoIP-Telefone. Die weite Verbreitung solcher Anwendungen hat die Kosten für die notwendige 802.3af-PoE-Hardware stark fallen lassen, Router gibt es für weniger als 100 €, Module liegen unter 10 €.

Eine noch einfachere Variante ist „Passive PoE“, die die vier freien Leitungen eines Standard-Ethernet-Kabels für die Stromversorgung nutzt (siehe **Bild 5**). Beachten Sie, dass dies nicht mit Gigabit-Ethernet (das alle acht Adern verwendet) oder mit „Active PoE“ nach IEEE-Standard 802.3af funktioniert, sondern nur mit stinknormalen 10/100.

Sie müssen den Spannungsabfall vor allem bei langen Kabelstrecken (bis zu 100 m) und/oder hohen Stromlasten berücksichtigen. Verwenden Sie den „PoE-Calculator“ aus dem PoE-Blog von Stephen Foskett [3], um den Spannungsabfall je nach Kabellänge und Anforderungen abzuschätzen.

Alternativ können Sie natürlich auch die Applikation aufbauen, über ein langes Kabel an ein Labornetzgerät anschließen und den Spannungsabfall über dem Kabel messen. Stellen Sie aber sicher, dass Ihr Gerät dabei voll aktiv ist, also den maximalen Strom zieht.

Gedankenleser

Wenn Sie eine drahtlose Betriebsweise vorziehen, lässt sich eine Applikation auch mit einem preiswerten WLAN-Adapter ans Netz anschließen. Der von mir verwendete NanoRouter von TP-Link (**Bild 6**) ist sehr vielseitig und kennt fünf verschiedene Konfigurationsoptionen: Router, Access Point, Bridge, Repeater und Client. Das angeschlossene Ethernet-Gerät kann entweder auf ein vorhandenes drahtloses Netzwerk zugreifen oder Sie können auch ein zusätzliches Netzwerk mit eigener SSID erstellen.

Dank des technischen Fortschritts wird der duale Ansatz von Ethernet plus WLAN immer erschwinglicher. Der WIZnet-Online-Shop [7] bietet das Modul WIZ550io für 16,66 €, den W5500-Chip für nur 2,38 € an. TP-Links sind für weniger als 20 € zu haben [8]. Das ist im Vergleich zu anderen

Embedded-WLAN-Lösungen sehr wenig.

Und noch ein Vorteil: Die große Vielfalt von populären WLAN-Lösungen (Broadcom, Gainspan, Microchip, Texas Instruments und viele mehr) mit jeweils eigenen Fähigkeiten und einzigartigen Befehlen hat eine Kehrseite. Der Versuch, für alle WLAN-Chipsätze passende Treiber zu schreiben und zu unterhalten, bereitet Kopfschmerzen. Mit dem dualen Ansatz ist es einfach, Ethernet-Anwendungen (jede App, jede Plattform) einfach ins WLAN zu verlegen. Einfach mit dem TP-Link verbinden und alles ist erledigt, ohne eine einzige Zeile Code zu ändern – ich liebe diesen Zaubertrick!

Speicher in der Karte

Jeder möchte gerne ein *Master of the IoT Universe* am Browser sein. Schauen Sie einmal **Bild 7** an, so sieht die Webseite meines Garagentors aus. Aber man kann das Problem sehen, oder vielmehr, man kann es nicht sehen. Wo sind die hochauflösenden Grafiken, die das pixel-abgestumpfte Internet-Volk erwartet? Da es keine Möglichkeit gibt, Megabytes HTML/JavaScript/JPGs in den Mikrocontroller zu stopfen, müssen Sie selbst externen Speicher hinzufügen.

Das beliebteste Add-On ist eine MicroSD-Karte, die wie der W5500 über den SPI-Bus zum Controller Kontakt aufnimmt. So benötigt man nur einen zusätzlichen Pin für Chip-Select! Verwendet man einen Standard-Dateisystem-Treiber wie FAT kann man viel von der Entwicklung und Erprobung der „Website“ auf einem PC erledigen. Wenn Sie fertig sind, stecken Sie einfach die SD-Karte in das IoT-Gadget.

Zur Prototypenentwicklung können Sie das WIZnet-ioShield (**Bild 8**) verwenden, ein Baseboard für das WIZ550io-Modul, das eine SD-Kartenbuchse umfasst. Es gibt ioShields für verschiedene Plattformen (Arduino, Launchpad, mbed, ...), die mit ihren 0,1"-Pfeifenverbindern sehr anwenderfreundlich sind.

In den Wolken

Da Ihr Browser ein Client ist, wäre es dann nicht sinnvoll, wenn sich jede IoT-Anwendung als Server präsentieren würde? Nicht unbedingt, denn ein Server muss permanent im Netz sein. Viele IoT-Anwendungen wie meine Garagentor-Überwachung werden aber nur ab und an gebraucht. Und während sie in einem LAN prima funktioniert, kann es Probleme geben, sie über Firewalls, ISP-Einschränkungen, wechselnden IP-Adres-

sen und dergleichen hinweg aus einem WAN zu erreichen. Außerdem: Möchten Sie wirklich die Außenwelt in der Nähe Ihres LAN lassen? Vielleicht sollten solche IoT-Anwendungen ja besser Clients sein.

Aber wie bekommt man zwei Clients (das IoT-Gerät und den Browser) dazu, miteinander zu reden? Die Lösung ist ein dazwischen geschalteter Server, mit freundlicher Unterstützung eines „Device Cloud“-Anbieters wie Xively (ehemals Pachube), Exosite, DeviceHub, ThingSpeak, Nimbits, XOBXOB und so weiter und so fort [4].

Ähnlich wie WIZnet den Controller von der Netzwerkarbeit entlastet, erleichtern diese Dienste in puncto Datenspeicherung und Visualisierung das Leben für die IoT-Anwendung. Schicken Sie einfach Ihre Rohdaten zum Cloud-Server, und der Service archiviert und präsentiert sie im Browser als Grafik. Senden Sie eine E-Mail, Text oder eine Warnmeldung, ganz wie sie wollen. Sie benötigen dazu nicht einmal spezielle Web-Programmierwerkzeuge oder Know-how.

Technische Möglichkeiten und Anmutung der verschiedenen Cloud-Services unterscheiden sich zwar, aber im Großen und Ganzen arbeiten sie in einer ähnlicher Weise. Um Daten in die Cloud zu schicken, schickt der IoT-Client dem Cloud-Server



Bild 8. Wenn Sie einen ausgefallenen Server mit vielen Eye-Catchern mögen, ist eine MicroSD-Karte der richtige Weg. Die WIZnet-ioShields verfügen über die Kartenaufnahme und sind für verschiedene Plattformen verfügbar. Hier ist die Arduino-Version zu sehen.

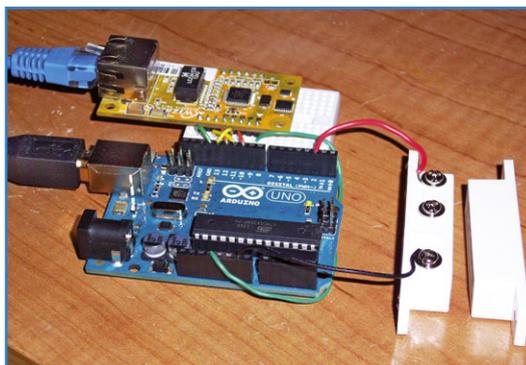
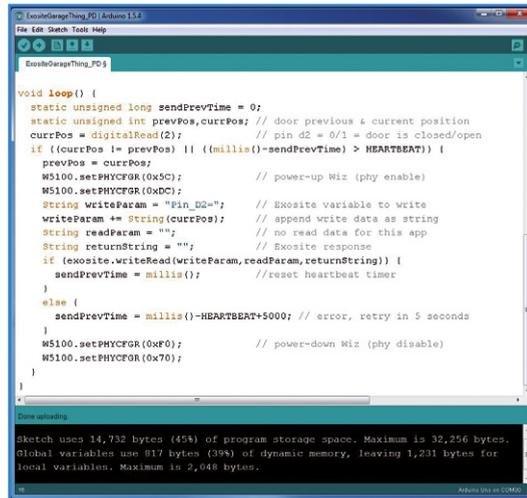


Bild 9. Prototyp der Client-Version meines Garagentor-„Things“.



```
void loop() {
  static unsigned long sendPrevTime = 0;
  static unsigned int prevPos, currPos; // door previous & current position
  currPos = digitalRead(2); // pin d2 = 0/1 = door is closed/open
  if ((currPos != prevPos) || ((millis() - sendPrevTime) > HEARTBEAT)) {
    prevPos = currPos;
    W5100.setPHYCFGR(0x5C); // power-up Wiz (phy enable)
    W5100.setPHYCFGR(0xDC);
    String writeParam = "Pin D2="; // Exosite variable to write
    writeParam += String(currPos); // append write data as string
    String readParam = ""; // no read data for this app
    String returnString = ""; // Exosite response
    if (exosite.writeRead(writeParam, readParam, returnString)) {
      sendPrevTime = millis(); // reset heartbeat timer
    }
  } else {
    sendPrevTime = millis() - HEARTBEAT + 5000; // error, retry in 5 seconds
  }
  W5100.setPHYCFGR(0xF0); // power-down Wiz (phy disable)
  W5100.setPHYCFGR(0x70);
}
```

Bild 10. Es gibt eine Exosite-Bibliothek für Arduino, die den Zugriff auf die Cloud denkbar einfach macht.

einen Request mit den Daten (Variablenamen und Wert) in der URL. Um Daten aus der Cloud zu bekommen, sendet das IoT-Gerät einen Request mit der Variablen und empfängt die Daten in der Server-Antwort.

Ich habe den Prototyp einer Client-Version der Garagentorüberwachung (**Bild 9**) mit einem Arduino samt WIZ550io [5] mit Exosite verbunden. Ich versorge den WIZ550io aus der 3,3-V-Betriebsspannung des Arduino. Das klappt bei neueren Arduinos (UNO R3) mit einem 150-mA-Regler gut. Ältere Arduinos stellen nur 50 mA zur Verfügung, so dass ein Shield mit 3,3-V-Spannungsversorgung erforderlich ist.

Der Arduino-Code (**Bild 10**) in einer Schleife überprüft, ob der Zustand des Tors sich ändert oder es an der Zeit ist, einen „Herzschlag“ zu senden. Dann braucht es nur wenig mehr als einen Funktionsaufruf (exosite.writeRead), um den Torzustand in die Exosite-Cloud zu schreiben. Auf der Exosite-Webseite erstellt man kostenlos ein Developer-Konto, dann ist es ein Kinderspiel, Devices, Data, Events und Alerts zu konfigurieren (**Bild 11**).

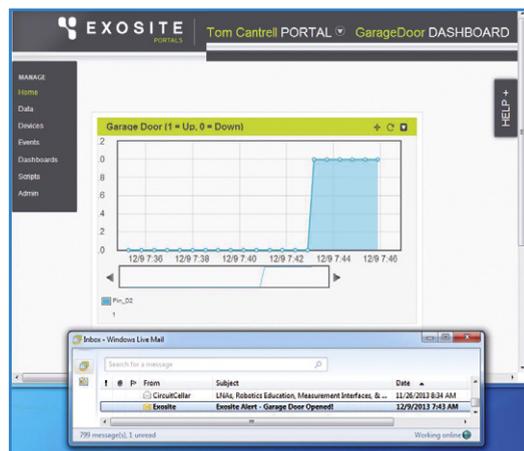


Bild 11. Es dauert nur ein paar Minuten, um ein einfaches Exosite-Dashboard mit E-Mail-Alarm einzurichten. Ich kann mein Garagetor „sehen“ und dies aus dem hintersten Winkel des Webs.

Bei einem Client muss der Ethernet-Link nicht dauernd mit Spannung versorgt werden. Daten müssen nur gesendet werden, wenn das Garagetor öffnet oder schließt (und es empfiehlt sich, ein regelmäßiges Funktions-Signal, eben den Herzschlag zu senden). Mein Garagetor-Monitor erzeugt pro Tag nur ein oder zwei Minuten Netzwerkaktivität für Torzustandsänderungen und Stundenherzschläge. So lässt sich viel Energie im Vergleich zu einem 24/7-Server sparen.

Quellen und Weblinks

- [1] I-Way the Hard Way: T. Cantrell, Circuit Cellar 135, 2001.
- [2] Weatherize Your Embedded App: T. Cantrell, Circuit Cellar 273, 2013.
- [3] Power Over Ethernet Calculator (Blog von S. Foskett): <http://blog.fosketts.net/toolbox/power-ethernet-calculator>
- [4] IoT Data Broker und Cloud Service Provider: <http://postscapec.com/companies/iot-cloud-services>
- [5] Bezugsquellen WIZnet „Connect the Magic“: <http://wizwiki.net/wiki/doku.php?id=connectthemagic>
- [6] Exosite Device Cloud: www.exosite.com

Hardware

- [7] W5500 Ethernet-Controller: www.wiznet.eu
- [8] TL-WR702N 150 Mbps Wireless N NanoRouter: www.tp-link.com

Über den Autor

Tom Cantrell (microfuture@att.net) arbeitet seit mehreren Jahren als Entwickler auf Chip-, Board- und System-Ebene und im Marketing.



Bild 12. Der Spinneret-Web-Server 2.0 von Parallax ist eine der ersten Plattformen mit dem W55

Ans Werk

Auf der Website „Connect the Magic“ von WIZnet finden Sie alle Zutaten für Ihre IoT-Zaubershow. Es gibt Unterstützung für die WIZnet-Hardware (W5500, WIZ550io und ioShields) sowie Links zu W5500-Treibern und Demos für Third-party- und Open-source-Hardware einschließlich Arduino, Launchpad, mbed und Parallax (**Bild 12**). Der W5500 arbeitet auch mit einigen interessanten Plattformen, die ich vorher noch nie

benutzt habe. Cookie und chipKIT sind Einplatinencomputer im Arduino-Format, die ARM-Cortex und Microchip-PIC32-Mikrocontroller verwenden. GR-KURUMI ist eine japanische Variante des mbed (webbasierte Tools) mit einem Renesas-Controller. Es gibt sogar eine BSD-Socket-Bibliothek auf der Basis des UC Berkeley-Open-Source-UNIX-Derivats.

(130482)

Anzeige



eSTORE
Beta LAYOUT

Entwickeln, Lötén, Bestücken

ab € 129,00*



Reflow-Controller

V2

V3 PRO

Big Beta-Reflow-Kit



€ 129,00*

ERSA Lötstation i-CON NANO



€ 198,00*

Schablonendrucker für kleine SMD-Schablonen



€ 139,00*

Pinzettensatz



€ 19,90*

* inkl. MwSt. und zzgl. Versandkosten

www.beta-eSTORE.com

25 Jahre Beta
LAYOUT
create:electronics

eSTORE® ist eine eingetragene Marke der Beta LAYOUT GmbH

High-Endstufe für Aktivboxen

Kompakter Verstärker zum „Aktivieren“ von Lautsprechern



Von
Alfred Rosenkränzer
(D)

Eine Aktivbox ist gegenüber ihrem passiven Pendant zwar deutlich aufwändiger, hat jedoch klare audiatechnische und damit klangliche Vorteile. Damit sich dieser Aufwand in Grenzen hält, wurde ein unkompliziertes Endstufenmodul entwickelt. Nebst passender aktiver Frequenzweiche kann man davon zwei, drei oder vier Stück in eine Box einbauen (je nach Zwei-, Drei oder Vierwegesystem) und durch ein einziges Netzteil versorgen.

In Lautsprecherboxen, die mehr als einen einzigen Breitbandlautsprecher beherbergen, stecken in der Regel passive Frequenzweichen, die aus (im besten Fall) dicken, fetten Luftspulen und nicht ganz preiswerten Folienkondensatoren aufgebaut sind. Sie haben die Aufgabe, die spektrale Energie passend an Tief-, Mittel- und Hochtöner zu verteilen, wenn es sich um einen klassischen Dreiwegelautsprecher handelt. Für Stereoklang benötigt man daher bei passiven Systemen zwei Endstufen. Bei einer Aktivbox hingegen ist jeder Lautsprecher an einem eigenen Verstärker angeschlossen und die Frequenzweiche ist „aktiv“ -

sie arbeitet also mit Transistoren oder Opamps und sitzt vor den jeweiligen Endstufen.

Vor- und Nachteile

Der Hauptnachteil aktiver Lautsprecherboxen ist der Aufwand: Für zwei Dreiwegelautsprecher benötigt man in der aktiven Variante eben sechs statt der üblichen zwei Endstufen. Dieses Mehr an Elektronik macht Aktivboxen teurer und deutlich seltener. Selbst im High-End-Segment sind aktive Systeme nicht unbedingt die Regel. Abgesehen davon überwiegen die technischen und somit die audiophilen Vorteile aktiver Kon-

zepte: Zum einen ist es ein Riesenvorteil, dass die Lautsprecher über kurze Leitungen direkt mit dem Ausgang „ihrer“ Endstufe verbunden sind. Man spart sich nicht nur dicke und damit gleichermaßen teure wie nicht so einfach verlegbare Lautsprecherkabel. Dadurch dass in Aktivboxen eben keine Spule und kein Kondensator in Serie mit den einzelnen Lautsprechern liegt, ist nicht nur die Dämpfung der Lautsprecher optimal, sondern entfallen auch die Verzerrungen, die durch hohe Ströme an passiven Bauteilen hervorgerufen werden können. Dies gilt besonders bei billigen passiven Frequenzweichen, die statt mit hochwertigen und entsprechend teuren Luftspulen und Folienkondensatoren mit preiswerteren Spulen mit Ferritkernen und bipolaren Elkos aufgebaut sind. Was weiter für aktive Lösungen spricht: Man kann bei aktiven Frequenzweichen mit geringen Kosten steilere Frequenzgänge = bessere Trennungen der Frequenzbereiche realisieren und zudem auch noch Besonderheiten wie Phasenkorrekturen etc. ermöglichen. Bei 2.1-Systemen benötigt der Subwoofer keinen Speziallautsprecher mit zwei Schwingspulen, da eine aktive Frequenzweiche die tieffrequenten Signale für den einzelnen Woofer sehr simpel zu einem Kanal mit einer Endstufe addieren kann. Wer im Internet oder auf der Elektor-Webseite nach Frequenzweichen fahndet, der wird eine Menge unterschiedlicher Weichenkonzepte für alle denkbaren Anwendungen finden. Bevor es Missverständnisse gibt: Es gibt passive Lautsprecher, die klanglich voll überzeugen. Nicht jede aktive Box ist allein schon deshalb besser. Auf jeden Fall aber lässt sich eine passive Box

durch „Aktivierung“ in Form des Ersatzes der passiven durch eine aktive Weiche samt der notwendigen Endstufen prima tunen. Dieser Unterschied ist mehr als nur messbar...

Endstufenkonzepte

Gegenüber einer passiven Box enthält ein aktives Lautsprechersystem eine Menge Elektronik. Eine externe Lösung würde einen Vorteil eines aktiven Systems reduzieren: die kurzen Leitungen und die damit verbundene hohe Dämpfung. Außerdem ergäben die für ein externes Dreiwegsystem notwendigen sechs dicken Litzen zu den Lautsprechern einen unästhetischen Drahtverhau. Es hilft also nichts: Die Elektronik muss zusätzlich zu den Lautsprechern in deren Gehäuse und daher ist der zur Verfügung stehende Platz in aller Regel begrenzt.

Der Platz limitiert auch an anderer Stelle: Endstufen im „Killerwatt“-Bereich nebst zugehörigem Netzteil sind zu voluminös. Man tut daher gut daran, sich für heimisches Hören auf Klasse statt auf Masse zu besinnen und sich nicht von einer unnötigen Wattomanie anstecken zu lassen. Für Wohnzimmer-kompatible Aktivlautsprecher sind also eher Endstufen mit sehr guten technischen Daten und eher kleineren bis mittleren Leistungen gefordert, die kompakt und einfach sind.

Weiter ist es wichtig, dass man mehrere dieser Endstufen an einem einzigen Netzteil betreiben kann, ohne dass diese sich gegenseitig beeinflussen. Schließlich sorgen Bassimpulse dafür, dass entsprechende Stromimpulse vom Netzteil fällig werden, was durchaus zu Spannungs-

Technische Daten:

Kompakte Qualitätsendstufe für Aktivboxen

Maximale Eingangsspannung:	0,62 V für 23 W an 8 Ω
Ausgangsleistung (bei ±25 V):	34 W an 4 Ω; 23 W an 8 Ω
Versorgungsspannung:	±25 V für 4 Ω; ±42 V für 8 Ω
Bandbreite (1 W an 8 Ω):	16,4 Hz bis 230 kHz (-3 dB)
S/N (Signal/Rausch-Verhältnis):	>100 dB (22 Hz bis 22 kHz)
S/N (1 W an 8 Ω):	>103 dB(A)
THD (Verzerrungen):	<0,1% (34 W / 4 Ω; 23 W / 8 Ω)
THD + N (mit Rauschen):	0,0023 % (1 kHz; 1 W / 8 Ω)
THD + N (B = 22 kHz):	0,006% (11 W / 8 Ω)
	0,006% (1 W / 4 Ω)
	0,015% (17 W / 4 Ω)
Dämpfungsfaktor:	>600 (1 kHz)
Dämpfungsfaktor (1 W an 8 Ω):	>400 (20 kHz)
Ausgangs-Offset-Spannung:	54 mV

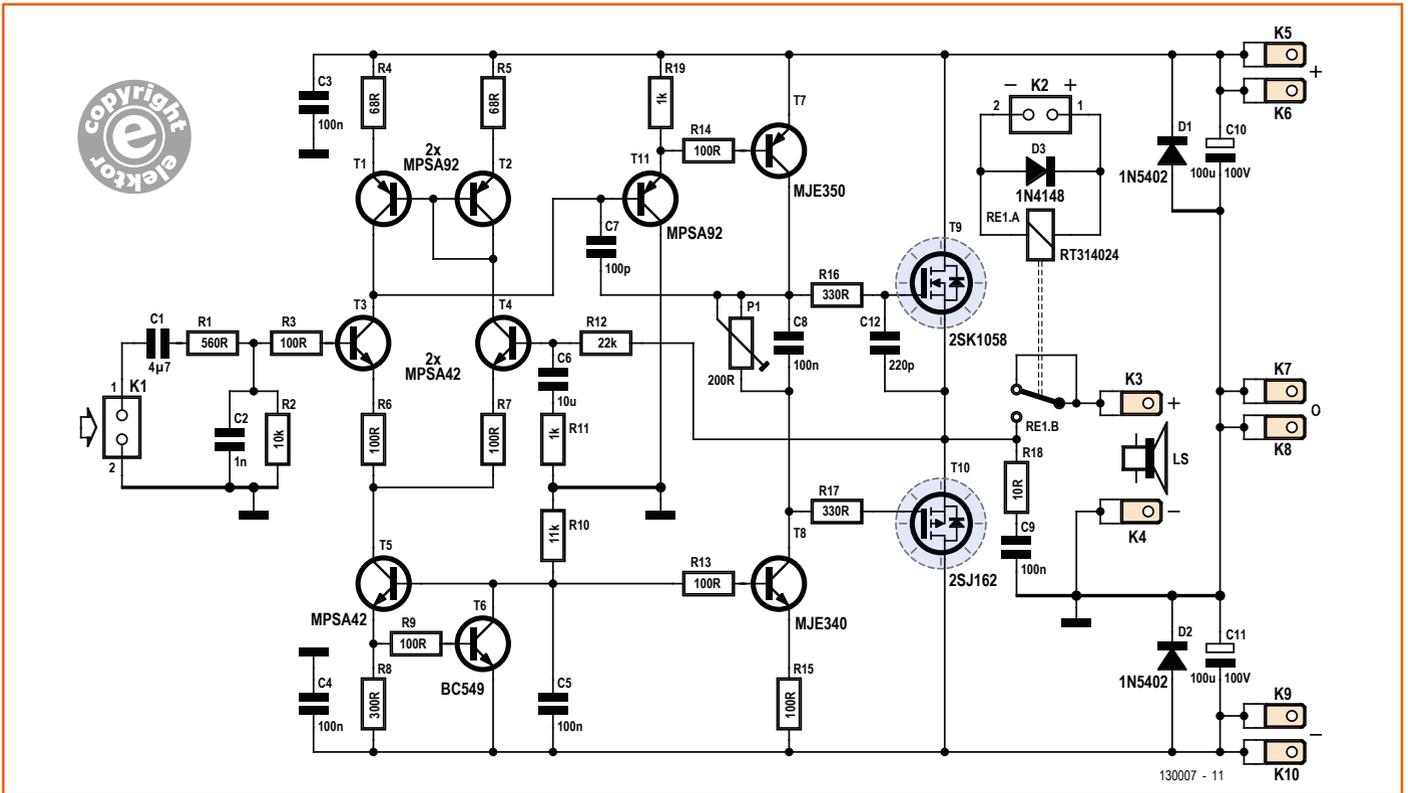


Bild 1.
Der Schaltplan der kompakten High-Endstufe.

schwankungen führen kann. Diese sollten nicht zu Beeinträchtigungen des Mittel- oder Hochtonkanals führen. Andernfalls wäre pro Endstufe auch noch ein eigenes Netzteil erforderlich – man kann es auch übertreiben.

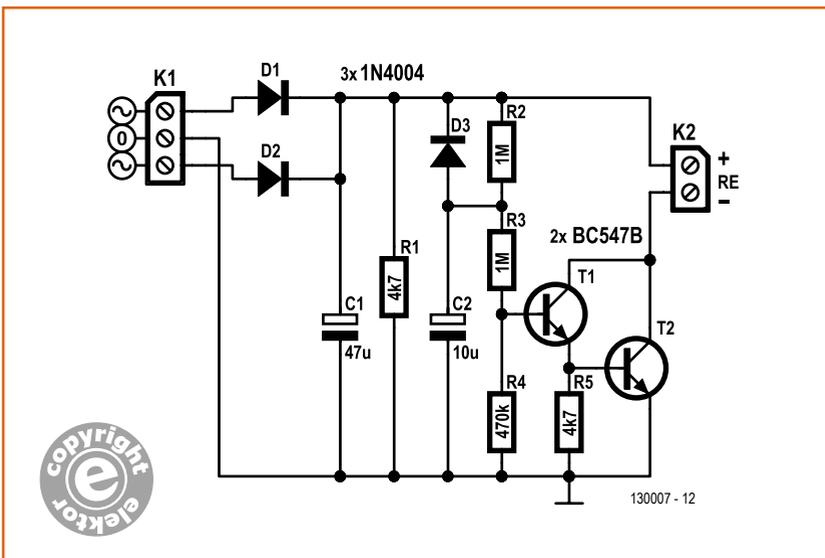
Bild 2.
Die Ansteuerung der Relais ist recht einfach.

Passend zu diesen Anforderungen hat der Autor einen modularen Endverstärker entwickelt, der sich sehr gut für den Einsatz in Aktivboxen eig-

net. Bei der Schaltungskonzeption ließ er sich von den Überlegungen von Douglas Self leiten [1], aus dessen Feder in Elektor neben anderen Audio-Schaltungen ein besonders guter Vorverstärker [2] veröffentlicht wurde, der sich übrigens ideal zum Ansteuern von Aktivlautsprechern eignet.

Verstärkerschaltung

Wie bei modernen Endstufen üblich wird auch dieser Verstärker symmetrisch versorgt. Ein Ausgangselko ist daher überflüssig – er wäre ja gerade in Aktivboxen kontraindiziert. Was in der Schaltung von **Bild 1** direkt ins Auge sticht ist der Einsatz von komplementären Power-MOSFETs als Endtransistoren. Dabei handelt es sich nicht um Exemplare, wie sie z.B. in Schaltnetzteilen etc. eingesetzt werden, sondern um FETs von Hitachi mit eher geringer Steilheit und höheren Kanalwiderständen. Diese waren in Elektor schon öfter in Endstufen zu sehen. Das hat seinen Grund: Durch die höheren Drain-Source-Widerstände ergeben sich zwar höhere Verluste und damit geringere Ausgangsleistungen (bei gegebener Versorgungsspannung). Dafür bekommt man aber auch besseres Klangverhalten, denn z.B. im Bereich der Vollaussteuerung ist das Begrenzungsverhalten sanfter – ganz ähnlich wie bei Röhren übrigens.



Gegenüber niederohmigeren MOSFETs glänzen die Hitachi-Typen zudem mit recht geringen Gate-Source-Kapazitäten. Die Eingangskapazität des N-Typs (T9) liegt bei nur 600 pF und die von T10 bei 900 pF. C12 gleicht diesen Unterschied weitgehend aus. Die geringen Kapazitäten erlauben eine relativ einfache, hochohmige Ansteuerung bei Audiofrequenzen und somit niedrige Treiberströme. Die 330 Ω von R16 und R17 dämpfen daher hohe Frequenzen nicht so sehr. Hinzu kommt, dass die Treibertransistoren T7 und T8 keine hohe Steuerleistung aufbringen müssen und daher auch ungekühlt nicht sehr warm werden. Zur Ruhestromeinstellung genügt mit P1 ein simpler Trimpoti ohne zusätzliche Stabilisierungsmaßnahmen. Der Temperaturgang von T9 und T10 ist nämlich genau anders herum wie bei bipolaren Transistoren, weswegen der Ruhestrom auch bei Erwärmung nicht davonläuft, sondern sich selbst begrenzt.

Die Treiberstufe funktioniert so: Statt eines Widerstands liegt am Kollektor der in Emitter-schaltung betriebenen, aus T11 und T7 bestehenden darlington-ähnlichen Stufe die aus T8 gebildete Konstantstromquelle. Der Strom durch T7 und T8 ergibt sich aus der Spannung an R15. Diese wiederum ergibt sich aus der Spannung am Kollektor von T6, die sich aus U_{BE} von T6 plus U_{BE} von T5 minus U_{BE} von T8 zusammensetzt. An R15 liegen also etwa 0,67 V, was einen Strom von knapp 7 mA ergibt. Die Verlustleistung an T7 bzw. T8 liegt daher bei einer Versorgung mit ± 25 V bei nur 170 mW – eine Kühlung erübrigt sich. Selbst bei einer Versorgung mit ± 42 V werden die Treiber-Ts nicht bedenklich heiß.

Nun zur Eingangsstufe: T3 und T4 bilden einen fast klassischen Differenzverstärker. In den Kollektorleitungen liegt ein aus T1 und T2 gebildeter Stromspiegel, was elegant die Leerlaufverstärkung erhöht, denn die Stromverstärkung der verwendeten Transistoren ist nicht allzu hoch. Die beiden Emitter werden über R6 und R7 von der Stromquelle aus T5 und T6 gespeist, deren Strom sich aus R8 und U_{BE} von T6 ergibt. Durch T3 und T4 fließen also je rund 1,1 mA. Vor der Basis von T3, dem nichtinvertierenden Eingang, liegt ein Tiefpass aus R1 und C2 zum Blocken eingestreuter HF und zur Limitierung der Anstiegsgeschwindigkeit der Eingangssignale, der gleichzeitig den Frequenzgang des Verstärkers begrenzt. C1 blockt Gleichspannungsanteile am Eingang. Die Grenzfrequenz des mit R2 (+ R1) gebildeten Hochpasses ist mit rund 3,5 Hz tief genug,

damit die untere Grenzfrequenz des Verstärkers weitgehend durch den Tiefpass aus R11 und C6 determiniert wird (16 Hz). Die Gesamtverstärkung wird durch das Verhältnis aus R12/R11 auf etwa 22 = 27 dB festgelegt.

Stromspiegel und Konstantstromquellen entkoppeln die Vorstufe und damit den kompletten Verstärker weitgehend von der Versorgungsspannung. Das ist der Grund, warum man mehrere dieser Endstufen trotz ihrer scheinbar simplen Schaltungstechnik an einem gemeinsamen Netzteil betreiben kann, das nicht einmal stabilisiert zu sein braucht.

Relaisanschaltung

Wenn man einen Verstärker einschaltet, dann dauert es wie bei jeder anderen gegengekoppelten Elektronik eine kurze Zeit, bis sich stabile Verhältnisse eingestellt haben. So könnten z.B. ein Offset am Eingang und andere Phänomene einen Impuls am Ausgang produzieren, der bei direkt angeschlossenen Lautsprechern zu einem deutlich vernehmbaren „Plopp“ führt. Was im Falle eines Tieftöners mit seiner großen Schwingspule lediglich ein unangenehmes Geräusch ist, kann für einen direkt angeschlossenen Hochtöner aber durchaus gefährlich werden. In einer Aktivbox sitzt nämlich kein schützender Kondensator in Serie mit dem Hochtöner, der die übertragene Energiemenge begrenzt. Hochtöner sind empfindlich, denn sie sind nicht für hohe Dauerlasten, sondern nur für die mittlere spektrale Hochtonenergie von typischen Musiksignalen gebaut, die ziemlich gering ist.

Sicher ist es daher, die Lautsprecher nicht direkt, sondern verzögert über ein Relais mit kräftigen Kontakten anzuschließen. Die verzögerte Relaisansteuerung verhindert jeden Einschaltknacks. Idealerweise wird der Lautsprecher auch schneller abgetrennt, als die Versorgungsspannung fällt. Dann kann auch beim Ausschalten nichts schief gehen. Aus diesem Grund befindet sich RE1 in der Schaltung. Jede Endstufe hat also ihr eigenes Relais. Zur Ansteuerung dient die Schaltung von **Bild 2**. K1 wird einfach zusätzlich an die Sekundärseite des Netztrafos angeschlossen. Beim Einschalten wird C1 schnell und C2 langsam über R2 geladen. Daher wird das Anziehen von an K2 angeschlossenen Relais um einige Sekunden verzögert. Beim Ausschalten wird der Energieinhalt des relativ kleinen C1 schnell durch die Relais aufgebraucht, weshalb die Spannung an der Basis von T1 flott fällt, da D3 den Kondensator C2 fix entlädt. T2

Über den Autor

Alfred Rosenkränzer arbeitet seit 29 Jahren als Entwicklungsingenieur, zu Anfang im Bereich der professionellen Fernsehtechnik. Seit Ende der 1990er Jahre entwickelt er digitale High-Speed- und Anlogschaltungen für IC-Tester. Das Thema Audio ist sein privates Steckenpferd.

scheint zwar als BC547B etwas schmalbrüstig, doch das in Bild 1 angegebene Relais benötigt an 25 V nur etwa 18 mA, weshalb die Steuerschaltung locker drei dieser Relais treiben kann. Die ganze Schaltung ist so einfach, dass sie leicht auf einem Stückchen Lochrasterplatine aufgebaut und an passender Stelle platziert werden kann.

Aufbau

Für dieses schöne Verstärkermodul wurde eine Platine entworfen, deren Bestückungsplan in **Bild 3** zu sehen ist. Wenn man mit Hilfe des PCB-Prototypers [3] oder mit Hausmitteln diese doppelseitige Platine [4] selbst herstellt, dann muss man auf die fehlenden Durchkontaktierun-

gen achten und wo nötig und möglich die Bauteile von beiden Seiten anlöten. Z.B. bei Keramik-Cs wurden für unterschiedliche Rastermaße mehr Bohrungen als nötig vorgesehen. Die nicht genutzten Bohrungen kann man mit Drahtstückchen zur Verbindung von Ober- und Unterseite nutzen. Elkos kann man mit etwas Abstand montieren und sie so von zwei Seiten anlöten. Mit einer fertigen Platine hat man diese Probleme nicht und dank bedrahteter Bauelemente ist die Bestückung ziemlich stressfrei (siehe **Bild 4**). Etwas komplexer ist die Bestückung von T9 und T10. Sie kommen zuletzt an die Reihe und sitzen direkt auf dem Kühlkörper (siehe **Bild 5**). Die Platine hat passende Löcher für die Befestigungs-

Stückliste

Widerstände:

¼W / 1% wenn nicht anders angegeben

- R1 = 560 Ω
- R2 = 10 k
- R3,R6,R7,R9,R13,R14,R15 = 100 Ω, 400 mW
- R4,R5 = 68 Ω
- R8 = 300 Ω
- R10 = 11 k
- R11,R19 = 1 k
- R12 = 22 k*
- R16,R17 = 330 Ω
- R18 = 10 Ω, 1 W, 5 %
- P1 = 200 Ω, Mehrgang-Trimpoti, stehend

Kondensatoren:

- C1 = 4µ7 / 63 V, RM 5/7,5 mm
- C2 = 1 n / 63 V, RM 2,5/5 mm
- C3,C4 = 100 n / 100 V, X7R, RM 2,5/5 mm
- C5 = 100 n, 63 V, MKT, RM 2,5/5 mm
- C6 = 10 µ, 63 V, MKT, RM 5/7,5/10/15 mm
- C7 = 100 p / 1000 V, MKP, RM 5 mm
- C8 = 100 n / 63 V, MKT, RM 2,5/5 mm
- C9 = 100 n / 63 VAC, MKT, RM 2,5/5 mm
- C10,C11 = 100 µ / 100 V, Elko, ø max. 13,5 mm, RM 5 mm
- C12 = 220 p, 1000 V, 5 %, MKP, RM 5 mm

Halbleiter:

- D1,D2 = 1N5402
- D3 = 1N4148
- T1,T2,T11 = MPSA92
- T3,T4,T5 = MPSA42
- T6 = BC549C
- T7 = MJE350
- T8 = MJE340

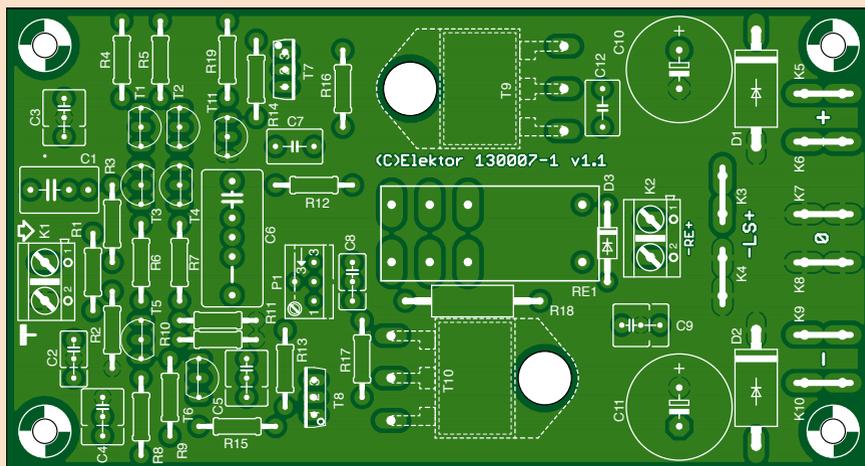


Bild 3. Der Bestückungsplan der High-Endstufe.

- T9 = 2SK1058
- T10 = 2SJ162

Außerdem:

- K1,K2 = 2-pol. Schraubklemme für Platinenmontage, RM 5 mm
- RE1 = RT314024, Relais für Platinenmontage 24 V / 1440 Ω, 1x um, 250 VAC / 16 A
- K3-K10 = Faston Flachstecker, stehend, RM 5,08 mm
- T9,T10 = Isolierscheibe für TO-3P, z.B. Kapton MT Film 0,15 mm
- Kühlkörper mit 1,2 K/W, z.B. SK 85/75 SA von Fischer Elektronik
- Platine EPS # 130007-1 v1.1*

* siehe Text





Bild 4.
So sieht die fertig
aufgebaute Platine des
Prototypen von oben aus.

schrauben der Transistoren. Sie eignet sich gut als Schablone zum Anzeichnen der Bohrlöcher auf dem Kühlkörper. Die Platine sollte mit mindestens 6 mm Abstand vom Kühlkörper montiert werden. Das geht mit metallenen 5-mm-Abstandshülsen plus Sprengringen oder entsprechenden Schraubbolzen. T9 und T10 tragen samt Isoscheibe keine 5 mm auf und so wird jeder direkte thermische Kontakt mit der Platine vermieden.

Hat man die Löcher im Kühlkörper gebohrt, schraubt man T9 und T10 samt Isoscheiben leicht fest. Wenn man die Beinchen dann passend hochbiegt, kann man die Platine aufstecken und die Beinchen oben anlöten. Entfernt man dann die Befestigungsschrauben für T9 und T10

(geht problemlos, da die Bohrungen in der Platine 7 mm Durchmesser haben), kann man Platine samt Transistoren abheben und die Beinchen auch unten anlöten. Anschließend wird die Platine wieder auf den Kühlkörper geschraubt. Die Schrauben für T9 und T10 nicht vergessen! Auch M3-U-Scheiben passen durch die 7-mm-Löcher.

Inbetriebnahme

Die Verstärkermodule sind für eine Betriebsspannung von ± 25 V ausgelegt. Diese erzielt man einfachst durch einen Netztrafo mit 2 x 18 V sekundär und 1,2 A Belastbarkeit für 8- Ω -Lautsprecher. Hinzu kommen ein Brückengleichrichter B40C2200 und zwei Siebelkos mit je 4.700 μ F / 35 V. Das

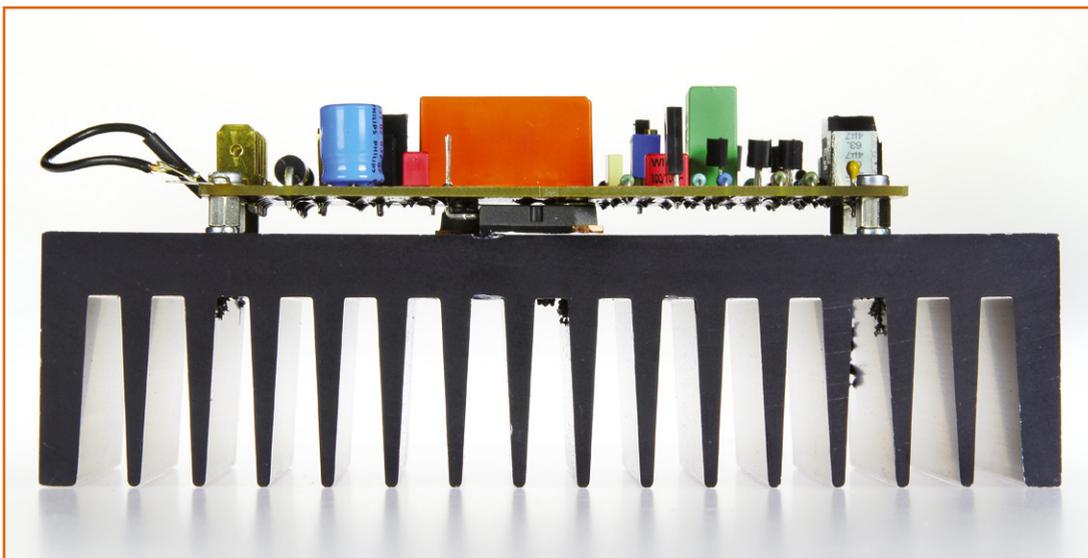
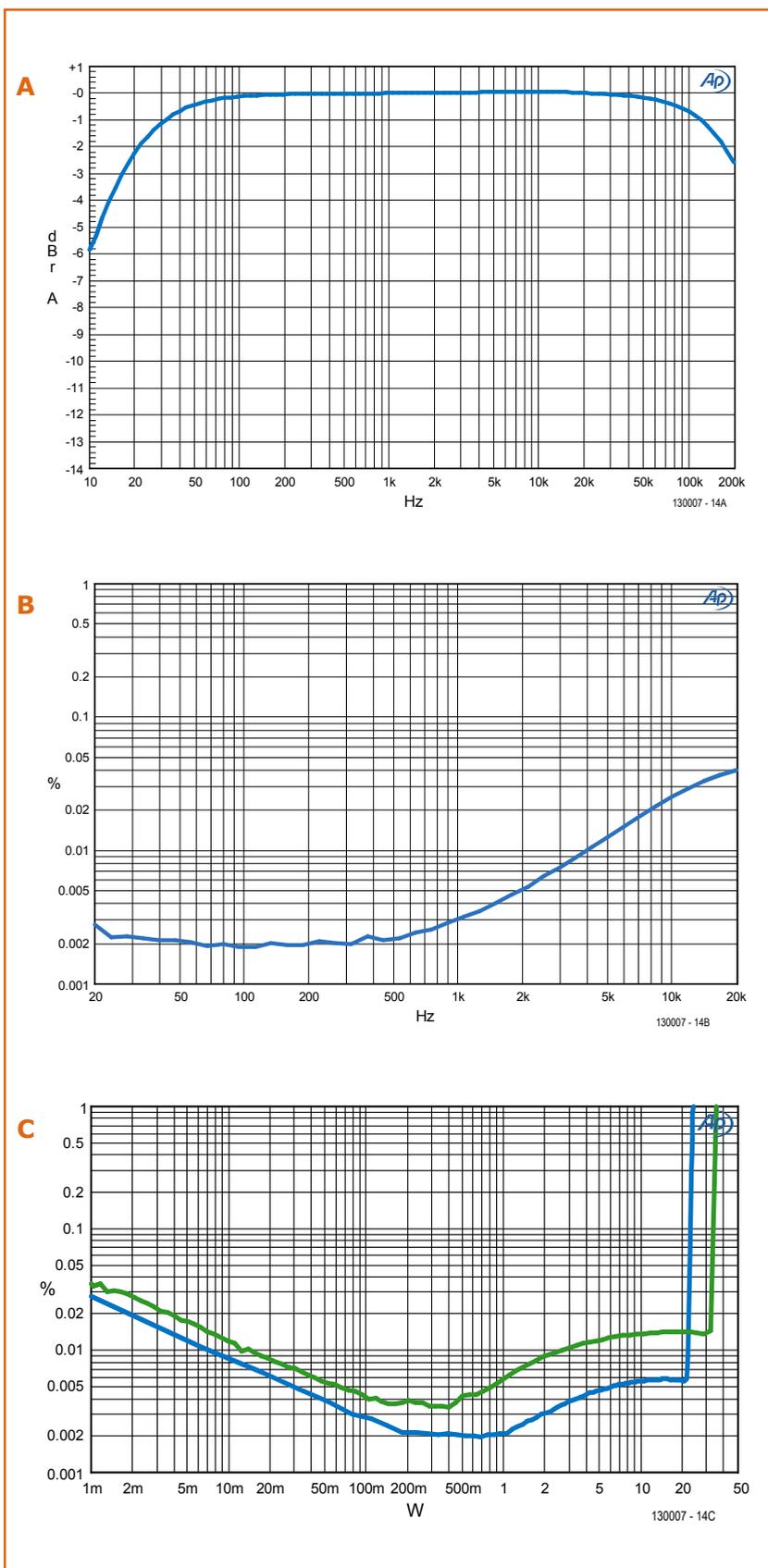


Bild 5.
Hier kann man schön sehen,
wie die Endtransistoren
befestigt sind.



reicht locker für drei High-Endstufen aus. Bei 4- Ω -Lautsprechern und dementsprechend höherer Leistung sollte der Trafo mit 2 A belastbar sein. Bevor man ein Verstärkermodul anschließt, sollte P1 auf minimalen Widerstand gedreht werden. Als Vorsichtsmaßnahme empfiehlt es sich, das Modul zunächst an ein geeignetes Labornetzteil anzuschließen oder aber je zwei kräftige 12-V-Autobirnen in die Zuleitungen einzuschleifen. Wenn dann etwas schief geht wird es nur hell statt rauchig. Bei kurzgeschlossenem Eingang wird der Ruhestrom auf 90 mA eingestellt. Hierzu stellt man ohne angeschlossenen Lautsprecher im positiven Versorgungszweig einen Strom von 99 mA ein (im negativen Zweig entspricht dies einem Strom von 101 mA). Geht das und liegt die Gleichspannung am Ausgang bei angezogenem Relais im Bereich von ± 50 mV, ist alles in Ordnung und man kann testweise einen Lautsprecher und ein Eingangssignal anschließen.

Wenn die Gleichspannung am Ausgang aber höher ausfällt, kann man entweder ein anderes Exemplar für T3 oder T4 bestücken, da diese Spannung von der Differenz ihrer Stromverstärkung abhängt, oder aber man spielt mit dem Wert von R2. Größere Werte reduzieren die Spannung - kleinere Werte erhöhen sie. Werte zwischen 4,7 k Ω und 33 k Ω für R2 gehen in Ordnung.

Kurven

Die High-Endstufe wurde im Elektor-Labor ausgiebig getestet und vermessen. Die Messergebnisse führten zu den schönen Kurven in **Bild 6**, die von der hohen Qualität dieses Verstärkers zeugen: Die obere Kurve A zeigt die Leistungsbandbreite bei 1 W an 8 Ω . Sie reicht von 16 Hz bis über 200 kHz (-3 dB). Jeder Lautsprecher und jeder Hörraum verformt diese Übertragungsfunktion weit mehr.

Die mittlere Kurve B zeigt den prozentualen Anteil an Verzerrungen plus Rauschen über der Frequenz bei 1 W an 8 Ω . Bei niedrigen Frequenzen sind die Störanteile minimal. Oberhalb von 1 kHz steigen die Verzerrungen langsam an. 0,04 % bei 20 kHz sind aber immer noch hervorragend.

Bild 6.

Diese drei Messschriebe zeigen die Bandbreite (A), Verzerrungen plus Rauschen abhängig von der Frequenz (B) sowie die Verzerrungen in Abhängigkeit von der Leistung (C) für 4 Ω (grün) und 8 Ω (blau).

Weblinks:

- [1] Audio Power Amplifier Design von Douglas Self: www.douglas-self.com/ampins/books/apad.htm
- [2] Preamp 2012, High-End-Vorverstärker für den Selbstbau: www.elektor-magazine.de/110650
- [3] PCB Prototyper: [www.elektor.de/projekte/pcb-prototyper-\(100619\).1599802.lynkx](http://www.elektor.de/projekte/pcb-prototyper-(100619).1599802.lynkx)
- [4] Elektor-Webseite mit Downloads zu diesem Artikel: www.elektor-magazine.de/130007

Die beiden Kurven im unteren Diagramm C zeigen getrennt für 4- Ω - und 8- Ω -Lasten, wie die Verzerrungen mit der Leistung ansteigen. Bei 8 Ω steigen die Verzerrungen oberhalb von 1 W. Bei 4 Ω beginnt der Anstieg beim gleichen Strom und daher der halben Leistung. Wenn die Signale begrenzt werden, überschreiten die Verzerrungen schnell die 1%-Marke.

Sonstiges

Wer mehr Leistung aus den Verstärkern holen will, der kann die Betriebsspannung auf bis zu 42 V erhöhen. An 8 Ω hat man dann gut 60 W mit leicht höheren Verzerrungen zur Verfügung. In der Folge muss man einen Widerstand mit 1 k Ω und 1 W Belastbarkeit in Serie zu jedem Relais schalten. Als Trafo eignet sich hier ein Exemplar mit 2 x 30 V und 2 A Belastbarkeit. Die Spannungsfestigkeit der Siebelkos sollte dann 63 V betragen.

Der Autor steuerte bei einer ± 42 -V-Versorgung sogar 4- Ω -Lautsprecher an und erzielte so gut 100 W Leistung (der Trafo muss dann 3 A liefern können). Das ist beim häuslichen Musikhören auch mit dem angegebenen Kühlkörper kein Problem, da (anders als z.B. bei einem Gitarrenverstärker) die mittlere abgegebene Leistung sehr viel niedriger als die Spitzenleistung ist. Die höhere Spitzenleistung sorgt daher hauptsächlich für eine höhere Dynamik und schiebt die Grenze weiter hinaus, bei der Signalimpulse begrenzt werden.

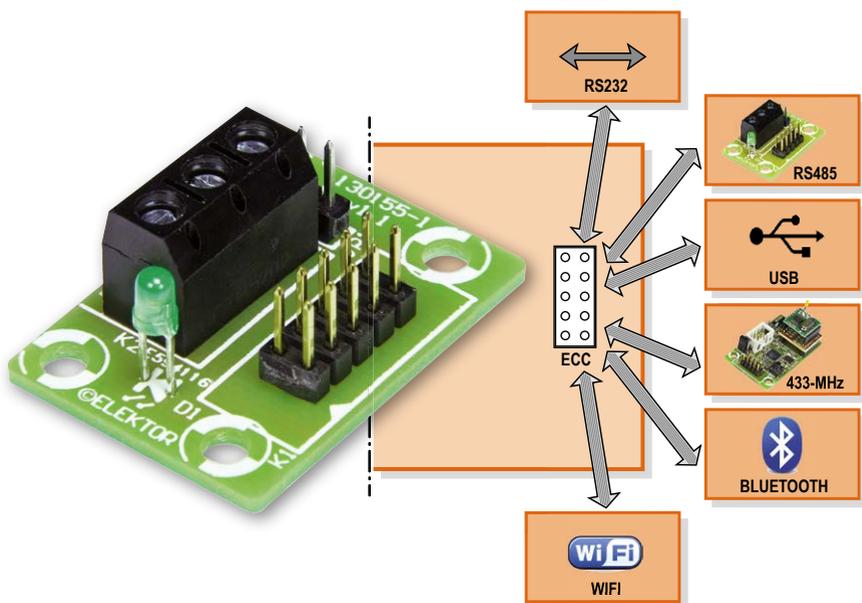
Die Platine hat für jeden Versorgungsanschluss je zwei Flachstecker. Dies erleichtert das Durchschleifen der Versorgungsleitungen. Selbstverständlich sollte dann als erstes Modul der Bassverstärker angeschlossen sein, denn der braucht am meisten Strom.

(130007)



UART-Module

Austauschbare Geräte-Schnittstellen mit dem „ECC“



Sehr oft benötigt man für das eigene Projekt ein Geräte-Interface wie RS232, USB oder Bluetooth. Wenn man kleine, fertige Schnittstellen-Module einsetzt, spart man Entwicklungszeit und hält das Projekt flexibel. Die Austauschbarkeit der Module wird durch einen standardisierten Steckverbinder gewährleistet, der UART-Signale weitergibt. In diesem Artikel schlagen wir eine Spezifikation vor und zeigen ein erstes Modul, nämlich für die robuste RS485-Kommunikation. Weitere Module werden folgen.

Von **Jens Nickel**

Wer ein Mikrocontrollerboard für Evaluationszwecke und/oder das Prototyping entwickelt, muss sich überlegen, wie viel und welche Peripherie er auf das Board packt. Ist es zu wenig, fehlen eventuell gewünschte Funktionen für den Anwender. Zu viel Peripherie macht das Board aber groß und teuer. Eine gute Lösung ist daher ein Board, das nur mit den nötigsten Peripheriefunktionen ausgestattet ist (zum Beispiel ein oder zwei LEDs zum Testen). Zusätzlich wird das Board mit Erweiterungssteckverbindern versehen, die mit den Controller-Interfaces wie SPI, I2C und UART verdrahtet werden. Hier lassen sich dann je nach Anwendung verschiedene Erweiterungsplatinen anschließen.

Natürlich könnte man zu jedem Controllerboard eine eigene Reihe von Erweiterungsboards entwickeln. Effizienter ist es, sich bei den Erweiterungssteckverbindern an eine schon bekannte Spezifikation zu halten. Man muss dabei nur darauf achten, dass die Pins an jeder Position dieselbe logische Funktion und dieselben elektrischen Eigenschaften (Spannungspegel, erlaubter

Strom) aufweisen wie beim Vorbild. Dann können Anwender automatisch auf eine Palette von Erweiterungsplatinen zurückgreifen, die es schon auf dem Markt gibt.

Ein gelebtes Beispiel für diese Philosophie ist die Arduino-Spezifikation. Es gibt immer mehr Boards von verschiedenen Herstellern, die mit Buchsenleisten in der typischen Anordnung ausgestattet sind. Hier sind dann die sogenannten Shields aufsteckbar, von denen inzwischen um die 100 allgemein erhältlich sein dürften.

Beim Prototyping kann es allerdings sinnvoll sein, wenn die Erweiterungen nicht direkt aufgesteckt, sondern per Flachkabel mit der Mutterplatine verbunden werden. So lassen sich Gehäuseseiten besser erreichen. Das ist bei denjenigen Extensionboards wichtig, die User-Interfaces (LEDs, Taster, Displays) oder Geräteanschlüsse (USB, LAN, RS485) realisieren. Vor einigen Monaten haben wir den GnuBlin/Embedded Extension Connector (EEC) vorgestellt, der SPI-, I2C-, Analog- und Digital-signale über eine 2x7-polige Stiftleiste weitergibt [1]. Diverse Erweiterungsboards [2], die für das

Gnublin/Elektor-Linux-Board konzipiert wurden, lassen sich damit auch an das kürzlich vorgestellte Xmega-Webserver-Board [3] anschließen; weitere Controllerboards werden folgen.

Steckverbinder für RX/TX

Was beim EEC fehlt, ist die Weitergabe von UART-Signalen. Diese asynchrone serielle Schnittstelle (ohne Taktleitung, es gibt nur zwei Datenleitungen für ausgehende und eingehende Bits) wird immer noch gern für die Kommunikation zwischen Boards oder auch Geräten eingesetzt; sie ist relativ robust, stellt keine großen Anforderungen an das Design der Platine oder der Steckverbinder und ist einfach in eigener Software einsetzbar. Zum Ansprechen der im Mikrocontroller integrierten Hardware-UART-Units stellt jeder Controllerhersteller Treiber und meist eine Fülle von Beispielen bereit; in vielen Programmiersprachen wie zum Beispiel Arduino-C und BASCOM existieren Spezialbefehle zum Versenden und Empfangen von Zeichen über den UART. Darüber hinaus gibt es viele Peripherie-Bausteine für die Kommunikation zwischen verschiedenen Geräten, welche UART-Signale entgegennehmen und in ein anderes Format umsetzen. Hierunter fallen RS485- und RS232-Treiber und die berühmten USB/UART-Konverter-Chips (wie zum Beispiel der FT232). Auf dem Markt sind auch Chips und Module für Bluetooth, WLAN und dergleichen mehr. Wenn man diese jeweils auf ein Erweiterungsplatinchen setzt und einen Stecker standardisiert, der UART-Signale weitergibt, dann kann

man ein Mikrocontrollerboard wahlweise mit den verschiedensten Geräte-Interfaces ausrüsten.

5-V-Versorgung

In **Bild 1** sieht man unseren Vorschlag für eine solche Steckerspezifikation, die wir „Embedded Communication Connector (ECC)“ genannt haben. Auf dem Controller- und dem Erweiterungsboard befindet sich jeweils eine 2x5-Stiftleiste, beide werden über ein Flachkabel verbunden. Für eine Kommunikation unbedingt nötig sind die Pins RX, TX und Masse. Auf zwei weiteren Leitungen (GPIOA und GPIOB) werden Digitalsignale weitergegeben, die zur Steuerung des Peripheriemoduls dienen; hierüber kann zum Beispiel eine Flusskontrolle (RS232) oder eine Steuerung einer Halbduplex-Kommunikation (RS485) erfolgen. Damit Erweiterungsboards vom Controllerboard aus versorgt werden können, wird über einen Pin eine Betriebsspannung von 5 V weitergegeben (VCON = $V_{\text{CONTROLLER}}$). Entgegen dem allgemeinen Trend in der Elektronik (und im Gegensatz zum oben erwähnten EEC/Gnublin-Steckverbinder) haben wir uns hier für 5 V statt 3,3 V und für eine 5-V-Kompatibilität der Daten- und Steuerleitungen entschieden. Das Beispiel USB zeigt, dass diese Spannung gerade im Bereich der Gerätekommunikation sehr gebräuchlich ist, und es gibt auch für RS232 und RS485 sehr viele Treiberchips, die mit 5 V arbeiten.

In der gegenüberliegenden Ecke befindet sich der Pin VIN (V_{IN}), mit dem sich ein Controllerboard von einem anderen Board aus versorgen lässt.

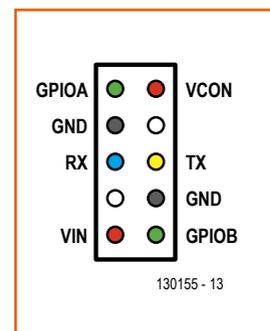
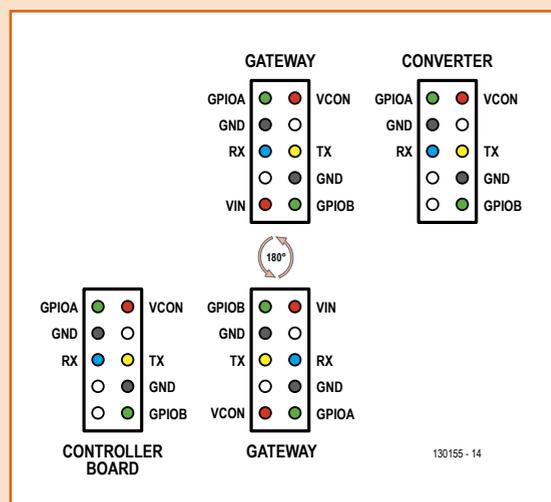


Bild 1. Neben RX und TX werden am ECC auch zwei Digitalsignale weitergegeben, die zum Steuern des Schnittstellen-Moduls dienen.

Controller-Controller-Kommunikation

Ein Gateway (wie die in der nächsten Ausgabe vorgestellte Brücke zwischen UART-Signalen und einer 433-MHz-Funkübertragung) besitzt im Gegensatz zu einem „dummen“ Konverter selbst einen Mikrocontroller, auf dem Software läuft. Der ECC macht es möglich, dass an ein solches Gateway ein Peripheriemodul (wie unser RS485-Treiber) angeschlossen werden kann; gleichzeitig lässt sich das Gateway aber auch selbst als Peripherie mit einem Controllerboard verbinden. Das Gateway kann ein Peripheriemodul über den Pin VCON mit Spannung versorgen, es lässt sich aber auch über den Pin VIN von einem Controllerboard aus speisen. Falls man ein Flachkabel zum Verbinden der Boards verwendet, muss man den Stecker am Gateway einfach um 180° drehen, dann ist der VCON-Pin am Controllerboard mit dem VIN-Pin des Gateways verbunden. Praktischerweise werden dabei auch gleich die RX/TX-Signale vertauscht, so dass sich die Controller auf dem Hauptboard und dem Gateway miteinander unterhalten können.



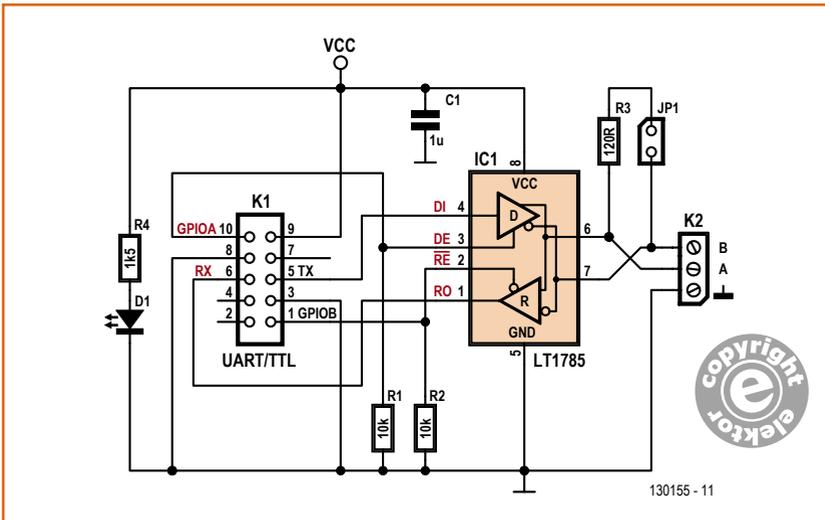


Bild 2.
Die Schaltung des ersten ECC-Moduls ist rund um den bekannten RS485-Treiber LT1785 aufgebaut.

Interessant ist das für „Gateways“, also Erweiterungsplatinen, die selbst mit einem Mikrocontroller ausgestattet sind (mehr dazu im Kasten). Das Ganze wird komplettiert von zwei un spezifizierten Pins, die natürlich frei in eigenen Projekten genutzt werden können.

RS485-Treiber

Als erste Erweiterungsplatine, welche den ECC nutzt, haben wir ein kleines RS485-Treibermodul entwickelt. Hiermit lässt sich ein Controllerboard mit einer RS485-Schnittstelle ausrüsten, die eine zuverlässige Kommunikation auch über lange Strecken erlaubt. Sehr gut eignet sich RS485 für eine Busstruktur: Dabei hängen meh-

rere Teilnehmer an den gemeinsamen Leitungen A und B, über welche die Kommunikation läuft (nur immer ein Teilnehmer darf dabei „sprechen“). Die Schaltung des Moduls ist in **Bild 2** zu sehen. Zentrales Bauteil ist der LT1785 von Linear Technology [4], der schon auf den ElektorBus-Platinen [5] gute Dienste leistet. Er setzt das TTL-UART-Signal TX in RS485-kompatible Spannungsdifferenzen zwischen den Leitungen A und B um. Empfangene Bits werden über den Pin RO im TTL-UART-Format ausgegeben. Zur Steuerung der Halbduplex-Kommunikation dienen die Eingänge /RE und DE, die hier mit Pulldown-Widerständen auf Low gezogen werden. Ein High an DE bedeutet, dass auszusendende Bits tatsächlich auf die Leitungen gegeben werden. Will man etwas empfangen, dann ist /RE auf Low zu setzen. Es hat sich bewährt, vor dem Aussenden von Zeichen die Eingänge /RE und DE gemeinsam auf High zu setzen; danach setzt man beide Pins wieder auf Low und der Baustein lauscht, was die anderen Teilnehmer zu sagen haben. In der Schaltung ist GPIOA des ECC-Steckverbinders mit DE und GPIOB mit /RE verbunden.

Über den per JP1 zuschaltbaren Widerstand R3 kann ein RS485-Bus vorschriftsmäßig mit 120 Ohm terminiert werden (wenn es sich beim LT1785 also um den ersten oder den letzten Baustein in der RS485-Kette handelt). An den Schraubklemmen sind A und B anzuschließen. Es sollte unbedingt auch ein gemeinsames Massepotential weitergegeben werden, sonst kann es zu Fehlern kommen, was bereits in einem ElektorBus-Artikel beschrieben wurde [6].

Die LED D1 dient zur Kontrolle, dass die Erweiterungsplatine richtig angeschlossen ist. Um das Modul so kompakt wie möglich zu halten, wurden bei der von Elektor gerouteten Platine weitgehend SMD-Bauteile genutzt, die auf der Unterseite angeordnet sind. Das Bestücken dürfte trotzdem keine Probleme bereiten. Im Elektor-Shop ist aber auch ein bestücktes Modul erhältlich [7].

Controller-Seite

Nach und nach soll ein kleiner Zoo von Erweiterungsplatinen für den ECC entstehen. Im Moment wird im Elektor-Labor an einem 433-MHz-Gateway gearbeitet, das über den UART empfangene Zeichen über Funk weitergibt (und umgekehrt). Weitere Module sind in Planung. Es fehlt bisher noch ein allgemein erhältliches Controllerboard, das mit einem ECC ausgestattet

Stückliste

Widerstände (SMD, 0805, 125 mW):

- R1, R2 = 10 k, 5 %
- R3 = 120 Ω , 5 %
- R4 = 1,5 k, 5 %

Kondensatoren (SMD 0805):

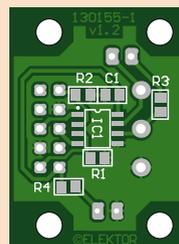
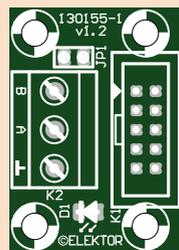
- C1 = 1 μ , 10 V, 10 %, X7R

Halbleiter:

- D1 = LED grün 3 mm (low current), Durchsteckmontage
- IC1 = LT1785CS8#PBF (SO-8)

Außerdem:

- K1 = 2x5-Stiftleiste, Rastermaß 2,54 mm
- K2 = 3-fach Schraubklemme, Rastermaß 5,08 mm
- JP1 = 2x1-Stiftleiste + Jumper, Rastermaß 2,54 mm
- PCB = Platine 130155-1 v1.2
oder
130155-91 Platine bestückt und getestet



ist. Da es aber wie oben erwähnt schon so viele Arduino-Boards auf dem Markt gibt, warum verbinden wir dann nicht das Beste aus zwei Welten? Im Elektor-Labor entsteht gerade ein Shield, das sich für das Experimentieren und das Prototyping mit arduino-kompatiblen Controllerboards eignet (gleich ob mit 3,3 V oder 5 V Betriebsspannung). Das Shield wird mit zwei LEDs und zwei Tastern, einem Poti, einem EEC- und selbstverständlich auch einem ECC-Steckverbinder ausgestattet sein.

Noch haben wir diese Platine (siehe **Bild 3**) nicht, aber zum Ausprobieren des ECC kann man sich mit einem Stück Lochrasterplatine recht schnell ein kleines Shield für den Arduino Uno machen. Die Unterseite der Lochrasterplatine stattet man mit Stiftleisten aus, die in die Buchsenleisten des Arduino gesteckt werden. Dabei muss man beachten, dass der Abstand der Buchsenleiste links oben zur Buchsenleiste rechts oben leider nicht genau „1 Loch“ beträgt. Doch die Digitalpins 8 bis 13 benötigen wir auch nicht. **Bild 4** zeigt, wie man die Bauteile auf dem Shield (2x5-Stiftleiste, 2 Taster und 1 Poti) mit den Arduino-Pins verbinden muss.

Demo-Software

Für einen schnellen Test benutzen wir einen Uno und das selbst gemachte Shield. Wenn wir die Arduino-Entwicklungsumgebung [8] und den vorprogrammierten Bootloader des Arduino verwenden, benötigen wir keinen Programmierer. Wir müssen das Arduino-Board nur über USB mit dem PC verbinden, um ein Programm in den Controller zu laden, was gleichzeitig die Stromversorgung sicherstellt. Die RS485-Platine verbinden wir über ein 10-poliges Flachkabel mit der ECC-Stiftleiste auf dem Shield. Jetzt verfügt der Arduino Uno über ein RS485-Interface, doch es fehlt für einen Test noch ein weiterer RS485-Teilnehmer. Wir lösen das Problem einfach mit dem bekannten RS485/USB-Konverter [5] von Elektor, mit dem ein PC mit einem RS485-Anschluss ausgestattet werden kann. Wir verbinden also unser ECC-RS485-Modul über die drei Leitungen A, B und Masse mit dem Konverter und diesen wieder über USB mit dem PC. Das Ganze müsste dann wie in **Bild 5** aussehen. Nun können wir Zeichen vom Arduino zum PC schicken, die wir dort zum Beispiel auf dem Seriellen Monitor der Arduino-IDE ansehen können.

Wir machen es uns einfach und greifen für einen ersten Test auf das mit der Arduino-IDE mitge-

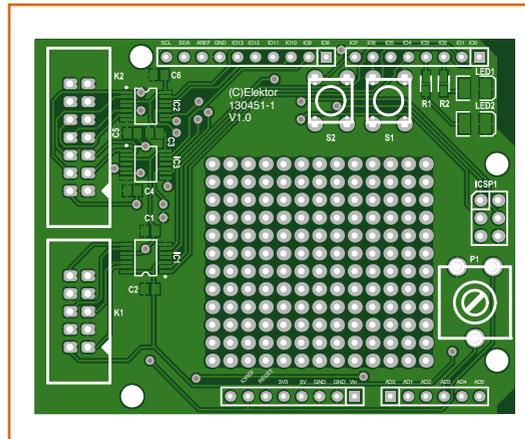


Bild 3. In einer der nächsten Ausgaben stellen wir ein Experimentier-Shield für arduino-kompatible Boards vor – das natürlich auch mit einem ECC-Steckverbinder ausgestattet ist.

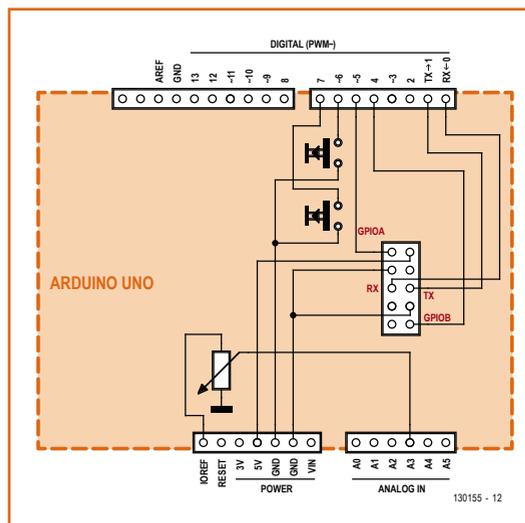
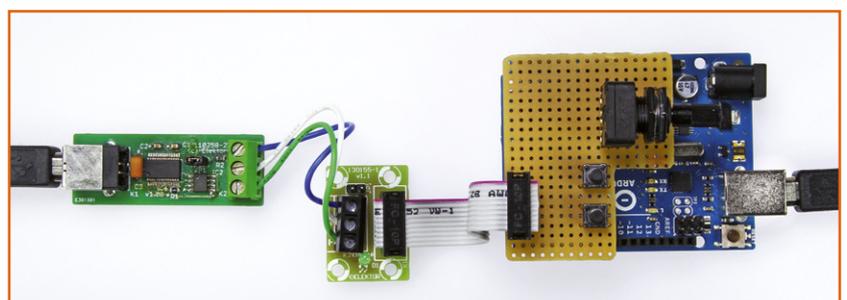


Bild 4. Für erste Versuche bauen wir uns ein einfaches Shield für den Arduino Uno.

lieferte Beispielprogramm „AnalogReadSerial“ zurück, das fortlaufend die Spannungswerte am Analog-Pin A0 sampelt und über die serielle Schnittstelle verschickt. Das Poti auf unserem Shield ist allerdings nicht an A0, sondern an A3 angeschlossen. Außerdem dürfen wir nicht vergessen, den DE-Eingang des RS485-Treibers auf High zu setzen; und da wir beim Senden nichts empfangen wollen, setzen wir den /RE-Eingang

Bild 5. So wird der Arduino Uno (plus selbstgemachtem Shield) mit einer RS485-Schnittstelle ausgestattet. Für den Test der Kommunikation binden wir als Gegenstelle einen PC über den bekannten RS485/USB-Konverter an.



ebenfalls auf High. Die beiden Eingänge werden über GPIOA bzw. GPIOB am ECC bedient; diese Kontakte sind wiederum an die Digital-Pins 5 und 4 des Arduino angeschlossen. Zusammengefasst sind die Modifikationen in **Listing 1**. Der Code ist natürlich auch im Software-Download enthalten, den man von der Elektor-Magazine-Site herunterladen kann [7].

Beim Upload des Programms auf den Arduino darf die RS485-Platine nicht angesteckt sein, weil ja zum Programmieren per Bootloader der UART des Controllers benutzt wird. Nach dem Programmieren verbinden wir die RS485-Platine mit dem Arduino und dürfen nicht vergessen, in der Entwicklungsumgebung auf die COM-Schnittstelle umzustellen, die zum RS485/USB-Konverter gehört. Nun müsste auf dem Seriellen Monitor je nach Poti-Stellung ein Wert zwischen 0 und 1023 angezeigt werden (**Bild 6**).

Steuern, Messen, Regeln

Etwas ausgefeiltere Software haben wir mit der Embedded Firmware Library (EFL) verwirklicht, der Quellcode befindet sich ebenfalls im Download [7]. Bei diesem EFL-Projekt haben wir alle Files direkt integriert, es ist nicht mehr nötig, die gesamte EFL-Codebasis herunterzuladen. Das macht das Projekt übersichtlicher. Mit einem Klick

auf das File „ArduinoRS485.atsIn“ wird das Projekt in Atmel Studio 6 geöffnet.

Das Controllerfile (ControllerEFL.c, im Ordner Hardware) für den auf dem Uno-Board verbauten ATmega328 haben wir bereits im ersten EFL-Artikel kennengelernt [9]. Für das „nackte“ Arduino-Board haben wir ein neues Boardfile (BoardEFL.c) programmiert, das aber sehr kurz ist. Auf dem Arduino befinden sich de facto ja nur die Erweiterungssteckverbinder und eine LED. Beim Board-Init werden die entsprechenden Pins in die Block- und Boardpin-Tabellen eingetragen und die Pins des LED-Blocks (das ist hier nur ein einziger) auf Ausgang gesetzt.

Interessanter ist der Code im Extensionfile (Extension.c), dieser bildet die Verdrahtung auf dem Shield sowie zusätzlich unserer kleinen RS485-Platine ab. Im Code werden die digitalen Eingänge für die Taster, der ADC zur Abfrage des Potis sowie die UART-Schnittstelle initialisiert. Selbstverständlich greifen wir hier nicht auf die entsprechenden Portpins des Controllers zurück, sondern auf die Pins der Erweiterungssteckverbinder. So können wir den Code für unser Selbstbau-Shield 1:1 weiterverwenden, wenn dieses auf einem anderen arduino-kompatiblen Controllerboard zum Einsatz kommt.

Listing 1: AnalogReadSerial via RS485 (Ausschnitt)

```
// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // initialize serial communication at 9600 bits per second:
  Serial.begin(9600);

  pinMode(5, OUTPUT);    // set the pin 5 = ECC-GPIOA = RS485-DE to Output
  pinMode(4, OUTPUT);    // set the pin 4 = ECC-GPIOB = RS485-/RE to Output
  digitalWrite(5, HIGH); // set the pin 5 = ECC-GPIOA = RS485-DE to HIGH-level
  digitalWrite(4, HIGH); // set the pin 4 = ECC-GPIOB = RS485-/RE to HIGH-level
}

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  // read the input on analog pin 3:
  int sensorValue = analogRead(A3);
  // print out the value you read:
  Serial.println(sensorValue);
  delay(1);          // delay in between reads for stability
}
```

In den Software-Schichten darüber kümmern sich wieder die Bibliotheken UARTInterfaceEFL, ADC-SimpleEFL und LEDButtonEFL um ein einfaches Ansprechen der Peripherie-Blöcke. Die BlockProtocolEFL-Library, die schon ausführlich in einem eigenen Artikel beschrieben wurde [10], nutzt ein einfaches ASCII-Protokoll für die Steuerung des Arduinos vom PC aus. Es wird dabei auf Kommandos gelauscht, die von einem Terminalprogramm auf dem PC abgesetzt werden, und dann die entsprechende Aktion angestoßen. Da die Bibliothek diese Arbeit erledigt, ist das Hauptprogramm wie immer schön kurz und selbstverständlich ebenfalls hardwareunabhängig. Zu Testzwecken ist hier noch implementiert, dass die LED toggelt, wenn einer der Taster betätigt wird.

Das kompilierte EFL-Programm muss man von Atmel Studio 6 aus mit einem Programmer auf den Arduino uploaden (der oben erwähnte Bootloader wird dabei überschrieben, diesen kann man bei Bedarf von der Arduino-IDE aus mit einem Programmer neu aufspielen).

Dann stellt man das Terminalprogramm wie in **Bild 7** gezeigt ein. Mit dem Kommando L 0 0 + <ENTER> bzw. L 0 0 - <ENTER> kann man die LED auf dem Arduino-Board an- und ausknipsen. B 0 0 ? <ENTER> fragt den Status des ersten Buttons auf dem Shield ab und mit A 0 0 # <ENTER> bekommen wir auf Anfrage den ADC-Wert (die Poti-Stellung) mitgeteilt. Ein einfaches Shield lässt sich nun recht leicht an ein eigenes Shield anpassen, das beispielsweise Messwerte übermittelt und digitale Ausgänge schaltet. Dank RS485 sind Leitungslängen von 30 m und mehr kein Problem.

(130155)

Weblinks

- [1] www.elektor-magazine.de/130212
- [2] www.elektor.de/gnublin
- [3] www.elektor-magazine.de/120126
- [4] www.linear.com/product/LT1785
- [5] www.elektor-magazine.de/110258
- [6] www.elektor-magazine.de/110225
- [7] www.elektor-magazine.de/130155
- [8] www.arduino.cc
- [9] www.elektor-magazine.de/120668
- [10] www.elektor-magazine.de/130154

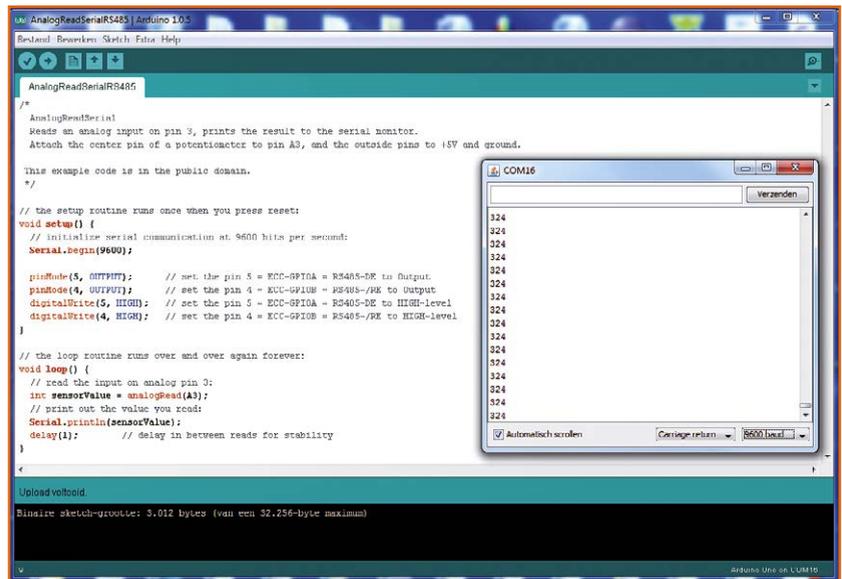
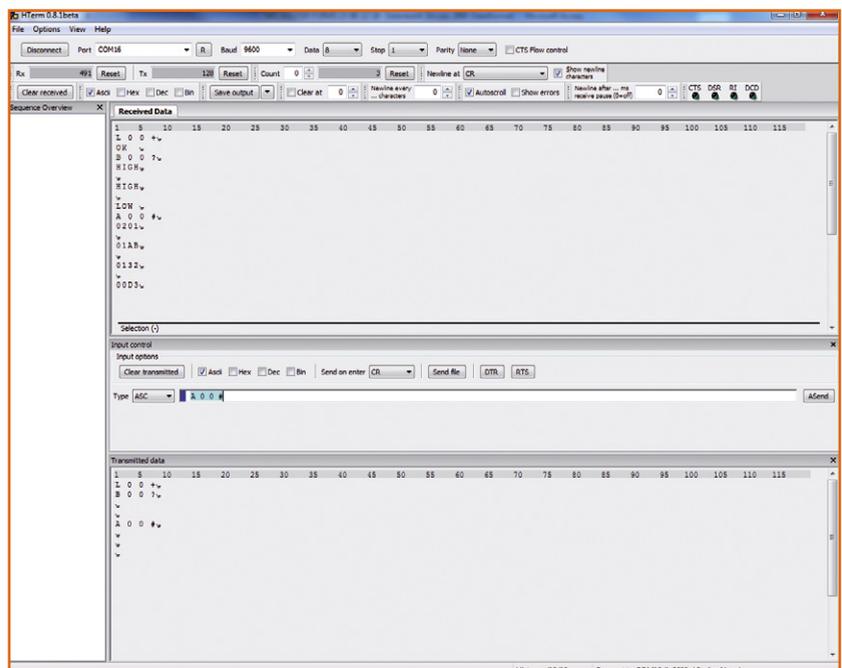


Bild 6. Für unsere erste Demo brauchen wir nur das Arduino-Beispiel „AnalogReadSerial“ etwas abzuwandeln.

Bild 7. Ein Terminalprogramm wie HTerm genügt, um über das „BlockProtocol“ und RS485 Messwerte abzufragen.



MPPT-Solarlader

Maximale Leistung aus der Sonne

Mit Solarzellen kann man die Akkus in Booten oder Wohnwagen mit wenig Aufwand geladen halten. Wo es bei einem Wohnwagen kaum Platzprobleme auf dem Dach gibt, ist dieser bei Motor- oder Segelbooten eher begrenzt. Solarmodule muss man schließlich so montieren, dass sie Sonne abbekommen

und nicht leistungsmindernd teilweise abgeschattet sind. Davon unabhängig stellt sich zudem die Frage: Wie holt man das Maximum an Leistung aus so einem Panel?



Von
Anders Gustafsson
(Finnland)



Solarzellen kann man sich vereinfacht als Stromquelle parallel zu einer Diode denken. Bei Belastung ergibt sich eine U/I-Kurve ähnlich wie die rote Linie in **Bild 1**. Wenn man für diese Kurve die Leistung berechnet, ergibt sich in etwa die blaue Kurve. Das Maximum der Leistung liegt irgendwo im Bereich 16...17 V. Das ist typisch für ein Solarmodul mit einer Nennspannung von 12 V. Im Leerlauf muss man sogar mit Spannungen im Bereich von 20...25 V rechnen. Die Region bei 16...17 V wird MPP (**M**aximum **P**ower **P**oint) genannt. Wenn eine Schaltung die Belas-

tung so einstellt, dass die Spannung beim MPP liegt, spricht man vom MPPT (MPP-Tracking).

Trickreiches MPPT

Für einen 12-V-Bleiakku muss die Ladespannung je nach Ladezustand auf Werte von 12...14,4 V begrenzt werden. In einfachen Lösungen begrenzt man die Spannung mit einem Linearregler – und verschwendet so unnötig Energie. Ein Schaltregler ist (abgesehen von seinen Verlusten) prinzipiell dazu in der Lage, sich eingangsseitig auf den MPP einzustellen, indem er ausgangsseitig sei-

nen Strom anpasst. Mit solcher Technik holt man 10...30 % mehr Leistung aus einem Solar-Panel. MPPT-Lader kann man fix und fertig kaufen. Sie optimieren durch Nachführung die erzielbare Leistung. Leider sind solche Ladegeräte entsprechend teuer. Es geht aber auch einfacher. Dazu braucht man den MPP eines Solarmoduls für die nachfolgende Lösung nur einmal erfassen – entweder durch die Herstellerangaben oder aber durch schlichte Messung. Da sich der MPP für ein Panel mit der Beleuchtung verändert, ist es bei einer einfachen Lösung aber nicht immer optimal angepasst.

LT3652 = Akkuwächter

Die Basis der Schaltung bildet das IC LT3652 von LT (Linear Technology) [1]. Nur wenige externe Bauteile genügen für eine ausgebuffte Ladeschaltung. Man kann damit einen dreistufigen Lader bauen, der Eingangsspannungen bis 32 V akzeptiert und einen 12-V-Akku mit bis zu 2 A lädt. Bis zum Erreichen der Ladeschlussspannung von 14,4 V lädt ein LT3652 mit einem Konstantstrom von 2 A. Dann schaltet er auf Ladungserhaltung mit einer Konstantspannung von etwa 13,5 V um, die außerdem noch an die Akku-Temperatur angepasst wird.

Die Ladekurve von **Bild 2** wurde über eine Stunde mit Messintervallen von 30 s aufgezeichnet. In den ersten fünf Minuten war der Akku belastet, weshalb die Spannung auf etwa 12,5 V abfiel. Ab der sechsten Minute springt die Spannung beim Laden auf 14,4 V. Der Ladestrom erreichte hier 1,8 A. Nach etwa 20 m war der Akku voll: Der Ladestrom fiel unter 0,2 A und ab da ist die Erhaltungsladung mit Werten um 13,5 V zu sehen.

Die Schaltung

Das Solarpanel ist an K2 bzw. den Eingang der Schaltung von **Bild 3** angeschlossen. Gäbe es nur den Verpolungsschutz mit D1, würden hier glatt 1,2 W elektrischer Energie in Wärme umgewandelt. IC1 kann aber bei Ladebeginn per Low-Pegel an seinem CHRG-Ausgang (Pin 4) den PMOSFET T1 durchschalten, der dann D1 kurzschließt. Mit Trimpoti P1 passt man den MPPT-Lader an das angeschlossene Solarmodul an. Man stellt P1 so ein, dass beim gewünschten V_{MPP} am Pin VIN_REG von LT3652 eine Spannung von 2,7 V anliegt. Wenn nun die Spannung des Panels aufgrund zu hoher Belastung einbricht, reduziert IC1 den Ladestrom, um möglichst nahe an V_{MPP} zu bleiben. Die 13,5 V der Erhaltungsladung werden durch

Technische Daten

- Für Solarmodule mit 12-V-Nennspannung ($V_{Leerl.}$ 20...25 V)
- Ladestrom max. 2 A
- Wirkungsgrad 87...90 %
- Einstellbare MPP-Spannung
- Umschaltbar zwischen Gel- und Non-Gel-Akkus für 12 V
- Spezial-Schaltregler LT3652 für Ladeanwendungen
- Thermisch und bez. HF optimierte Platine
- Fehler- und Ladeanzeige mit LEDs
- Kein Mikrocontroller
- Externer NTC zur Temperaturkompensation

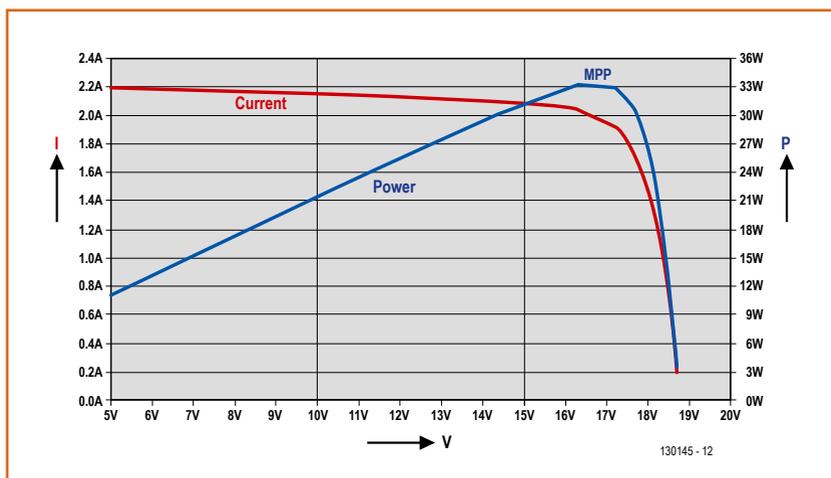


Bild 1. Mit Hilfe der Spannungs-Strom-Kurve lässt sich sehr einfach das Optimum = MPP eines Solarmoduls bestimmen.

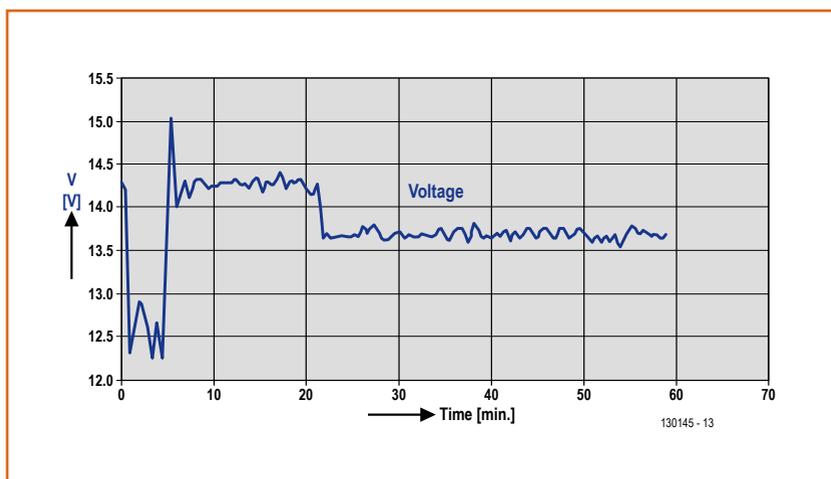


Bild 2. Der Spannungsverlauf eines 12-V-Blei-Akkus über eine Stunde enthält die Phasen Entladung, Ladung und Erhaltungsladung.



Kühlung

Bei einem kontinuierlichen Ausgangsstrom von 2 A erwärmt sich die ganze Platine. R_{DSon} des im LT3652 integrierten Schalttransistors liegt bei 175 m Ω , was einen Großteil der Verluste der Schaltung zur Folge hat. Deshalb muss das IC zwingend via „exposed pad“ gekühlt werden. Durchkontaktierungen sorgen für den Abtransport der Wärme zur Kupferfläche auf der Rückseite der Platine. Die Kühlung ist hier aufgrund einer Aussparung in der Lötstopmmaske besonders effektiv. Für den Wärmetransport kann man ein Stückchen Alu-Platte zwischen Platine und Metallgehäuse klemmen. Dann wird zusätzlich Wärme über das Gehäuse abgeführt. Ohne diese extra Wärmeabfuhr haben wir bei Raumtemperatur mit der Platine auf dem Tisch im Elektor-Labor schon Temperaturen um die 75 °C gemessen. Bei höheren Umgebungstemperaturen und eingebaut in ein Gehäuse ist die beschriebene Art der Kühlung unbedingt erforderlich. Passende Abmessungen der Alu-Platte wären etwa 5 x 10 mm. Ihre Dicke richtet sich nach dem Montageabstand der Platine zum Gehäuse; der minimale Abstand ist durch die Beinchen der bedrahteten Bauteile festgelegt, die ja nicht das Gehäuse berühren und daher möglichst knapp abgeknipst werden sollten. Außerdem sollte zwischen Platine und Alu-Platte ein isolierendes Pad, um eine galvanische Verbindung des ICs zum Gehäuse zu vermeiden. Je nach Pad ist der Einsatz von Wärmeleitkleber angesagt oder aber Wärmeleitpaste zwischen Platine und Platte und etwas Kleber an den Kanten der Platte.

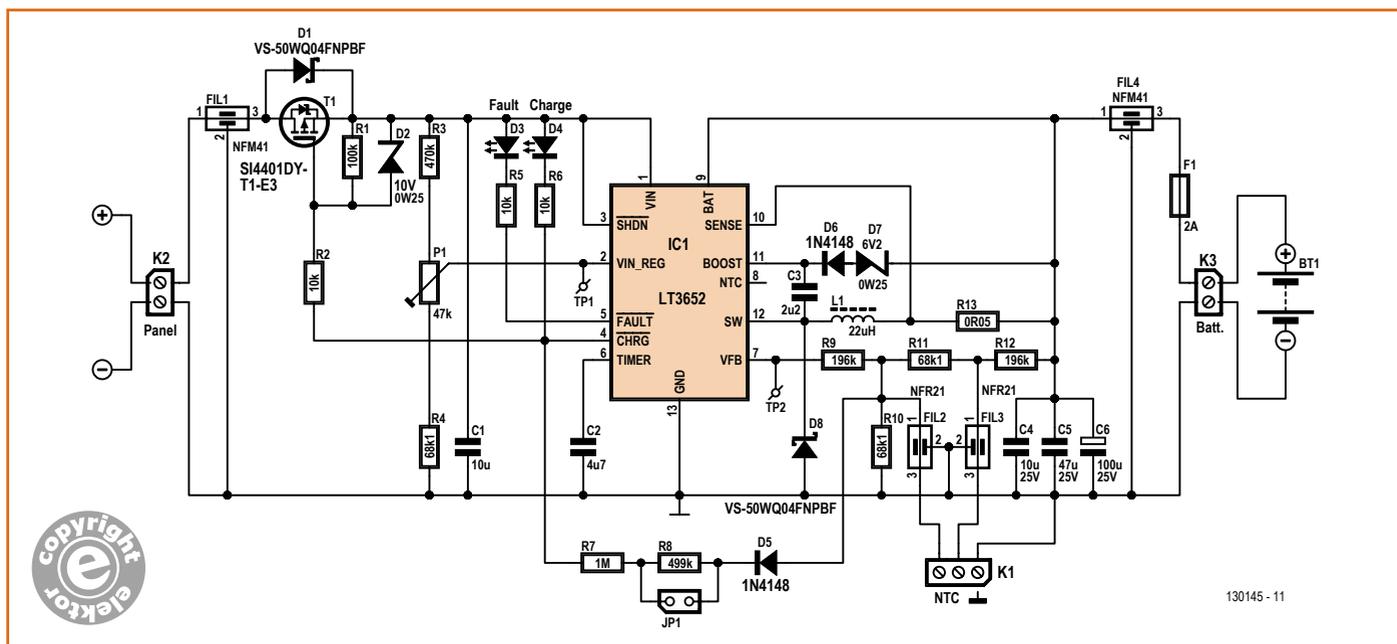
den Spannungsteiler aus R9, R10, R11, R12 und einem NTC (an K1) bestimmt. Bei einem NTC gilt ja: je wärmer desto niedriger sein Widerstand. Bei einem typischen Bleiakku schwankt die Spannung für die Erhaltungsladung zwischen 14,6 V bei -10 °C und 13,2 V bei 40 °C. Der NTC kompensiert diesen

Temperaturgang und sorgt so unabhängig von der Temperatur für einen stets voll geladenen Akku. Ist keine Temperaturkompensation erforderlich, kann man den NTC einfach durch einen Widerstand mit 22 k Ω und 1 % Genauigkeit ersetzen. Der nötige Verlauf der Spannung V_{float} über der Temperatur ergibt sich bei einem 22-k Ω -NTC

Sonnige Überlegungen @ Elektor.Labs

Der Leiter des Elektor-Labors Ton Giesberts machte sich Gedanken über die Schaltungstechnik und die angepeilte (theoretisch mögliche) Qualität des MPPT-Solarladlers. Zu Anfang beschäftigte er sich mit den Verlusten der Speicherdrossel L1. Bei einer fixen Schaltfrequenz von 1 MHz steigen die Verluste mit größerem Kern. Messungen zeigten aber, dass die gewählte Lösung in Ordnung ist. Ton testete die Schaltung mit einem Solarmodul-Simulator. So etwas kann man ganz unterschiedlich bauen. Am einfachsten mit einer Stromquelle, an die man einige in Serie geschaltete Leistungsdioden hängt. Der Spannungsabfall über den Dioden simuliert das Verhalten eines Solarmoduls. Etwas aufwändiger war dann, eine Schaltung mit einigen Dioden des Typs 1N4148 in Serie zu bauen, deren Spannungsabfall verstärkt und zur Steuerung eines Serienreglers verwendet wurde. Hierdurch werden die hohen Verlustleistungen ohne Last vermieden, die den Simulator sonst ziemlich heiß gemacht hätten. Normalerweise findet man im Datenblatt zu einem Solarmodul Angaben zu Leerlaufspannung, Kurzschlussstrom, Spannung beim MPP und Strom bei einer Bestrahlung mit 1 kW/m². Die MPP-Spannung ist mit P1 einstellbar. Doch was bei LT unter MPPT läuft, ist faktisch eine (einfachere) Regelung des Ausgangsstroms, damit die Eingangsspannung bei hoher Last nicht einbricht. Mit anderen Worten: Der Ladestrom wird reduziert, wenn das Solar-Panel die geforderte Leistung nicht bringen kann. Wenn daher die geforderte Leistung niedriger ist als die, die das Panel liefern kann, steigt die Eingangsspannung auf Werte oberhalb des MPP. Man kann sich schon fragen, ob dieses Verhalten wirklich die Bezeichnung MPPT verdient. Noch fraglicher wird das Attribut MPPT, wenn man überlegt, dass sich der MPP bei stärkerer oder schlechterer Beleuchtung als bei den Angaben im Datenblatt verändert.





mit einem B von 3.380. So ein Wert ist nicht so leicht erhältlich. Man kann ihn aber auch durch eine Serienschaltung zweier 10-k Ω -Typen von Murata vom Typ NTSD0XH103FE1B0 samt eines 2-k Ω -Widerstands mit 1 % ersetzen. Bei gestecktem Jumper JP1 liegt R10 parallel zu R7 und der Ladeschluss bei 14,4 V. Ist JP1 nicht

Bild 3. Die Schaltung des MPPT-Solarladereglers. Der Laderegler basiert auf dem IC LT3652 von LT. Die Ferrit-Entstörfilter (FILx) an kritischen Schaltungspunkten reduzieren HF-Abstrahlungen.

Bild 4. Die Platine des Elektor-Labors ist kompakt und für hohe Ströme, gute Wärmeabfuhr und niedrige HF-Störpegel optimiert. Eingebaut in ein Metallgehäuse sollten keine nennenswerten HF-Abstrahlungen mehr auftreten.

Stückliste

Widerstände:

(ohne Angabe: 5 %, 125 mW, SMD 0805)

- R1 = 100 k
- R2,R5,R6 = 10 k
- R3 = 470 k, 1 % 100 mW
- R4,R10,R11 = 68k1, 1 %
- R7 = 1 M
- R8 = 499 k, 1 %
- R9,R12 = 196 k, 1 %
- R13 = 50 m Ω , 1 %, 1 W, SMD 1206
- P1 = 47 k, 20%, Trimpoti, stehend

Kondensatoren:

- C1 = 10 μ / 50 V, +80 %/-20 %, SMD 1210, Y5V
- C2 = 4 μ 7/ 25 V, 10 %, SMD 1210, X7R
- C3 = 2 μ 2/ 25 V, 10 %, SMD 0603, X5R
- C4 = 10 μ / 25 V, 10 %, SMD 1206, X5R
- C5 = 47 μ / 25 V, 20 %, SMD 2220, X7R
- C6 = 100 μ / 25 V, 20 %, radial, auch SMD

Spulen/Filter:

- FIL1,FIL4 = NFM41PC204F1H3L (Murata)
- FIL2,FIL3 = NFR21GD4702202L (Murata)
- L1 = 22 μ / 11 A, 20%, 14,6 m Ω (Würth Elektronik 74435572200)

Halbleiter:

- D1,D8 = VS-50WQ04FNPBF, SMD D-PAK
- D2 = BZX84-B10,215, SMD SOT-23
- D3 = LED, rot, 3 mm, bedrahtet
- D4 = LED, grün, 3 mm, bedrahtet
- D5,D6 = 1N4148, SMD SOD-123F
- D7 = BZX84-B6V2, SMD SOT-23
- IC1 = LT3652EMSE#PBF, SMD 12MSOP
- T1 = SI4401DY-T1-E3, SMD SO-8

Außerdem:

- F1 = Sicherung, 2 AT, 5x20 mm, mit Platinenhalter
- JP1 = 2-pol. Pfostenstecker, RM 0,1", mit Jumper
- K1 = 3-pol. Schraubklemme für Platinenmontage, RM 5mm
- K2,K3 = 2-pol. Schraubklemme für Platinenmontage, RM 5mm
- TP1,TP2 = Lötstift
- Gehäuse: Teko 2/A.1, Aluminium, 57,5x72x28 mm
- Platine # 130145-1 v1.1 [1]

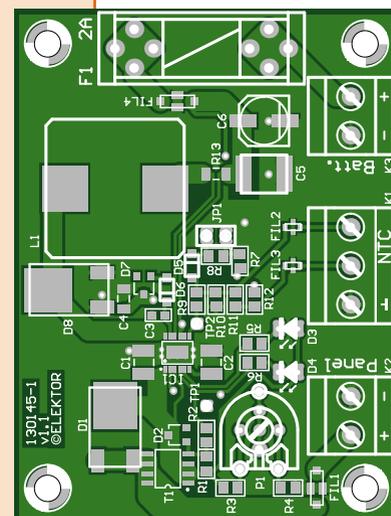




Bild 5. Sieht zwar (noch) nicht ganz so professionell aus, funktioniert aber im Segelboot des Autors prächtig.

Tabelle 1. Messungen im Elektor-Labor (NTC ersetzt durch 22-kΩ-Widerstand)

$V_{in}[V]$	$I_{in}[A]$	$V_{out}[V]$	$I_{out}[A]$	$P_{in}[W]$	$P_{out}[W]$	Wirkungsgrad (%)
16	1,004	9,8	1,466	16,064	14,469	90,07
16	1,004	10,77	1,35	16,064	14,54	90,51
16	1,002	11,60	1,25	16,032	14,5	90,44
16,97	0,903	13,95	1,00	15,323	13,95	91,03
18,3	0,64	13,97	0,75	11,712	10,478	89,46
18,95	0,4	13,99	0,47	7,58	6,617	87,30

gesteckt, reduziert sich die maximale Ladespannung auf 14,1 V, was für wartungsfreie Gel-Akkus besser passt. Ein Blick ins Datenblatt des Akkus ist nicht verkehrt.

Die Schaltfrequenz des LT3652 beträgt 1 MHz, was einen guten Wirkungsgrad und ordentlich HF-Abstrahlung ergibt. Der erste Prototyp war durchaus in der Lage, den UKW-Empfang im Boot zu blockieren! Deshalb wurden für die vorgestellte Version die Platine überarbeitet, an eine Abschirmung gedacht und RFI-Filter (FILx) von Murata für Eingang, Ausgang und den NTC vorgesehen.

Die Platine

Bei modernen Schaltreglern ist das Platinen-Lay-out ziemlich kritisch. Die vom Elektor-Labor entwickelte Platine von **Bild 4** [2] hält sich strikt an die Empfehlungen des Datenblatts zum LT3652. Wo nötig wurden breite Leiterbahnen vorgesehen. Ein LT3652 hat ein so genanntes „exposed pad“ auf der Unterseite, das ebenfalls verlötet werden muss. Die zugehörige Kupferfläche ist zur besseren Wärmeabfuhr via Durchkontaktierungen mit einer Kupferfläche auf der Rückseite der Platine verbunden – siehe auch die Anmerkungen

im **Kasten** „Kühlung“. Die Platine muss dann so montiert werden, dass diese Unterseite thermischen Kontakt mit einem Metallgehäuse hat. Beim Autor wurde die Platine mit Abstandsbolzen direkt auf eine Alu-Platte geschraubt (**Bild 5**). Das IC LT3652 überwacht nämlich seine eigene Temperatur und reduziert den Ladestrom, wenn ihm zu warm wird.

Mehr Leistung kriegt man so: man nehme mehr Panels und je einen Lader pro Panel. Die Ausgänge kann man einfach parallel schalten!

Zum Wirkungsgrad

Die Verluste der Schaltung hängen von verschiedenen Faktoren ab. Einige kann man beeinflussen – andere nicht oder nur schwer. Verluste entstehen an R_{DSon} von T1 - mit etwa 40 mW sind diese akzeptabel. Hinzu kommen Spannungsabfälle im LT3652 und die Verluste an D8 - beide sind weder zu vermeiden noch zu beeinflussen.

Weitere zwei Faktoren sind technisch beeinflussbar. Zunächst zum ohmschen Verlust von L1 - die ausgewählte Spule verträgt bis zu 11 A, was fast übertrieben wirkt. Auch eine 2,1-A-Spule würde funktionieren. Doch ihr Widerstand von 170 mΩ würde gegenüber den nur 14,6 mΩ der 11-A-Spule bei 2 A einen Verlust von 700 mW (gegenüber nur 46 mW bei der größeren Spule) mit sich bringen. Der zweite Faktor sind die ohmschen Verluste von C4...C6, den Ausgangskondensatoren. Hier helfen Exemplare für hohe (Wechsel-)Ströme mit niedrigem ESR.

Bleibt nur, Ihnen einen stets geladenen Akku zu wünschen!

(130145)

Weblinks

[1] www.linear.com/product/LT3652

[2] www.elektor-magazine.de/130145

Weitere Messungen

Jumper JP1 entfernt:

- Ladung bei 14 V beendet (14,35 V bei heißer Platine);
- Ladevorgang startet bei Spannung unter 13,9 V;
- Nach Einschalten bei ohmscher Last: 2 V am Ausgang (0,3 A) bis 9,5 V erreicht werden (0,28 A bei 9,0 V), dann steigen Spannung und Strom auf 9,8 V bei 1,44 A.

Jumper JP1 gesteckt:

- Ladung bei 14,2 V beendet (14,56 V bei heißer Platine);
- Ladevorgang startet bei Spannung unter 13,9 V;
- Nach Einschalten bei ohmscher Last: 2 V am Ausgang (0,3 A) bis 9,7 V erreicht werden (0,28 A bei 8,6 V), dann steigen Spannung und Strom auf 9,88 V bei 1,43 A.



2-tägiges Seminar: MATLAB & Regelungstechnik

Das Softwarepaket Matlab bietet eine breite Palette unterschiedlicher Funktionalitäten und hat sich in den vergangenen Jahren zu einem der Standardwerkzeuge für numerische Berechnungen in den Bereichen Industrie, Forschung und Lehre entwickelt. Auf der einen Seite kann man Matlab einfach als einen mächtigen Taschenrechner auffassen – andererseits verbirgt sich dahinter eine höhere Programmiersprache mit integrierter Entwicklungsumgebung. Man kann auf eingängliche Weise Berechnungen und anschließende Visualisierungen der Ergebnisse miteinander verbinden. Die Seminarteilnehmer erhalten Kenntnisse in Grundbegriffen der Regelungstechnik und lernen Regelstrecken und deren Problematik erkennen.

Veranstaltungsorte/-termin: **Innsbruck, 12. + 13. März 2014**

Referenten: **DI Dr. Andreas Mehr** – Ing. **Ronald Stärz, BSc** – **Bernhard Hollaus, MSc** – **Benjamin Massow, BSc, MSc**

Teilnahmegebühr: **1.399,00 Euro (Inkl. MwSt.)**

Im Preis sind Mittagessen, Seminarunterlagen, Dokumentation, Hard- & Software und Teilnahmezertifikat inbegriffen.

1-tägiges Seminar: Raspberry Pi-Grundlagen

Der Raspberry Pi ist ein Ein-Platinen-Computer für gerade mal 40 € und hat innerhalb kürzester Zeit eine große Fangemeinde gefunden. Er ist mit seinen 700 MHz, 512 MB Arbeitsspeicher und einem leistungsstarken Grafikchip nicht nur in der Lage als einfacher Linux-Rechner verwendet zu werden - sondern dank seiner weitreichenden Schnittstellen (GPIO, I²C, SPI, Serial, USB) auch geeignet in komplexeren elektronischen Schaltungen Anwendung zu finden. Doch bevor man die erste LED mittels des kleinen Computers schalten kann, sind einige Vorarbeiten zu erledigen. An diesem Punkt setzt das Seminar an, erklärt die Grundlagen des Raspberry Pi, seine Geschichte und Konkurrenten, seine Hardware Komponenten, die Vorbereitung des Raspbian Linux und schließlich die Verwendung in eigenen Projekten.

Veranstaltungsorte/-termin: **Hanau, 3. April 2014**

Referent: **Nico Maas**

Teilnahmegebühr: **349,00 Euro (inkl. MwSt.)**

Im Preis sind Mittagessen, Seminarunterlagen, Dokumentation und Teilnahmezertifikat inbegriffen.

2-tägiges Seminar USB-Treiber für Mikrocontroller

Moderne Mikrocontroller verfügen seit einiger Zeit über integrierte USB-Schnittstellen. Diese kann man recht einfach in eigene Anwendungen integrieren. In diesem Seminar wird gezeigt, wie man für diese integrierten USB-Schnittstellen eine Kommunikation mit Betriebssystemen (Windows und Linux) über Treiber und Bibliotheken realisiert. Das Seminar ist mit vielen praktischen Beispielen abgerundet, um verschiedene Möglichkeiten für eine Anbindung kennenzulernen.

Veranstaltungsorte/-termin: **München, 21. + 22. Mai 2014**

Referent: **Dipl.-Inf. (FH) Benedikt Sauter**

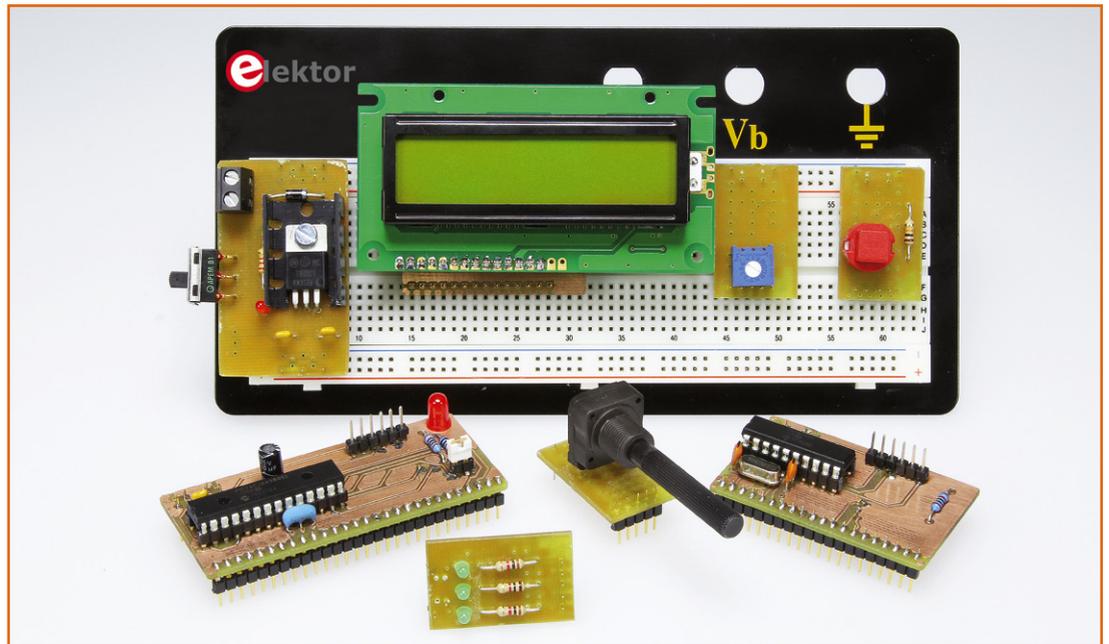
Teilnahmegebühr: **749,00 Euro (inkl. MwSt.)**

Im Preis sind Mittagessen, Seminarunterlagen, Dokumentation und Teilnahmezertifikat inbegriffen.

Mini-Module für Steckplatinen

Stromversorgung, LEDs, Drucktaster, PIC und LCD

Von
Jennifer Aubinais
(F) [1]



Ich arbeite gern mit Steckplatinen, im Fachjargon auch *Breadboards* genannt. Doch auf die Dauer ist es lästig, immer wieder die gleichen, unverzichtbaren Komponenten einzustecken, zum Beispiel die Bauteile für die Stromversorgung, die Anzeige- und Bedienelemente oder den Mikrocontroller. Deshalb habe ich einsteckbare Module konstruiert, gewissermaßen für den täglichen Bedarf...

Was stand an vorderster Stelle auf meiner Wunschliste? Richtig, ein Modul, das den Versuchsaufbau mit Strom versorgt! Ein Spannungsregler aus der 78er Reihe mit zugehörigen Kondensatoren und eine LED sind Standard. Und wie denken Sie über die Komponenten, die wegen ihrer zu breiten oder durchmesserstarken Anschlüsse nicht in die Steckplatine passen, zum Beispiel Potentiometer oder Schalter? Diese Bauteile hingen bisher an abreißgefährdeten Leitungen neben der Steckplatine. Die Lösung: Ich setze diese Bauteile auf ein Modul mit Kontaktstiften, die zu meiner Steckplatine passen.

Der Abstand bestimmter Kontakte ist ein Kapitel für sich. Haben Sie auch gedacht, dass es da

eine einheitliche Norm gibt? Weit gefehlt! Als ich bereits mehrere Module aufgebaut hatte und auf meinem Steckplatinensortiment ausprobieren wollte, erlebte ich eine Überraschung. Offensichtlich hat jeder Typ eigene Abstandsmaße, ganz nach Lust und Laune des Herstellers. Ich komme später noch darauf zurück.

Für den Anfang habe ich fünf Module entworfen und gebaut. Natürlich können Sie diese Palette beliebig erweitern, zugeschnitten auf das, was Sie brauchen. Ich freue mich, wenn Sie mich an Ihren Ideen teilhaben lassen. Wenn meine Steckplatinen-Module Akzeptanz finden, nehme ich das zum Anlass, auf das Thema in einem

zweiten Elektor-Beitrag zurückzukommen. An dieser Stelle will ich mit einem Modul beginnen, das fast immer unverzichtbar ist.

Stromversorgung (einseitig)

Wie hoch ist die Betriebsspannung Ihrer Versuchsaufbauten: +5 V, +12 V oder brauchen Sie andere Spannungen? Bauen Sie für jede Betriebsspannung ein eigenes Modul. Die Schaltung in **Bild 1** ist für die TO-220-Version der 78er-Spannungsregler ausgelegt. Zwei Entkoppelkondensatoren und eine Diode 1N4001 zur Sicherung gegen Verpolung sind hier Pflicht. Auf meinem Modul habe ich einen Schalter hinzugefügt. Eine LED, die das Vorhandensein der Betriebsspannung signalisiert, ist immer nützlich.

Ein Glättungskondensator (Siebelko) ist auf dem Modul nicht vorhanden. Das Modul ist für den Betrieb an einem stabilisierten Labornetzteil bestimmt, wie es an jedem Arbeitsplatz vorhanden sein dürfte. Wenn ein Steckernetzteil die Eingangsspannung liefert, müssen Sie gegebenenfalls einen solchen Kondensator parallel zum Eingang des Spannungsreglers schalten. Der Elko wird ebenso wie die Spannungsquelle an K1 angeschlossen. Die Kapazität muss mindestens 10 µF betragen, die Spannungsfestigkeit muss der Eingangsspannung angepasst sein.

Hinter dem Schalter befindet sich K2, hier können Sie weitere Module anschließen. Das kann beispielsweise ein Regler für die Spannung 3,3 V sein. Ein LF33 von STMicroelectronics, bei dem der mittlere Anschluss an Masse liegt, ist eine gute Wahl. Der Schalter schaltet gleichzeitig beide Betriebsspannungen.

Multifunktionales Modul (einseitig)

Einen Widerstand oder eine LED einzustecken, ist nicht mühsam. Trotzdem kann die Schaltung in **Bild 2** nützlich sein, wenn sie als Modul verfügbar ist. Dieses Modul lässt sich variieren: Hier haben wahlweise drei LEDs mit Vorwiderstand, ein Drucktaster mit Pullup-Widerstand, ein Potentiometer oder ein Trimpoti ihren Platz. Von der Schaltung hängt die Funktionalität ab:

- Drei LEDs an Masse. Für 3-mm-LEDs an +5 V ist ein Strombegrenzungswiderstand 1 kΩ meistens richtig.
- Ein Trimpoti an der Betriebsspannung. Der Wert 10 kΩ passt fast immer, andere Werte sind natürlich möglich.
- Ein Potentiometer mit Achse, auf der Steckplatine ist es mit einer Hand bedienbar.

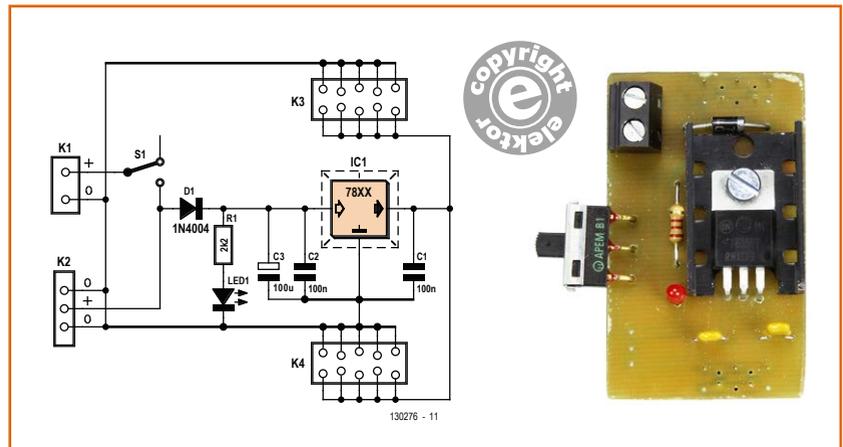


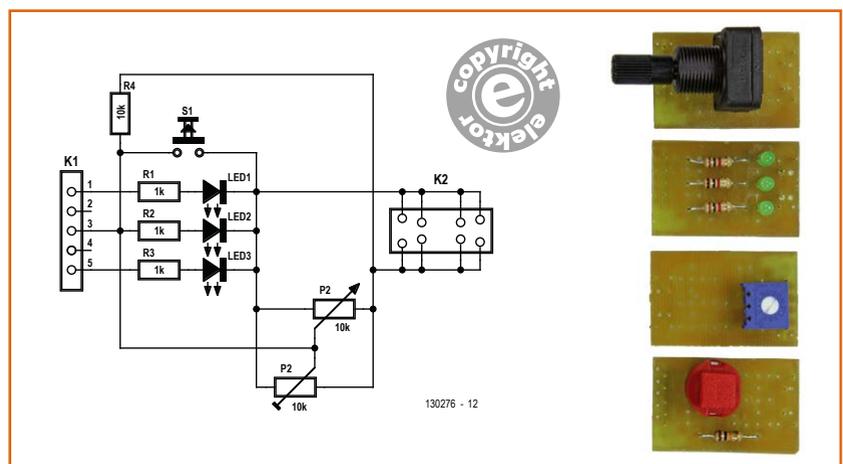
Bild 1. Schaltung des Moduls für die Stromversorgung. Mit einem 7805 beträgt die Ausgangsspannung +5 V, andere Spannungen sind mit anderen Varianten möglich.

- Ein Drucktaster, denn die Form und das Raster der Anschlüsse sind zum Einstecken in ein Steckbrett meist ungeeignet. Zum Taster gehört ein Pullup-Widerstand, der bei offenem Kontakt die Leitung K1-3 auf die Betriebsspannung zieht.
- In die Platinenbohrungen mit erweitertem Durchmesser passen bei Bedarf auch andere Komponenten hinein.

LC-Modul (einseitig)

An vielen LC-Displays befinden sich Anschlüsse, die nicht ständig gebraucht werden, aber nicht offen bleiben dürfen (**Bild 3**). Die Eingänge D0... D3 müssen an Masse gelegt werden, für die Ein-

Bild 2. Multifunktionales Modul: Drucktaster, LED, Potentiometer oder Trimpoti - die gleiche Platine für unterschiedliche Funktionen.



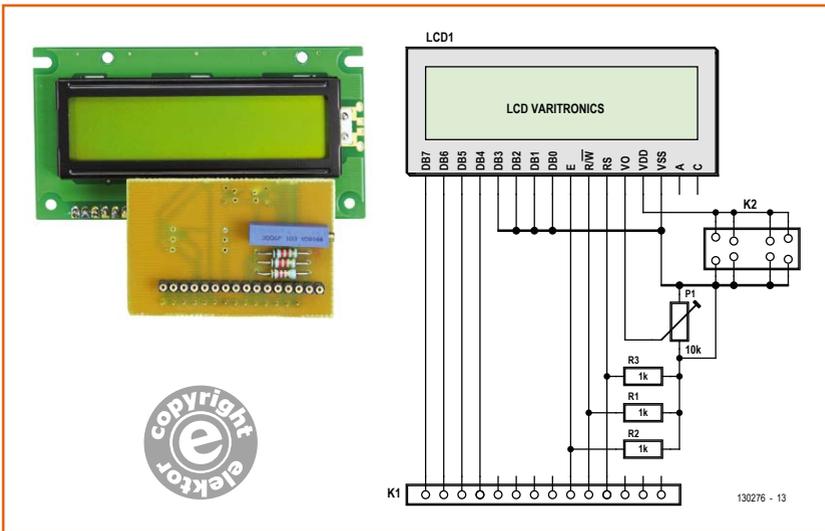
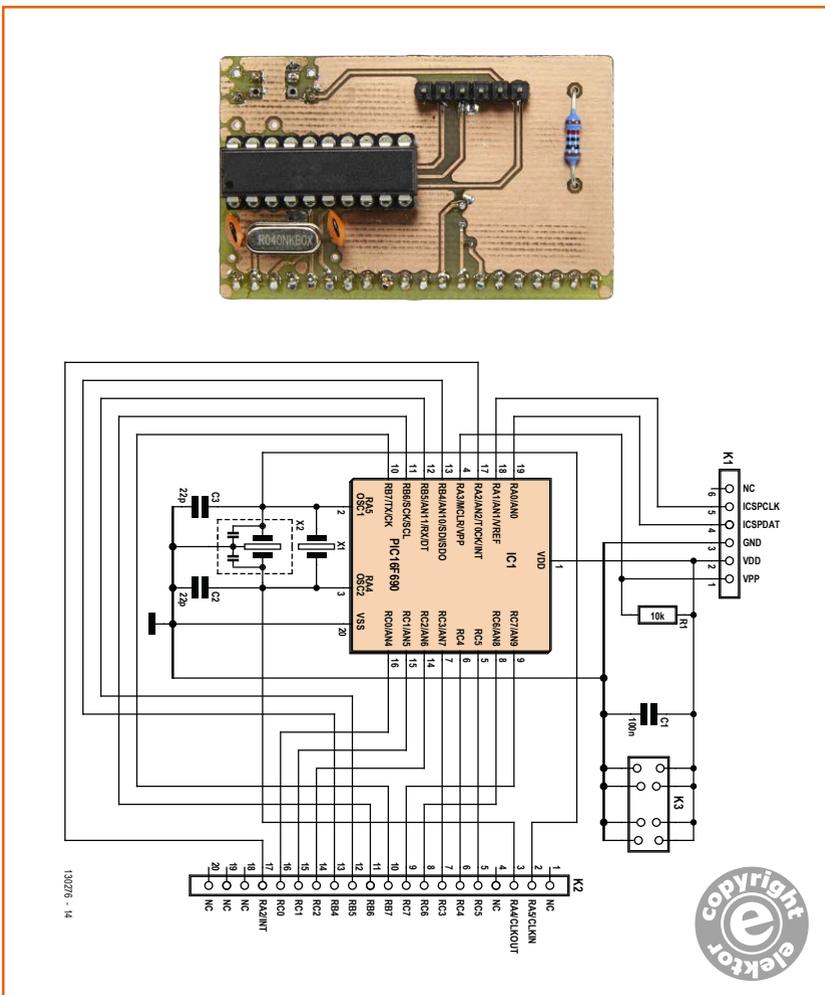


Bild 3. Schaltung des LC-Display-Moduls. Das LC-Display wird auf die Modulplatine aufgesteckt, dort befinden sich nur vier weitere Bauelemente.



gänge E, R/W und RS sind drei Widerstände nötig, und der Kontrast muss einmalig mit einem Trimmpoti eingestellt werden. Auf die Steckplatine müssen die Leitungen E, RS, R/W und D4...D7 sowie gegebenenfalls die Anode (A, +) und Kathode (C) der Hintergrundbeleuchtung geführt werden. Mit diesem Modul sind nur noch die Leitungen für die vier Daten-Bits zu bedienen. Das LC-Display befindet sich im Modus *Write*, es kann nur Daten empfangen. Die Steuerleitung R/W kann eingespart werden, sie ist jedoch an K1 verfügbar. Das Modul ist unkompliziert aufgebaut, das LC-Display wird einfach auf die zugehörige Kontaktleiste aufgesteckt.

Mikrocontroller-Modul für PIC16F690 und PIC24HJ64GP502 (doppelseitig)

Ich habe schon zahlreiche Schaltungen versuchsweise auf Steckplatinen aufgebaut. Doch trotz aller Routine ist das Verkabeln von Mikrocontrollern und verwandter Komponenten eher lästig geblieben. Deshalb habe ich zwei Mikrocontroller-Module konstruiert (**Bild 3** und **Bild 4**), ein Modul für den Typ PIC16F690, das andere für den Typ PIC24HJ64GP502. Die Anschlüsse sind weitgehend identisch:

- Betriebsspannung und Masse.
- Ein Entkoppelkondensator 100 nF an der Betriebsspannung des Mikrocontrollers.
- Abgewinkelte Kontaktleiste K1 für den Anschluss des *PICKIT 3 In-Circuit Debuggers* von Microchip.
- Die Stiftkontaktleiste mit 20 oder 28 Kontakten wird in die Steckplatine gesteckt, so dass nur noch die benötigten Leitungen verlegt werden müssen.
- Auf dem PIC16F690-Modul ist Platz für einen Quarz oder einen keramischen Resonator.
- Das PIC24HJ64GP502-Modul hat Platz für einen keramischen Resonator und eine LED, die über einen Jumper an Ausgang RA0 des Mikrocontrollers gelegt werden kann.

Viele Mikrocontroller-Anwendungen kommen ohne hochpräzisen Taktgeber aus. Der Quarz ist entbehrlich, wenn der interne Oszillator das Taktsignal generiert.

Bild 4. Auf der doppelseitigen Modulplatine für den Mikrocontroller PIC16F690 haben auch ein Quarz und die zugehörigen Kondensatoren Platz. Der Mikrocontroller kann über die Kontaktleiste für den PICKIT-Programmer programmiert werden.

Aufbau

Ich hatte es schon erwähnt: Auf Steckplatten können die Abstände überrschend unterschiedlich sein, sie hängen vom Hersteller und vom Typ ab. Auf allen Steckplatten ist außer dem Arbeitsfeld eine doppelte Schiene für die Betriebsspannung vorhanden. Das Arbeitsfeld besteht aus zwei Reihen fünfpoliger Streifen beidseitig einer Schiene. Das Rastermaß der Betriebsspannungsschienen und der Arbeitsfelder ist einheitlich, hier gibt es kein Problem. An den Außenseiten der Steckplatten verhält sich dies anders, die Abstände zu den Betriebsspannungsschienen unterscheiden sich willkürlich, abhängig vom Typ und Fabrikat. Ich hatte mir vorgenommen, die Steckplatten-Module möglichst universell zu gestalten. Deshalb habe ich nach Steckplatten Ausschau gehalten, die in Europa in den meisten Regionen auf dem Markt sind. Zwei Typen habe ich gefunden:

Beim ersten (**Bild 6a**) betragen die Abstände konsequent ein Vielfaches von 0,1 Inch (2,54 mm), auch zwischen den Betriebsspannungsschienen und den fünfpoligen Streifen. Diese Steckplatten sind zum Beispiel bei Selectronic oder Farnell erhältlich.

Beim zweiten Typ (**Bild 6b**), der auch zum Sortiment von Velleman gehört, weicht der Abstand zwischen Betriebsspannungsschienen und Arbeitsfeld um 0,025 Inch (0,635 mm) ab. Der Abstand zwischen der äußeren Spannungsschiene und dem nächstliegenden Kontakt der Arbeitsfläche beträgt 9,53 mm. Beim zuvor genannten Typ beträgt dieser Abstand $4 \cdot 2,54 \text{ mm} = 10,16 \text{ mm}$.

Damit meine Steckplatten-Module mit beiden Steckplatten kompatibel sind, also die Kontaktstifte stets senkrecht in den zugehörigen Kontaktöffnungen stecken, sind die Betriebsspannungsleitungen auf den Modulen als doppelte Lötpunktreihen ausgeführt. Die Verschiebungen betragen ein Viertel eines Rasterschritts (0,25 Grid). Bevor Sie ein Modul aufbauen, müssen Sie sich vergewissern, welche Konfiguration zu Ihrem Steckplattentyp passt.

Bild 6c macht die Unterschiede deutlich: Wenn Sie eine Steckplatte von Velleman besitzen, nehmen Sie die vom Rand entfernte Lötpunktreihe, im Bild rot dargestellt. Zu den anderen Steckplattentypen passt die randnahe Lötpunktreihe, gelb im Bild. Zwar geht es um weniger als einen Millimeter, doch hier ist Präzision notwendig, damit die Module mit der Steckplatte zuverlässigen Kontakt haben.

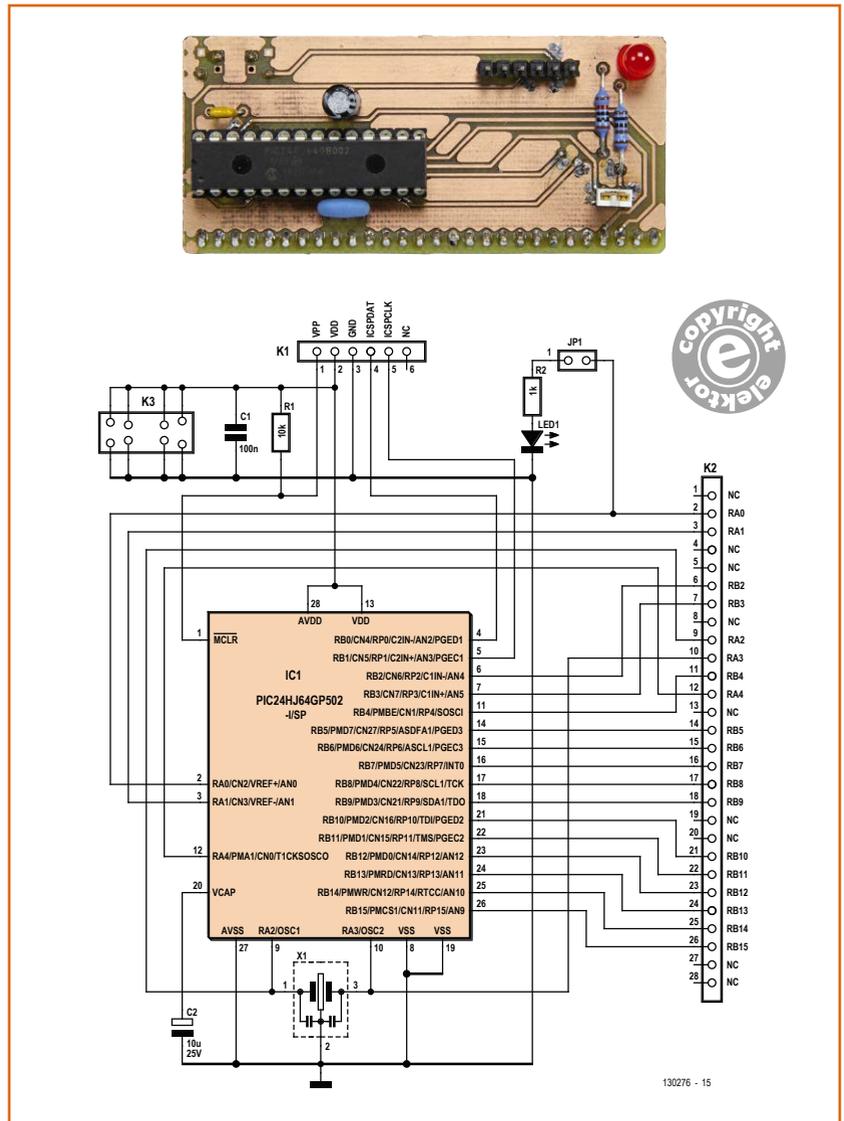


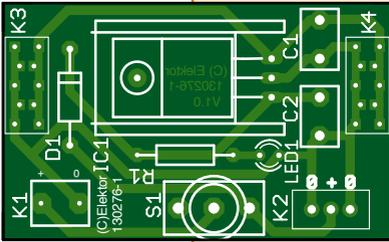
Bild 5. Auch auf dem Modul mit dem Mikrocontroller PIC24HJ64GP502 befindet sich eine Kontaktleiste für den PICKIT-Programmer. Diese Modulplatte ist ebenfalls doppelseitig.

Stabilität, Symmetrie und Polaritäten

Die mechanische Stabilität wird deutlich erhöht, wenn Sie für die Betriebsspannung zwei Kontaktstiftreihen sowie weitere Kontaktstifte für das Arbeitsfeld vorsehen. Als Kontaktstiftreihen für die Betriebsspannung dienen SIL-Stiftleisten, die erste ist fünfpolig, die zweite dreipolig, abhängig von der Anwendung. Die fünfpolige Leiste gehört zur äußeren Lötpunktreihe, die dreipolige Leiste zur inneren Lötpunktreihe. Nicht verwendete Kontaktstifte können Sie mit dem Seitenschneider abknöpfen.

Ich empfehle Ihnen, SIL-Stiftkontaktleisten mit dünnen runden Stiften zu verwenden, zum Bei-

* Mil = 1/1000 Inch (Zoll)



1. Stromversorgungsmodul 130276-1

Widerstand:

R1 = 2k2

Kondensatoren:

C1, C2 = 100 n, Raster 5,08 mm
C3 = 100 µ / 25 V (3,5 mm radial)

Halbleiter:

D1 = 1N4004

IC1 = 7805

LED1 = LED 3 mm, Low current

Außerdem:

S1 = Platinenschalter, z. B. C&K Components

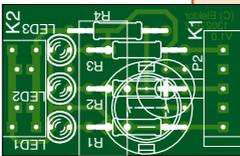
1101M2S3AQE2 (Farnell 1437701)

Kühlkörper 18 K/W für IC1, z. B. ML26AAG von Aavid Thermalloy (RS 712-4260)

K1 = Kabelschraubklemme 2-polig, Raster 5 mm

K2 = Stiftkontaktleiste 3-polig, Raster 2,54 mm

K3, K4 = Stiftkontaktleiste 5-polig (angepasst), z. B. Harwin D01-9923246 (Farnell 1022218), siehe Text



2. Multifunktionales Modul 130276-2

Widerstände:

R1, R2, R3 = 1 k

R4 = 10 k

P1 = 10 k Trimpoti oder Poti mit Achse

Halbleiter:

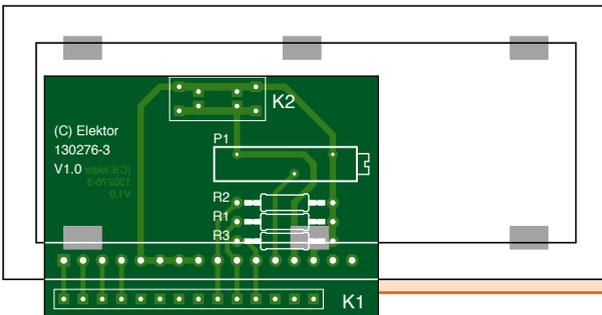
3 LEDs 3 mm, Low current

Außerdem:

K1 = Stiftkontaktleiste 5-polig, z. B. Harwin D01-9923246 (Farnell 1022218)

K2 = Stiftkontaktleiste 5-polig (angepasst), z. B. Harwin D01-9923246 (Farnell 1022218)

S1 = Drucktaster, z. B. C & K Components D6C30LFS (Farnell 1201368)



3. LCD-Modul 130276-3

Widerstände:

R1, R2, R3 = 1 k

P1 = 10 k Mehrgang-Trimpoti, z. B. Bourns 3006P (Farnell 9352295)

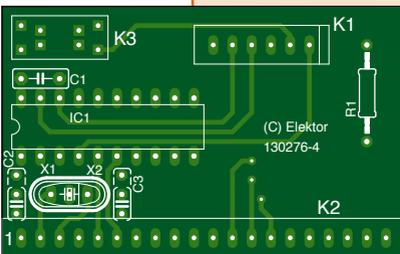
P2 = Poti 10 k

Außerdem:

K1 = Stiftkontaktleiste 14-polig, z. B. Harwin D01-9923246 (Farnell 1022218)

K2 = Stiftkontaktleiste 5-polig (angepasst), z. B. Harwin D01-9923246 (Farnell 1022218)

LCD1 = LC-Display, 2 · 16 Zeichen, z. B. Vatronix TC1602C (Elektor-Shop)



4a. PIC16F690-Modul 130276-4

Widerstand:

R1 = 10 k

Kondensatoren:

C1 = 100 n

C2, C3 = 22 p (nur für X1 = Quarz benötigt)

Halbleiter:

IC1 = PIC16F690-I/P

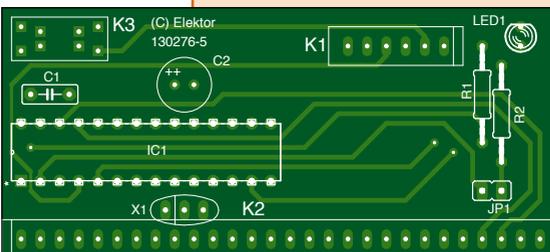
Außerdem:

K1 = Stiftkontaktleiste 6-polig, Raster 2,54 mm (Farnell 1822166)

K2 = Stiftkontaktleiste 20-polig, z. B. Harwin D01-9923246 (Farnell 1022218)

K3 = Stiftkontaktleiste 5-polig (angepasst), z. B. Harwin D01-9923246 (Farnell 1022218)

X1 = Quarz (max. 20 MHz) oder keramischer Resonator (ohne C2 und C3)



4b. PIC24HJ64GP502-Modul: 130276-5

Widerstände:

R1 = 10 k

R2 = 1 k

Kondensatoren :

C1 = 100 n

C2 = 10 µ/25 V stehend

Halbleiter:

LED1 = LED 3 mm, Low

current

IC1 = PIC24HJ64GP502-I/SP

Außerdem:

K1 = Stiftkontaktleiste 6-polig, Raster 2,54 mm (Farnell 1822166)

K2 = Stiftkontaktleiste 28-polig, dünne Stifte, z. B. Harwin D01-9923246 (Farnell 1022218)

K3 = Stiftkontaktleiste 5-polig (angepasst), z. B. Harwin D01-9923246 (Farnell 1022218)

X1 = Keramischer Resonator

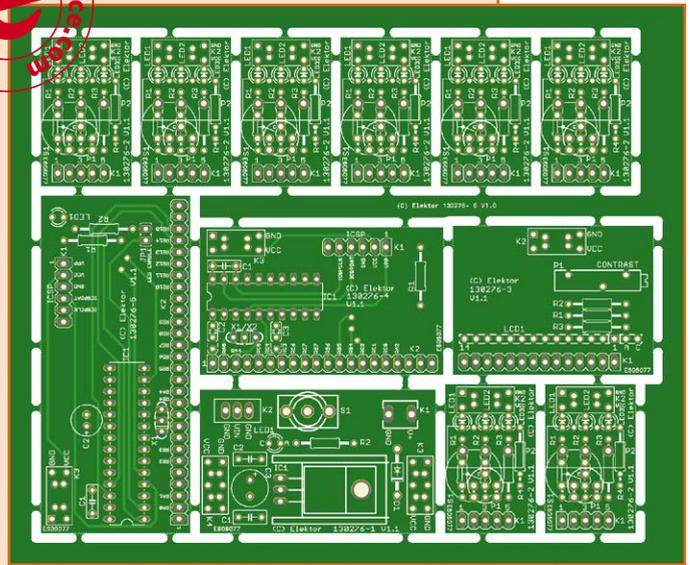
JP1 = Stiftkontaktleiste 2-polig, mit Jumper





Platine 130276-6 enthält 12 Einzel-Platinen

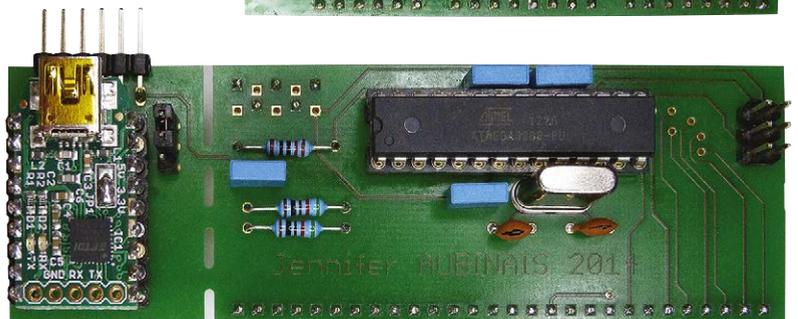
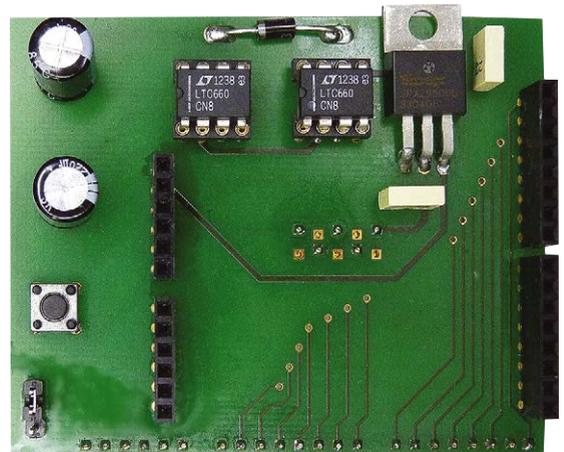
Während der Vorarbeiten zu diesem Beitrag stellte sich schnell heraus, dass die Produktion von Einzelplatinen für die verschiedenen Module wenig sinnvoll ist. Die Kosten hätten eine vernünftige Grenze überschritten. Deshalb haben wir die Platinen mehrerer Module zu einer gemeinsamen Platine zusammengefasst. Dieses Verfahren ist übrigens Standard bei den professionellen Platinenherstellern. Für eine kostensparende Produktion werden mehrere Layouts möglichst materialsparend zu einer großflächigen Platine kombiniert. Nach einigen Versuchsläufen haben wir festgestellt, dass zwölf Einzelplatinen, zusammengefasst auf einer Platine, eine optimale Größe darstellen. Wie hier zu sehen ist, besteht die Kombination aus acht multifunktionalen Platinen sowie jeweils einer Platine für die vier übrigen in diesem Beitrag beschriebenen Module. Die Platine kann über den ElektorPCBservice [3] bezogen werden.



60% der wahren Größe

Zum Schluss bleibt noch ein Blick auf diese Tabelle, die einige in Vorbereitung befindliche Module auflistet. Von den aufgeführten Modulen existieren bereits Fotos, sie können hier vorab betrachtet werden. Die Fotos sollen einen Eindruck von dem vermitteln, was die Zukunft bringt.

Modul	Beschreibung
Spannung -5 V	Negative Spannung -5 V/100 mA oder 200 mA mit einem oder zwei LTC660.
ARDUINO	Brücke zwischen Steckplatine und Arduino-Shield. Stellt 3,3 V und V_{in} (10 V) aus der Spannung 5 V auf der Steckplatine bereit.
Relais-Modul	Drei Relais-Typen verwendbar. Unkomplizierte Steuerung mit einem Transistor.
RS232	RS232-Schnittstelle mit den Signalen RX, TX, CTS und RTS.
ATmega	Für die Kombination mit einem ATmega328, mit oder ohne Arduino-Bootlader. Alle Eingänge und Ausgänge sind auf der Steckplatine zugänglich. Der ATmega 328 kann mit einem Standard-Programmer programmiert werden, mit Arduino-Bootlader wird über den Elektor-BOB oder die Arduino USB/Seriell-Schnittstelle programmiert.



modules reproduites à 100% de leur taille réelle

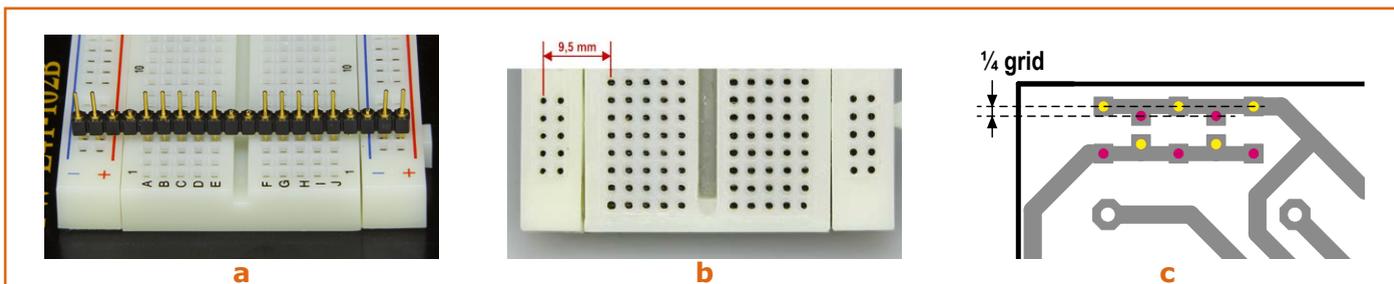


Bild 6. Der Abstand zwischen den Schienen für die Betriebsspannung und dem Arbeitsfeld ist nicht bei allen Steckplatinen gleich. Die Layouts der Modulplatinen tragen den beiden am häufigsten vorkommenden Varianten Rechnung.

spiel den Typ D01-9923246 von Harwin (Farnell 1022218). Quadratische Stifte können die Kontakte Ihrer Steckplatine beschädigen. Eine Ausnahme sind die Kontaktleisten für den PICkit-Programmer auf den Mikrocontroller-Modulen. Diese Kontaktleisten müssen quadratischen Querschnitt haben, denn hier sind die runden Stifte zu dünn. Die Stiftkontaktleisten werden auf der Kupferseite der Modulplatine montiert. Zwischen der Kunststoffhalterung und der Platine muss so viel Abstand bleiben, dass die Lötunkte erreichbar sind. Richten Sie die Kontaktleisten korrekt aus. Auf der fünfpoligen Leiste kneifen Sie die Stifte 2 und 4 mit dem Seitenschneider ab, auf der dreipoligen Leiste nur den mittleren Stift. Für die abgekniffenen Stifte sind auf der Platine keine Bohrungen vorhanden.

PIC-Voltmeter mit LC-Display

Nicht ohne einen gewissen Stolz zeige ich Ihnen in **Bild 7** mein Voltmeter, konstruiert mit einem

PIC16F690 und einem LC-Display, aufgebaut mit den beschriebenen Modulen. Sie sehen dort eine Stromversorgung für +5 V, ein Mikrocontroller-Modul und ein LC-Display-Modul. Das außerdem vorhandene multifunktionale Modul dient nur zur Demonstration. Dort können Sie die Spannung einstellen, die das LC-Display anzeigt. Alle Platinenlayouts und Platinenaufdrucke können Sie von der Projektseite [2] herunterladen.

Die Verkabelung der Stromversorgung erklärt sich selbst. Wenn Sie das Mikrocontroller-Modul oder das LC-Display verkabeln, sollten Sie die zugehörigen Schaltungen zur Hand nehmen. Die Konfiguration der Datenleitungen lässt sich im Programm des PIC-Mikrocontrollers anpassen.

Das Verkabeln des Voltmeters ist ein Kinderspiel, probieren Sie es aus! Auch ich bin erstaunt, dass nur neun Leitungen zu verlegen sind. Kann das wirklich funktionieren?

(130276)gd

Weblinks

- [1] www.aubinais.net
- [2] www.elektor-magazine.de/130276
- [3] www.elektorpcbservice.com

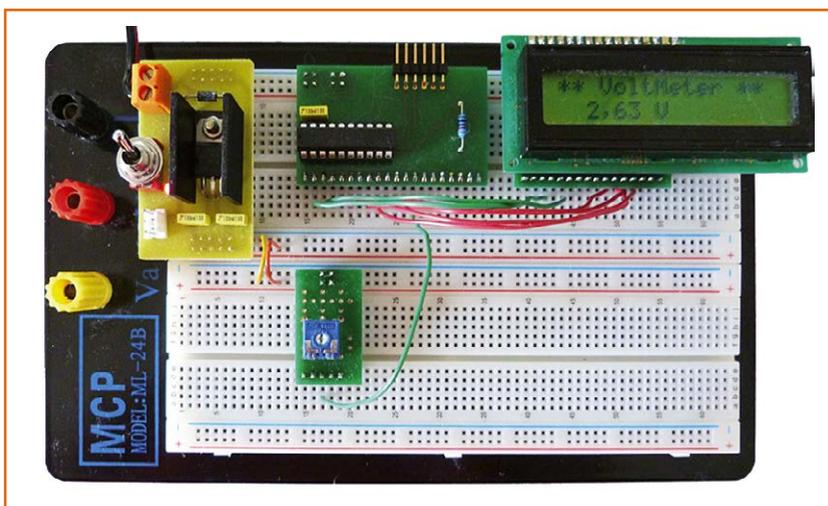


Bild 7. So schnell ist ein Digitalvoltmeter aufgebaut: Drei Steckplatinen-Module, neun Leitungen und ein weiteres Modul, das eine Testspannung liefert.

Professionelle Hard- & Software zum Sonderpreis!

Exklusiv für Studenten!

Als neuer Vertriebspartner von National Instruments bietet Elektor ab sofort die Produkte der NI-Plattform für Ausbildung und Lehre für Studenten und schulische Einrichtungen an. Diese edukative Plattform vereint Hardware, Software und Unterrichtsmaterial, um Schülern und Studenten ein attraktives und inspirierendes Lernumfeld zu ermöglichen.

LabVIEW

Mit der Systemdesignsoftware *LabVIEW* können Studenten praxisorientiert anhand von Projekten und Systemen in einer einzigen Umgebung lernen und sich so Fähigkeiten und Verfahrensweisen aneignen, die im späteren Berufsleben unschätzbar sind.



Circuit Design Suite

Die *Circuit Design Suite* umfasst *Multisim* und *Ultiboard* und ist eine vollständige Plattform für Entwurf, Simulation und Validierung von Schaltplänen sowie den Leiterplattenentwurf. Die Suite verfügt über Funktionen, die speziell auf die Anforderungen von Studenten zugeschnitten sind, die bei der Entwicklung von elektronischen Konzepten hilfreich sind.



myDAQ

Bei *myDAQ* handelt es sich um ein kostengünstiges Datenerfassungsgerät, das überall und jederzeit Messungen und Analysen physikalischer Signale ermöglicht. *myDAQ* ist kompakt und portabel, sodass Studenten auch außerhalb des Labors und unter Einsatz branchenüblicher Werkzeuge und Methoden praktische Erfahrungen sammeln können.



Studentenversionen:

- Der Preis von *LabVIEW* und *Circuit Design Suite* beträgt jeweils als Software-Download nur 23,95 € bzw. als Software-DVD nur 27,90 € (inkl. Versand).
- Das *myDAQ Education-Kit* bestehend aus *myDAQ* + 3 Software-DVDs (*LabVIEW*, *Circuit Design Suite* und *DIAdem*) kostet nur 179,95 € (inkl. Versand).

Jetzt bestellen unter www.elektor.de/ni-plattform!



DesignSpark Tipps & Tricks

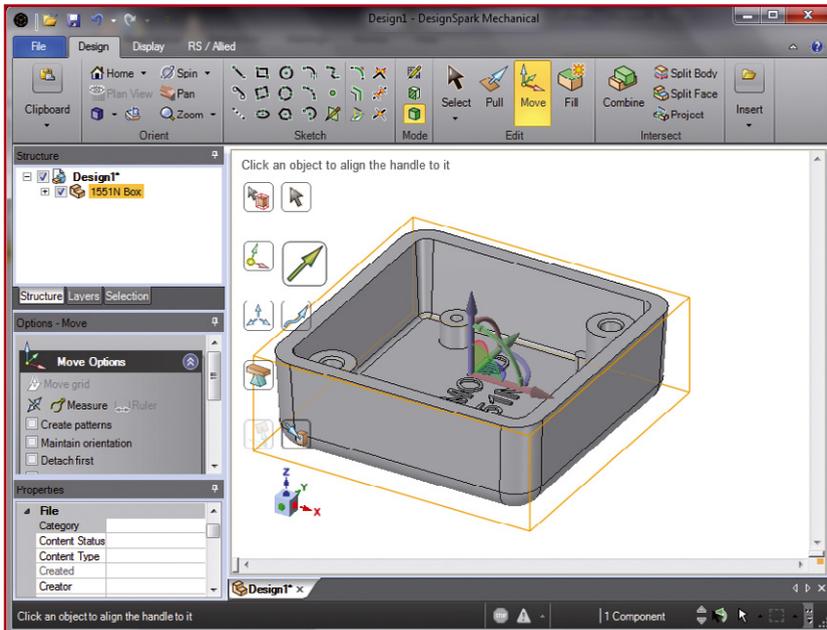
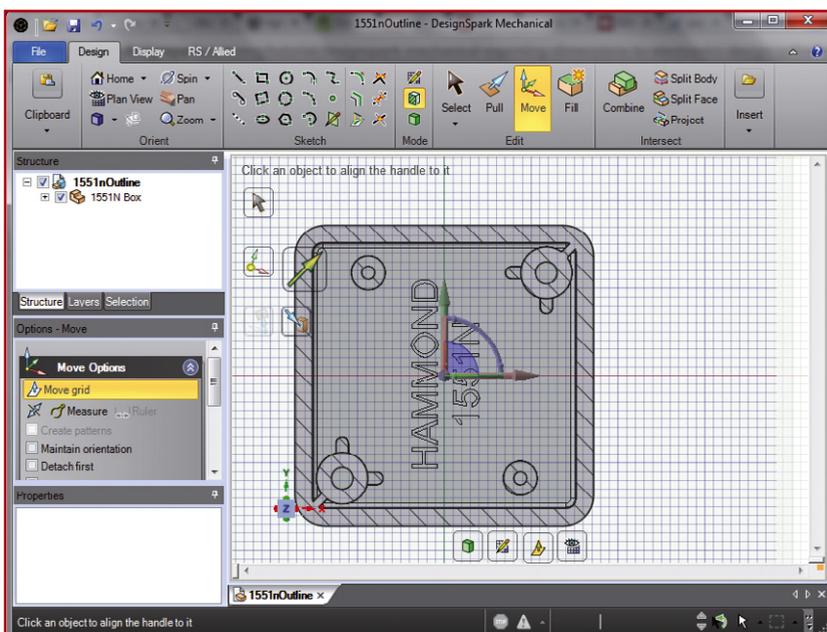


Bild 1. Ergebnis des Imports der STEP-Dateien für das Gehäuse 1551N von Hammond in DesignSpark.

Bild 2. Querschnitt durchs Gehäuse in DesignSpark Mechanical.



Platinenkonturen

Von Neil Gruending (Kanada)

In den früheren Folgen dieser Reihe wurde der Einfachheit halber eine quadratische Platine verwendet. Jetzt geht es darum, eine Platine zu zeichnen, die genau in das Gehäuse des Typs 1551N von Hammond Manufacturing passt. Hierbei hilft DesignSpark Mechanical. Anschließend wird das Ergebnis in DesignSpark PCB importiert.

Die PDF-Dateien zum 1551N-Gehäuse von Hammond enthalten zwar schon die Zeichnung der Platinenkonturen (so genannte Outlines) [1], doch statt rein der DesignSpark-Mechanical-Anleitung zu folgen [2] werden hier STEP-Dateien für eine eigene Zeichnung verwendet.

Platinenkonturen

Zuerst werden die STEP-Dateien des Gehäuses durch Klick auf das Toolbar-Icon Design→Insert→File in das DesignSpark-Mechanical-Projekt importiert. Der Dialog zur Dateiauswahl öffnet sich für die zu importierende Datei. Voreingestellt ist die Anzeige von DesignSpark-Mechanical-Dateien (*.rdoc), weshalb man STEP-Dateien (*.stp) wählen muss, um die Gehäuse-Dateien einlesen zu können. So wie in **Bild 1** sieht das Gehäuse nach dem Import aus.

Wenn man nun der Anleitung für einen Querschnitt im DesignSpark-Tutorial folgt, erhält man die Darstellung von **Bild 2**.

Die kleineren Befestigungsbolzen dienen der Befestigung der Platine und die beiden größeren der des Deckels. Als Nächstes wird eine 2D-Zeichnung auf Höhe der Bolzen erstellt. Das Tuto-

rial erläutert, wie man eine neue Komponente für die Platinenkontur erstellt und wie man die Platinenfläche auswählt, während man sich im Modus „project to sketch“ befindet. Es ist sehr wichtig, dass man nach ihrer Erstellung die Komponente für die Platinenkontur im Projekt (hier „1551nOutline“) zur aktiven Komponente macht, indem man per Rechtsklick „Activate Component“ wählt. Im nächsten Schritt werden Kanten und Seiten in der aktiven Komponenten-Hierarchie ausgewählt. Wenn daher zuvor vergessen wurde, den gesamten Entwurf zu aktivieren, kann man hinterher schlicht nichts auswählen.

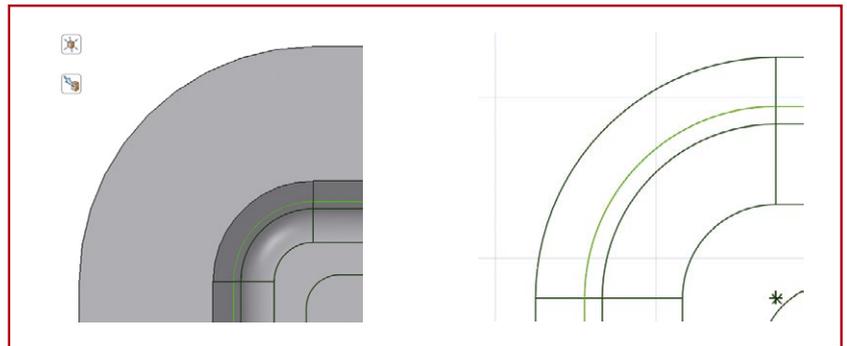


Bild 3. Die grünen Hilfslinien markieren die Platinenkonturen.

Laut dem DesignSpark-Tutorial soll man zur gruppierten Auswahl der Platinenfläche eine Box über das gesamte Innere des jeweiligen Gehäuses ziehen. Ich erledigte dies durch einen Klick auf die Wandmitte der Ecke oben links und anschließendem Ziehen auf die Mitte der Eckwand unten rechts. Dadurch sind alle Ecken und sonstigen Punkte ausgewählt und auf der Sketch-Ebene verfügbar. Das ist da, wo die Platine die Montagebolzen berührt. Man erledigt dies im „Plan View“, da DesignSpark Mechanical in der 3D-Ansicht zu anderen Resultaten kommt. Nach der Auswahl dieses Gebiets wird eine „Curves“-Komponente zum Design hinzugefügt. Diese kann man per Klick und Drag zur Platinenkontur-Komponente hinzufügen (siehe Tutorial).

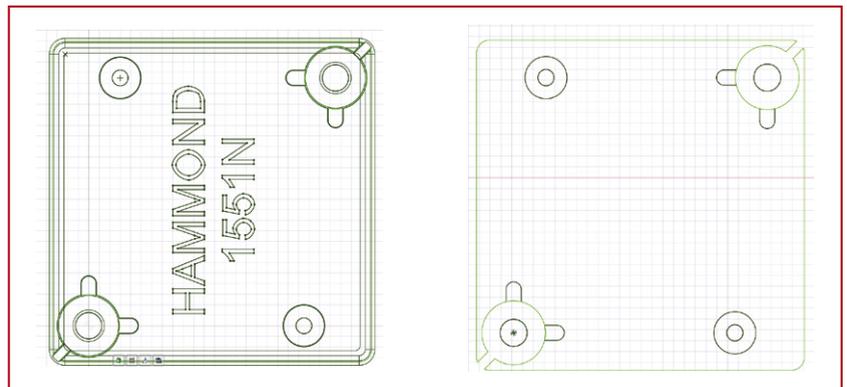


Bild 4. Die linke Ausgangsansicht wird „getrimmt“; die bereinigte Version ist rechts zu sehen.

An diesem Punkt sollte man bei der Platinenkontur-Komponente per Rechtsklick „Open Component“ auswählen können. Wenn dieser Eintrag ausgegraut ist, sollte man die Projekt-Datei zuerst sichern und dann neu öffnen. Beim Öffnen der Platinenkontur sieht man zwar eine 2D-Ansicht der Platine, doch sind immer noch alle Kanten und Seiten des Gehäuses von unten bis oben enthalten, was viel mehr Linien ergibt, als man erwarten würde. Ein praktisches Vorgehen ist, das 3D-Modell zu öffnen und herauszufinden, wo sich die Platine mit den Gehäusewänden überschneidet. Diesen Linien kann man per Doppelklick eine andere Farbe zuweisen. Die Farbänderung in der 3D-Ansicht bleibt auch in der Platinenkontur erhalten, siehe **Bild 3**. Die grüne Linie entspricht hier der aktuellen Platinenkontur. Das macht es einfach, diese von den anderen Linien der Platinenkontur-Ansicht zu unterscheiden. Nun muss man diese Kontur editieren, damit sie nur noch die Platinenfläche enthält. Man muss also die meisten nichtgrünen Linien entfernen.

Hierzu verwendet man das Tool „Trim Away“ und löscht nicht benötigte Linien. Mit dem Trim-Tool kann man Linien verändern (wenn sich die Maus über eine Linie bewegt, wird das Segment hervorgehoben, das gelöscht wird, wenn man klickt). Man kann aber auch mehrere Linien gruppieren und sie dann gemeinsam löschen. Gruppiertes Löschen scheint in der 3D-Ansicht besser als im „Plan View“ zu funktionieren. Der rechte Screenshot von **Bild 4** zeigt die editierte Version der linken Seite.

Man beachte, dass die Bolzen noch nicht gelöscht sind, denn man braucht sie noch um die Kontur so zu editieren, dass die Montagebolzen für den Deckel (plus Abstände zu den Wänden für Fertigungstoleranzen) ausgespart werden. Für den Abstand zwischen Platine und Gehäusewand erschienen mir 0,4445 mm ausreichend. Die resultierende Platine misst also 29,5 x 29,5 mm. Zunächst macht man die Platine mit dem Tool

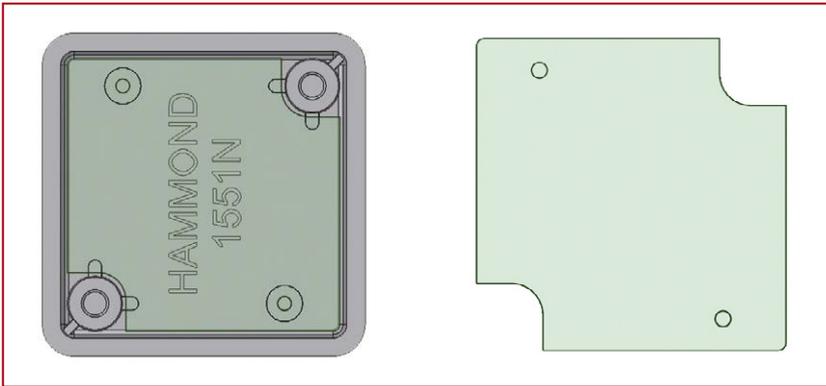


Bild 5. Die Erstellung solcher runden Platinecken ist sehr einfach.

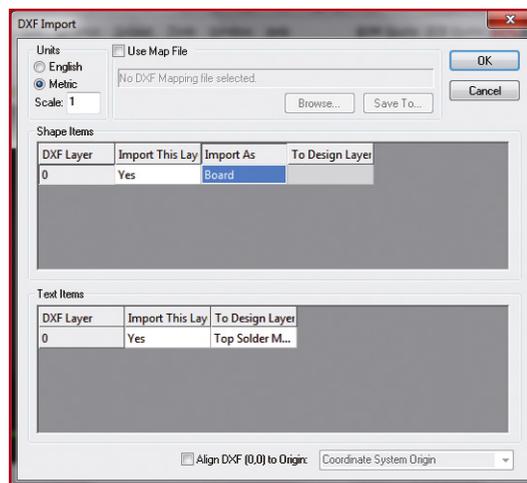


Bild 6.
Die Platinenkontur wird in DesignSpark PCB importiert.

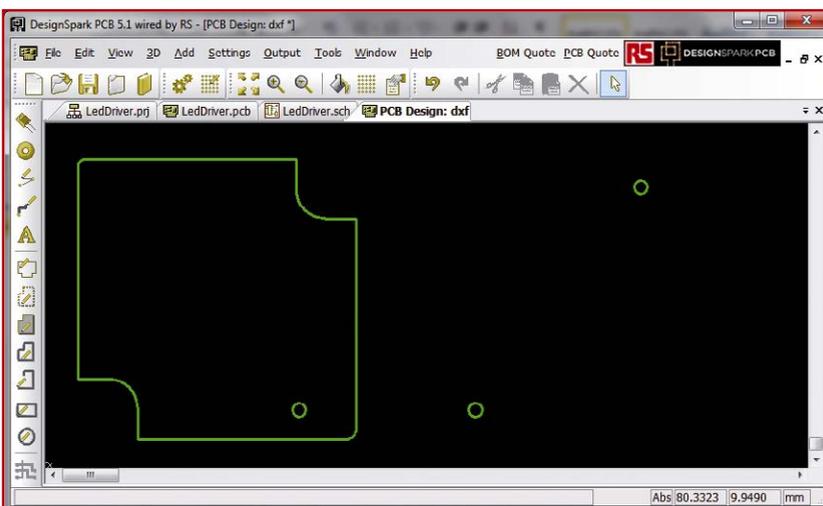


Bild 7. Platinenkontur mit abgerundeten Ecken und fertig für die weitere Bearbeitung in DesignSpark PCB. Die falsch platzierten Aussparungen werden in der nächsten Folge korrigiert.

„Create Corner“ quadratisch, indem alle runden Ecken gelöscht wurden. Das macht es einfacher, die Kontur zu editieren, da DesignSpark dabei nicht versuchen muss, die abgerundeten Ecken verbunden zu halten. Mit dem Move-Tool bewegt man die Platine mit gedrückter Leerzeilentaste um 0,4445 mm einwärts, um die exakte Position der Linie eingeben zu können. Anschließend zeichnete ich Quadrate mit 6,34 mm Kantenlänge an die Stellen der Bolzen für den Deckel links unten und rechts oben. Jetzt kam das Trim-Tool zur Entfernung aller restlichen, unnötigen Linien zum Einsatz. Mit dem Tool „Create Rounded Corner“ wurden dann wieder abgerundete Ecken erzeugt. **Bild 5** zeigt das Resultat innerhalb und außerhalb des Gehäuses.

Nun kann die Platinenkontur als DXF-Datei exportiert werden, so dass man sie in DesignSpark PCB importieren kann. Hierzu wählt man im Menü des Fensters der Platinenkontur-Komponente „File→Save As“ und stellt das DXF-Format ein.

Kontur-Import

Nach der Erstellung der Platinenkontur wird sie in DesignSpark PCB importiert. Man erstellt eine neue Platinen-Datei und wählt im Menü „File→Import“. Nach Auswahl der DXF-Datei erscheint der DXF-Import-Dialog (**Bild 6**). Man stellt metrische Einheiten ein und ändert das Feld „Import As“ in „Board“. Nach einem Klick auf „OK“ erscheint die Platine mit den Löchern für die Bolzen an den falschen Stellen. Dies wird demnächst noch geändert. **Bild 7** zeigt das Resultat des Imports.

Fazit

Es wurde gezeigt, wie man spezielle Platinenkonturen für DesignSpark PCB erstellt, auch wenn die Aussparungen nicht an den richtigen Positionen liegen. In der nächsten Folge werden diese noch korrigiert und je eine so genannte Keepout-Area für die Montagebolzen hinzugefügt.

(130360)

Weblinks

- [1] Dateien für das 1551N-Gehäuse von Hammond 1551N:
www.hammondmfg.com/dwg9.htm
- [2] Export-Anleitung für DesignSpark Mechanical:
www.designspark.com/eng/tutorial/designspark-mechanical-exporting-dimensions-to-Elektronik-design-Software

Elektor 3D-Drucker

Drucken und Modellieren in der dritten Dimension

Elektor bietet in Kooperation mit dem 3D-Drucksystem-Spezialisten German RepRap diesen 3D-Drucker (mit blauer Speziallackierung) in der Sonderausführung mit exklusivem Lieferumfang an.

Der neue Elektor 3D-Drucker ermöglicht bessere Druckergebnisse und einen wesentlich schnelleren Aufbau als gängige Drucker-Bausätze. Für die im Vergleich wesentlich kürzere Aufbauzeit sorgen Steckanschlüsse bei den Schrittmotoren, bestückte Platinen und ein fester, stabiler Edelstahlrahmen.

Technische Daten:

- Abmessungen (B x H x T): 500 x 460 x 460 mm
- Druckvolumen (X x Y x Z): 230 x 230 x 125 mm
- Geschwindigkeit: 3 mm Material bis 100 mm/Sekunde, 1,75 mm Material bis ca. 180 mm/Sekunde, Leerlauf bis 350 mm/Sekunde
- Betriebsspannung: 230/115 V Wechselspannung
- Material: ABS / PLA / PS / PVA / Laywood (Holzdraht) / Laybrick

NEU!



Lieferumfang:

- Kunststoffteile (Polyamid-Kunststoff, besonders schlagfest und belastbar)
- Edelstahlrahmen (in blau) mit Nivellierfüßen, Schrauben, Gewindestangen, Wellen, Linearkugelbuchsen, Kugel- und Gleitlager
- T 2.5 Antriebsriemen und gefräste Riemenscheiben
- 5x NEMA17 Schrittmotor mit 0,52 Nm Drehmoment
- Ramps v1.4 Elektronik inkl. Kabel und Netzteil
- Modulares Hot-End 3 mm mit 0,5 mm Düse (optional auch mit 0,4 / 0,3 mm Düse)
- Beheiztes Druckbett 12 V
- 1x PLA Plastik 750 g (rot 3 mm)
- 1x PLA Plastik 750 g (gelb-grün 3 mm)
- 1x PLA Plastik 750 g (blau 3 mm)
- Software-CD inkl. Druckcode für ein Druckobjekt

Preis: 1.199,00 Euro
(inkl. MwSt.)

Die Lieferung innerhalb Deutschlands erfolgt frei Haus.

Weitere Infos & Bestellung unter www.elektor.de/3d-drucker

Steckernetzteil-Tester

AC oder DC, das ist hier die Frage!



Klar, das 50-Cent-Einweg-Steckernetzteil in der Wühlkiste im örtlichen Elektronikladen oder auf dem Flohmarkt ist ein Schnäppchen, aber was gibt es von sich: Spannung, Strom, Polarität, Gleich- oder Wechselspannung?

Von Charles (Chuck) Hansen (USA)

Die (beinahe) fertig bestückte Platine und das Kunststoffgehäuse mit der Bedienungsanleitung auf der Frontplatte.

Vor einiger Zeit kam ich günstig an eine Kiste mit gebrauchter Elektronik, die unter anderem eine Reihe von Steckernetzteilen enthielt. Die Spannungs- und Stromwerte konnten nur teilweise identifiziert werden, einige Aufkleber mit den technischen Daten waren beschädigt oder fehlten ganz. Um die Teile besser sortieren und testen zu können, habe ich eine kleine Prüfbox

mit den üblichen Buchsen (2,1 x 5,5 mm Klinke, 2,5 x 5,5 mm Klinke, 3,5 mm Stereokopfhörer-Klinke) entworfen.

So funktioniert der Tester

Die extrem einfache Schaltung des AC/DC-Steckernetzteil-Testers ist in **Bild 1** dargestellt. Das Netzteil wird an der passenden Buchse K1, K2 oder K3 eingesteckt. Die „heißen“, inneren Anschlüsse der Buchsen K1 und K2 sowie die beiden „Stereo-Kontakte“ von K3 sind mit der Anode der roten und der Kathode der grünen LED der zweifarbigen LED1 verbunden. Auf die gleiche Weise sind die äußeren Anschlüsse der Buchsen K1 und K2 sowie der Ring bei K3 an die beiden LEDs in der zweiten zweifarbigen LED2 angeschlossen. Angenommen, Sie stecken ein DC-Steckernetzteil in die 2,5-mm-Klinkenbuchse des Testers, dann zeigt die rot leuchtende LED den Plus- und die grün leuchtende den Minuspol an. Wenn eine Wechselspannung angelegt wird, leuchten beide LEDs hell orange/gelblich. Zwischen den beiden Duo-LEDs sorgt der Widerstand R1 für eine Begrenzung des LED-Stroms.

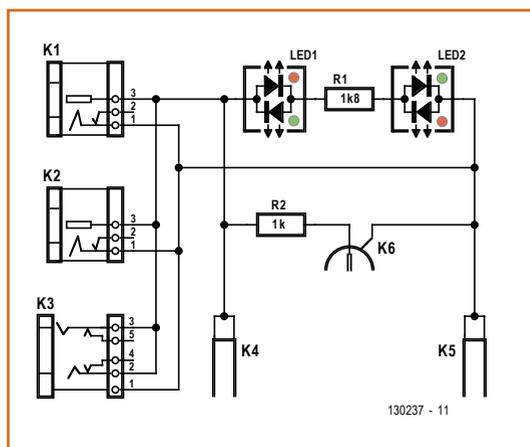


Bild 1.
Zwei zweifarbige LEDs beenden alle Zweifel über Gleich- oder Wechselstrom-Steckernetzteile.

Die Ausgangsspannung kann mit einem Voltmeter an der BNC-Buchse K6 ermittelt werden. Der Reihenwiderstand R2 wurde aufgenommen, um den Strom auf ein erträgliches Maß zu beschränken, sollten Sie mal vergessen, von einer Strom- oder Widerstandsmessung in den Spannungsbereich des Digitalmultimeters (DMM) umzuschalten. Der Widerstand erspart die Suche nach einer neuen Schmelzsicherung für das DMM!

Der Widerstand ist sicher nicht erforderlich für die treuen Leser der *Retronics*-Rubrik und alle anderen, die vorsichtig mit ihren Messgeräten umgehen. Sollte ihr Messgerät kein „auto range“ besitzen, beginnen Sie bei der Messung wie üblich in einem (zu) hohen Spannungsbereich und drehen ihn sukzessive herunter, bis der richtige Bereich erreicht ist.

An den beiden Bananenbuchsen K4 und K5 kann man eine resistive Last anschließen, um die Belastbarkeit des Steckernetzteils abzuschätzen. Als grobe Richtschnur mag gelten, dass die Höchstbelastung erreicht ist, wenn eine Spannung von etwa 95% der Leerlaufspannung erreicht ist.

Preisgünstig und doch wertvoll

Für die Schaltung wurde eine Platine (**Bild 2**) entworfen, die so dimensioniert ist, dass sie in ein kleines ABS-Kunststoffgehäuse passt. Das Aufmacher-Foto zeigt die aufgebaute Schaltung und das Gehäuse. Die 2,5-mm-Leiterplattenbuchse K1 war ausverkauft und erreichte unser Fotostudio nicht rechtzeitig. Die Gesamtkosten der Bauteile der Schaltung, die vom Autor im „Point-to-point“-Verdrahtungsverfahren auf einer Lochrasterplatine bestückt wurden, beliefen sich auf umgerechnet 11 €.

Ein Vorschlag für ein Frontplatten-Layout ist in **Bild 3** zu sehen. Es stellt mit seinen Farben und Symbolen quasi eine Bedienungsanleitung dar und kann kostenlos bei [1] heruntergeladen werden. Sie können das Kunstwerk leicht auf eine geeignete selbstklebende Folie drucken und an der richtigen Stelle des Testers aufkleben. Schneiden Sie mit einem scharfen Bohrer noch die beiden Löcher für die LEDs in den Film und - wenn gewünscht - bringen Sie noch zwei Lagen Polyurethan-Klarlack zum Schutz der Folie auf.

Steckernetzteile aller(s)orten

Dieser Tester wurde für allgemein übliche Steckernetzteile entwickelt und getestet, deren Ausgänge von 5 VDC bis 24 VDC liefern und bis zu 18 VAC leisten. Es gibt auch ungewöhnliche Ste-

Stückliste

Widerstände:

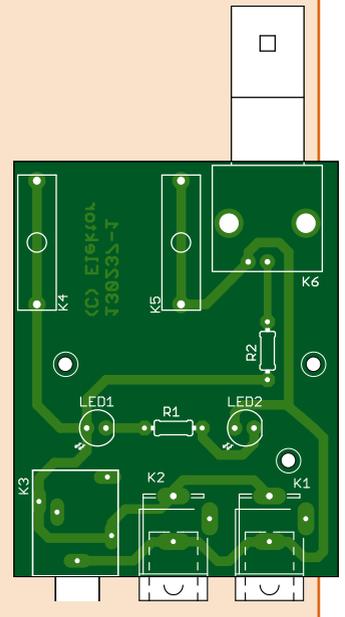
R1 = 1k8
R2 = 1 k

Halbleiter:

LED1, LED2 = LED, zweifarbig rot/grün, 5 mm (2112114)

Außerdem:

K1 = Klinkenbuchse für Platinenmontage, 2,5 mm (1608726)
K2 = Klinkenbuchse für Platinenmontage, 2,1 mm (1608727)
K3 = Stereo-Klinkenbuchse für Platinenmontage, 3,5 mm (1243244)
K4 = Bananenbuchse für Platinenmontage, schwarz (497344)
K5 = Bananenbuchse für Platinenmontage, schwarz (497332)
K6 = BNC-Einbaubuchse, gewinkelt, für Platinenmontage (2293737)
Platine 130237-1 [1]
(Farnell-Bestellnummern in Klammern)



ckernetzteile, die Spannungen von 56 VDC oder 24 VAC oder Ausgangsströme von 12 A liefern. Für so etwas ist der hier beschriebene Tester nicht geeignet! Seien Sie aber nicht überrascht, wenn Sie Modelle ergattern, bei denen ungewöhnlicherweise der Minuspol am sonst „heißen“ Mittelanschluss liegt. Oder solche Typen, die nur brummen und schnell heiß werden...

(130237)

Weblink

[1] www.elektor-magazine.de/130237

Bild 2. Die einfache und geräumige Platine für den AC/DC-Steckernetzteil-Tester.

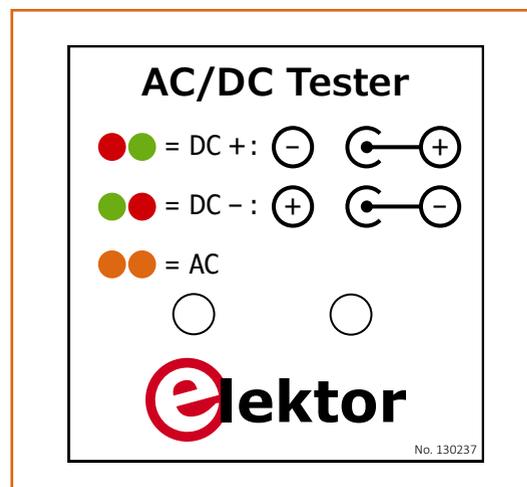


Bild 3. Eine Vorlage für eine Frontplatte. Laden Sie die Grafik-Datei herunter und passen Sie das Layout und die Größe nach Wunsch an.



PTC-Sicherungen Seltsame Bauteile (2)

Von **Neil Gruending**
(Kanada)

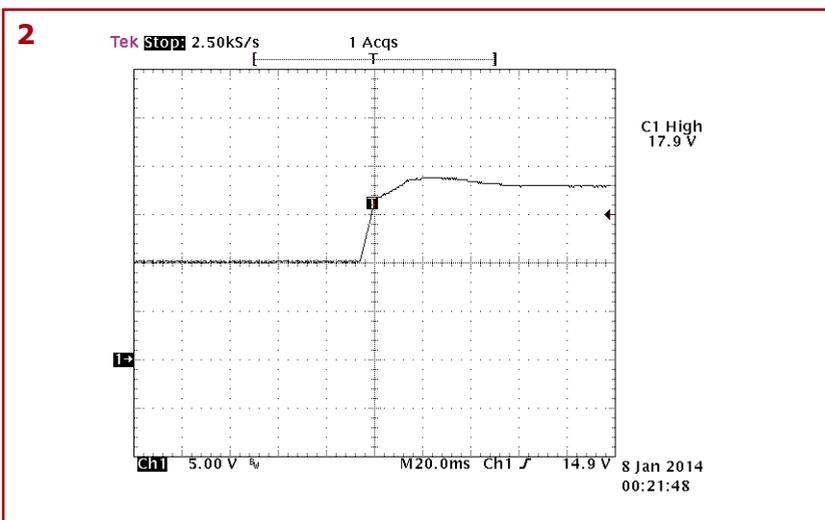
Sicherungen für Überstromschutz sind in der Elektronik gebräuchlich, aber sie können nur einmal schützen, dann müssen sie ersetzt werden. Das funktioniert gut, aber wenn der Fehler oft auftritt, ist es um den praktischen Nutzen der Schmelzsicherung geschehen!

Was Sie wirklich brauchen, ist eine rückstellbare, ja, sogar eine sich selbst zurückstellende PTC-Sicherung (Positive Temperature Coefficient). Eine

PTC-Sicherung besteht aus einem Polymer, das unter normalen Betriebsbedingungen einen niedrigen ohmschen Widerstand aufweist. Bei einem (zu) hohen Strom erwärmt sich das Polymer und wird hochohmig. Wenn die Last sich wieder normal verhält, der Strom zurückgeht, kühlt das Polymer ab und die Sicherung leitet wieder. Das Polymerelement bestimmt auch die Nennwerte der Sicherung für Spannung und Strom.

Da sich eine PTC-Sicherung selbst zurücksetzen kann, ist sie besser als eine gewöhnliche Schmelzsicherung. Eingesetzt werden kann sie zum Beispiel zum Schutz eines Netzteils vor Netzleitungs-transienten, wenn man sie mit einer Überspannungsunterdrückungs-Diode (Transient Voltage Suppression, TVS) kombiniert. Die PTC-Sicherung ist niederohmig, solange die Eingangsspannung geringer ist als die Klemmspannung der TVS-Diode. Aber wenn die Eingangsspannung höher wird, leitet die TVS-Diode, die PTC-Sicherung wird hochimpedant und unterbricht die Stromversorgung, bis die Eingangsspannung wieder normal ist. Die TVS-Diode leitet gewöhnlich während der gesamten Transientenphase, da ein kleiner Leckstrom durch die PTC-Sicherung im hochimpedanten Zustand fließt, was die Temperatur hochhält. Diese Schaltung findet man oft in Automotive-Anwendungen.

Ein weiteres Beispiel ist der Schutz eines Verstärkerausgangs vor Überlast. Dazu wird die PTC-Sicherung parallel zu einem recht hochohmigen Leistungswiderstand (etwa 10 kΩ) geschaltet. Unter normalen Bedingungen schließt die PTC-Sicherung den Leistungswiderstand kurz, sodass der Gesamtwiderstand wenige Ohm beträgt. Wenn die Ausgangslast und damit auch der Widerstand der PTC-Sicherung ansteigen, steigt der



Gesamtwiderstand und die Ausgangsleistung wird reduziert. Auch hier sorgt der kleine Leckstrom der PTC-Sicherung für eine Art Gleichgewicht, bis der Fehler behoben ist. Diese Art der Schaltung ist oft an den Lautsprecherausgängen von Audio-Verstärkern zu finden.

PTC-Sicherungen sind ziemlich einfach anzuwenden. Die wesentlichen Parameter sind Halte- und Auslösestrom. Der Haltestrom ist der empfohlene maximale Betriebsstrom bei einer bestimmten Umgebungstemperatur. Der Auslösestrom definiert den Strom, bei dem die PTC-Sicherung in einer spezifizierten Zeitspanne auslöst. Wenn sich der Laststrom zwischen Halte- und Auslösestrom bewegt, löst die Sicherung zwar immer noch aus, aber es kann eine gewisse Zeit dauern, genau wie bei einer konventionellen Schmelzsicherung. Es muss auch berücksichtigt werden, dass die Werte für Halte- und Auslösestrom relativ stark mit der Umgebungstemperatur variieren. Eine PTC-Sicherung weist eine typische Toleranz von $\pm 50\%$

über den Temperaturbereich $-40...+70^{\circ}\text{C}$ auf!

Bild 1 zeigt ein Beispiel für eine Stromversorgung mit Transientenschutz im Test auf meinem Labor-tisch. Ich habe eine 300-mA-PTC-Sicherung mit einer 16-V-TVS-Diode verbunden und wir können beobachten, was passiert, wenn die Eingangsspannung von 10 V auf 30 V erhöht wird. Das Oszilloskop zeigt erwartungsgemäß eine Spitzenspannung von etwa 18 V, die dann auf 16 V geklemmt wird (**Bild 2**). Aber das wirklich interessante ist, dass der Strom bei 30 V auf etwa 30 mA beschränkt blieb, während ohne PTC-Sicherung die TVS-Diode schnell überhitzt und zerstört worden wäre. Dreht man die Eingangsspannung wieder auf 10 V, setzt die PTC-Sicherung zurück.

Hoffentlich habe ich Sie überzeugt, die PTC-Sicherung in Ihr Arsenal von Schutzschaltungen aufzunehmen. Sie ist eines der vielseitigsten Schutzbauteile überhaupt!

(130476)

Anzeige

mechatronik am mci.

Praxisorientiertes Studium mit besten Zukunftsperspektiven

openhouse.
Sa, 29.03.2014 | 9 – 14 Uhr
www.mci.edu/openhouse

Bachelorstudium Mechatronik

6 Semester | Vollzeit und berufsbegleitend* |
Deutsch, Englisch | Abschluss: BSc

- **Studiengang Elektrotechnik**
Regelungstechnik, Leistungselektronik,
Kommunikationstechnik, Laser, Hochfrequenz-
technik, Automatisierungstechnik
- **Studiengang Maschinenbau**
Anlagenplanung und -bau, Robotik, Fördertechnik,
Handhabungstechnik, Werkzeugmaschinen,
Fertigungstechnik

Masterstudium Mechatronik – Mechanical Engineering

4 Semester | Vollzeit (Englisch), berufsbegleitend
(Deutsch, Englisch*) | Abschluss: MSc

Studienschwerpunkte

- Industrielle Steuer- & Regelungstechnik
- Optische Messtechnik & elektronische
Bildverarbeitung
- Handhabungstechnik & Robotik
- Fertigungstechnik & Materialwissenschaften
- Elektromechanische Modellierung & Simulation

Am MCI stehen motivierten Menschen
1000 Studienplätze in zukunftsorientierten
technischen Disziplinen zur Verfügung.
Ein optimaler Mix von Dozenten aus
Wissenschaft und Wirtschaft sowie ausge-
zeichnete Karrierechancen nach Abschluss
des Studiums zeichnen das MCI aus.

* Vollzeitform: Mo – Fr tagsüber | Berufsbegleitend:
Fr 13:30 – 22:00 Uhr, Sa 08:00 – 17:00 Uhr, ergänzende
Blockveranstaltungen

www.mci.edu

MANAGEMENT CENTER
INNSBRUCK

© Studaiter Glitscher

www.elektor-magazine.de | März 2014 | 57

Die Qual der Wahl

Von **Clemens Valens**
(Elektor-Labor)

Viele wunderbare Projekte, die das Elektor-Labor über die Seite www.elektor-labs.com erreichen, können leicht in einen Artikel im typischen Elektor-Stil umgewandelt werden, aber manchmal auch nicht. Erst scheint es ganz einfach, aber bei näherer Betrachtung entpuppt sich das Projekt als wahre Schlangengrube. Hier ist ein solches Projekt.



Wattmeter

Uns erreichte ein Wattmeter, das der OP kostengünstig aus Bauteilen aus seiner Restekiste aufgebaut hatte. Das Projekt hätte also von Grund auf neu entwickelt werden müssen, was natürlich sehr aufwändig ist. Wegen der interessanten Spezifikationen sollte es aber nicht sterben, und da der OP eine ausführliche Dokumentation mitschickte, machten sich technische Redaktion und Labor daran, eine „Machbarkeitsstudie“ auszuarbeiten. Eine hohe Hürde wurde mit dem Mikrocontroller im Herzen des Wattmeters ausgemacht. Die MSP430F1611 ist nicht nur teuer (im Einzelhandel kostet er etwa 15 €), es muss auch ein spezielles Programmiergerät her. Klar, hier im Elektor-Labor haben wir eines, aber wie sieht es bei Ihnen zu Hause damit aus?

Der Mikrocontroller, den der OP wohl aus Gewohnheit verwendet hatte, scheint ein wenig überdimensioniert für seine Aufgaben. So haben wir nach einer preiswerten und einfachen Alternative gesucht. Wenn man aber den Mikrocontroller wechselt, muss man auch die Software anpas-

sen. Wir haben dies mit dem OP diskutiert und es stellte sich heraus, dass der Code in Assembler geschrieben war und der OP nur ungern mit dem Quellcode herausrücken wollte. Die Portierung von Assemblercode von einem Controller zum anderen ist aber nicht nur zeitaufwändig, sondern steckt auch voller Fallstricke. Schneller und sicherer wäre es, die Steuersoftware in C umzuschreiben. Zudem haben wir uns bemüht, das Design ein wenig zu vereinfachen und preiswerter zu gestalten. Der OP hat zwar eine leicht vereinfachte Eingangsstufe vorgeschlagen, war sonst aber nicht zufrieden mit einer Reduzierung anderer Funktionen.

Zwei Optionen bleiben uns:

- Wir halten an dem ursprünglichen „geschlossenen“ Entwurf fest, der wahrscheinlich zu teuer und zu kompliziert ist, um ein erfolgreiches Projekt zu werden.
- Wir investieren Zeit und Mühe, um das Design zu öffnen und es für unsere (nein, Ihre!) Bedürfnisse anzupassen.

Die erste Option bedeutet, eine Platine zu gestalten, an der wahrscheinlich nur wenige Menschen interessiert sein dürften, samt einem ausgefallenen Controller mit einer Blackbox-Firmware, die Sie nicht an Ihre Bedürfnisse anpassen können. Die zweite Option beinhaltet einen langwierigen Prozess, der uns viel Ressourcen (Geld und Arbeitszeit) rauben würde, die wir für andere Projekte nutzbringender verwenden könnten.

Die Qual der Wahl: Wir haben beschlossen, das Projekt zunächst auf Eis zu legen und Sie um Ihre Meinung und Hilfe zu bitten. Posten Sie Ihre Anregungen und Ideen, wie wir vorgehen sollen. Helfen Sie uns, ein offeneres und billigeres Design zu erstellen:

www.elektor-labs.com/node/3666

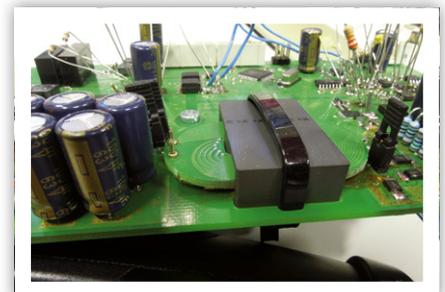
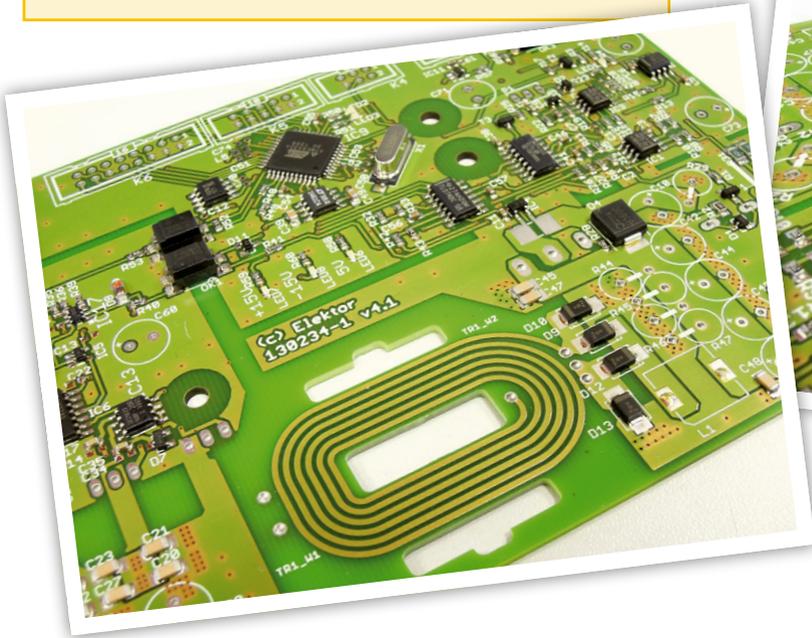
(130446)

Transformierte Platine

Von **Thijs Beckers**
(Elektor-Labor)

Technische Daten (unter Vorbehalt):

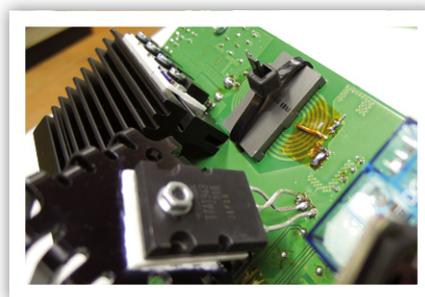
- PC-Netzteil liefert rohe 12 V als Eingangsspannung
- Ausgangsspannung einstellbar von 0...30 V
- Leistung maximal 30 Watt



Ein neues Netzteil erblickte im Elektor-Labor das Licht der Welt. Arne Hinz hat seine Zeit als Praktikant im Elektor-Labor damit verbracht, ein vielseitiges Labornetzgerät mit einer galvanisch von der Netzspannung getrennten Ausgangsspannung zu entwerfen. Sein Entwurf geht auf ein Design von Martin Christoph (ISEA/RWTH Aachen) zurück, das eine interessante Implementierung enthält: einen Aufwärtswandler „in board“. Die Eingangsspannung wird über einen Schaltregler erhöht und über den „Platinentransformator“ den Ausgangsklemmen zugeführt.

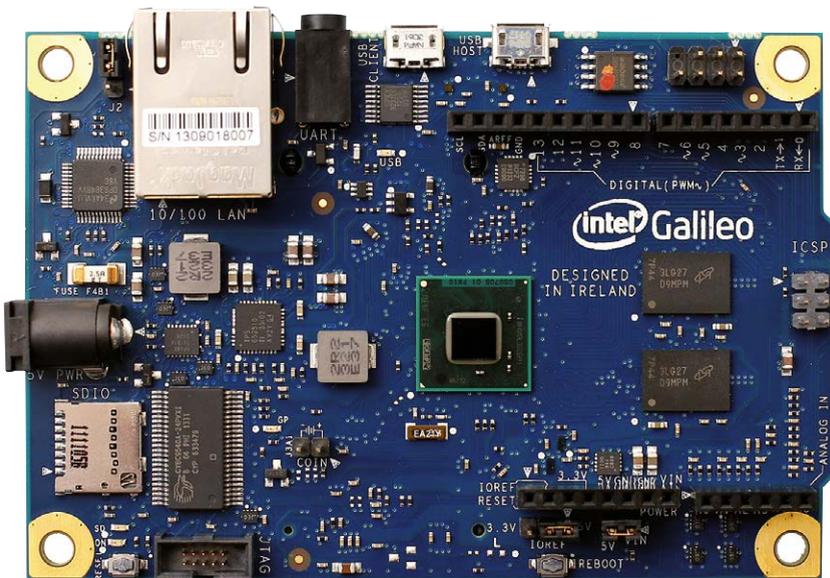
Spannung und Strom werden mit zwei Dreh-Encodern eingestellt und auf zwei 7-Segment-Displays angezeigt. Wir wollen nicht alle Details dieser Schaltung verraten, aber wir haben ein paar appetitanregende Fotos geschossen...

(130363)



Galileo: Intels Arduino

Ein erster Eindruck



Von **Thijs Beckers** (Elektor Labs)

Eines der Privilegien der Tätigkeit bei Elektor ist, dass man leichter an Sneak Previews dessen herankommt, was Chiphersteller so in der Pipeline haben. Erst kürzlich durften wir einem Galileo-Board auf den Zahn fühlen. Hier nun einige der gewonnenen Einsichten zu dieser Arduino-Variante.

Das Galileo-Board ist das Ergebnis einer Kooperation der kleinen italienischen Firma Arduino mit dem Chip-Riesen Intel. Diese neue *Arduino-zertifizierte* Board-Familie startet mit Intels Galileo und richtet sich nicht nur an Anfänger. Der 400 MHz schnelle 32-bit-Controller ist zum Befehlssatz von Intels Pentium-CPU's kompatibel, was vielversprechend klingt.

Wenn man auf die Art und die schiere Anzahl der Bauteile dieses Boards achtet, dann wird schnell klar, dass Galileo relativ zu Arduino Uno in einer ganz anderen Liga spielt. Nicht einmal das aktuelle Yún-Board kann ihm das Wasser reichen. Jenseits der normalen Arduino-Pinheader gibt es eine Menge zusätzlicher Ein- und Ausgänge, angefangen beim JTAG-Interface über den ICSP-Header und RS232 bis hin zu USB als Client oder Host. Und auch eine RJ45-Buchse für den Netzwerkanschluss fehlt nicht.

Der zentrale Intel-Chip wird von zwei 1-Gbit-DDR3L-Speicher-Chips des Typs MT41K128M-8JP-125:G von Micron flankiert. Die große

Menge an SMD-0402-Bauteilen führt zu einer umfangreichen Schaltung, die Arduino-typisch zum kostenlosen Download [1] zur Verfügung steht und erstaunliche 27-PDF-Seiten umfasst! Kleinigkeit am Rande: Die 3,5-mm-Klinkenbuchse liefert keine Audiosignale, sondern ist ein RS232-Interface.

Nach dem Auspacken und der Lektüre des „Quick Start Guide“ sowie dem Download der Entwicklungs-Tools von Intel [2] (verwendet wurde Version 1.5.3 für Intel Galileo und Version 07.5 der Arduino-Software für Windows) kopierten wir die entpackte Software in das Wurzelverzeichnis der Festplatte, wie von der Anleitung vorgeschlagen. Andere Ablageorte können aufgrund der längeren Pfad-Namen zu Problemen führen. Und so war es auch bei uns, nachdem wir es mit einem anderen Verzeichnis probiert haben ;-).

Vor dem USB-Kabel muss die Stromversorgung angeschlossen sein, denn sonst kann das Board beschädigt werden. Das zugehörige Netzteil liefert bei 5 V kräftige 1,5 A, was vermuten lässt, dass dieses Board ordentlich Strom benötigt. Nachdem der Client-USB-Port mit einem PC (oder Mac) verbunden ist, werden die Treiber installiert. Die genaue Befolgung der Anweisungen des „Getting Started Guide“ stellt deren korrekte Installation

[1] <http://arduino.cc/en/ArduinoCertified/IntelGalileo>

[2] <https://communities.intel.com/community/makers/software/drivers>

sicher. Nun erscheint Galileo als Extra-Port am PC. Jetzt muss man sich den virtuellen COM-Port merken, denn dessen Nummer muss in der Arduino-IDE eingegeben werden.

Endlich kann man die IDE starten und einen Arduino-Sketch laden und ausführen. Laut „Getting Started Guide“ legt man mit dem Sketch *Blink* los. Dies entspricht dem üblichen Vorgehen der Programmierung eines Arduino-Boards. Zunächst wählt man das Board und seine serielle Schnittstelle im Menü *Tools* aus. Nach Klick auf Upload sollte die grüne LED mit der Bezeichnung GP (**General Purpose**) einmal pro Sekunde blinken. Da es sich lediglich um eine LED im SMD-Format 0603 handelt, ist sie nicht so hell. Aber sie genügt dem Zweck vollkommen. Bis hierher war es einfach!

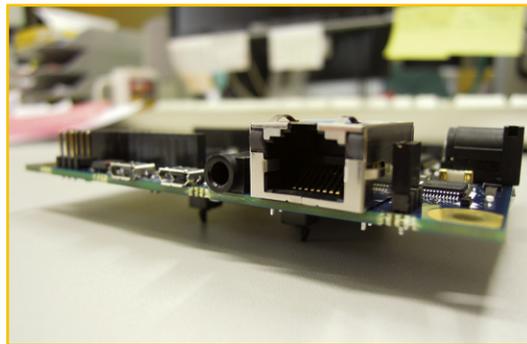
Laut Guide sollte man nun die Firmware des Boards mit der Firmware aus der IDE updaten. Dieser Vorgang sollte nicht länger als 15 Minuten dauern.

Galileo kann von einer SD-Karte booten. Für diese kurze Besprechung haben wir das nicht ausprobiert. Aber den Sketch *ReadAnalogVoltage* haben wir getestet. Er funktionierte prima und hat die Spannung am analogen Eingang A0 gemessen und das Ergebnis via USB auf den „Serial Monitor“ (beim Tab *Tools* in der IDE) übertragen.

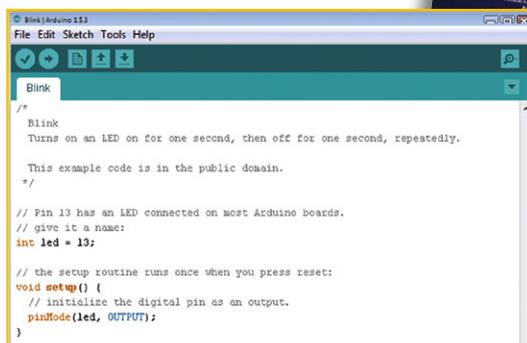
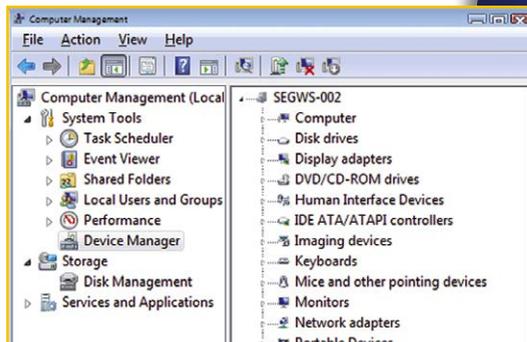
Um die WLAN-Fähigkeiten verwenden zu können, muss man zwingend von der SD-Karte booten, denn der Flash-Speicher reicht für den WLAN-Treiber nicht aus. Wir haben es also nicht ausprobiert, denn schließlich war auch der Sockel für den WLAN-Adapter auf der Rückseite nicht bestückt. Laut Release Notes ist Galileo für den Betrieb mit dem Intel-Centrino-Adapter Wireless-N135 zertifiziert. Dieses Modul kann zusätzlich erworben werden.

Unser Fazit: Auch wenn wir an die permanente Evolution und die mit jeder Generation wachsenden Fähigkeiten gewöhnt sind: Intels Galileo ist mehr als ein großer Fortschritt für die Arduino-Familie. Er hat das Potential für eine Revolution in der Arduino-Szene, aber schon Galileo stand ja für eine neue Sicht der Welt. Möglicherweise aber bietet das Board schon ein Zuviel des Guten und ist schlicht zu komplex für die Arduino-Community. Das werden wir im Laufe dieses Jahres sicher herausfinden, wenn dieses Board endlich allgemein zu haben sein wird.

(130449)



Hier können Leser das kostenlose Galileo-Arduino-Poster von Mouser & Elektor herunterladen! Der Download unter www.elektor.de/galileo-arduino ist in der Zeit vom 21. Februar bis zum 5. März 2014 möglich.



ATmega im Internet (1)

Raspberry Pi als Brücke ins Netz

Von
Dieter Holzhäuser
(D)

Über das Internet mit einem Mikrocontroller zu kommunizieren ist einfach. Dazu braucht es lediglich einen vernetzten PC oder ein Smartphone, das Netz und einen weiteren Rechner, der mit dem ATmega32 seriell gekoppelt ist. Nachfolgend geht es um ein System, bei dem im LAN eine FRITZ!Box werkelt und als Brücke ins Netz ein Raspberry Pi verwendet wird. Im ersten Teil stellen wir das Grundkonzept und (beispielhafte) Hardware vor.



Bild 1.
Ein RPi im praktischen Einsatz.

Ein RPi (Raspberry Pi) hat etwa die Größe einer Kreditkarte und ist ein einfacher Linux-PC, der als „Model B“ mit 512 MB Arbeitsspeicher und Netzwerkanschluss für unter 50 € zu haben ist (siehe **Bild 1**). An seinen HDMI-Ausgang kann ein Bildschirm angeschlossen werden. Seine beiden USB-2.0-Ports werden für Tastatur und Maus benutzt. Über eine Mikro-USB-Buchse wird der RPi mit Strom versorgt. Mit einer Leistungsaufnahme von weniger als 3 W ist er kein Stromfresser und kann immer eingeschaltet bleiben. Einen nur gelegentlich eingeschalteten Rechner über das Internet erreichbar zu machen wäre ja ziemlich sinnlos.

OS & Co.

Das aktuelle OS namens Raspbian „wheezy“ gibt es kostenlos als Image im Internet [2], es kann aber auch vorinstalliert auf einer 8-GB-MicroSD-Card mit SD-Adapter bezogen werden, wobei noch

etwa 6 GB frei sind. Es ist schon erstaunlich, dass dieser kleine Rechner mit einer grafischen Oberfläche aufwarten kann. Doch gebraucht wird hier die kommandozeilenbasierte Benutzerschnittstelle. Das Programm dahinter wird als *Shell* bezeichnet. Die Kommandozeile der Shell erhält man, wenn *LXTerminal* gestartet wird, oder wenn man die grafische Oberfläche beendet. Falls man ganz auf diese verzichten will, kann ihr Autostart nach dem Booten mit einer Einstellung im Programm *raspi-config* verhindert werden. Es wird per Kommandozeile aufgerufen mit:

```
sudo raspi-config
```

Aufrufen, die nur vom Superuser (*root*) gemacht werden können, wird *sudo* vorangestellt. Das Vorgehen ist weitgehend selbsterklärend.

In der Zeile:

```
boot_behaviour      Start desktop on boot?
wird der Fokus mit der Tab-Taste auf <select>
gestellt und dann die nach der Eingabetaste auf-
tauchende Frage:
```

```
Should we boot straight to desktop?
```

```
<Ja>      <Nein>
```

entsprechend beantwortet. Bei <Ja> erscheint nach jedem Booten die grafische Oberfläche ohne Login und bei <Nein> die Kommandozeile mit Login. Sollte die grafische Oberfläche später doch noch gebraucht werden, lässt sie sich von Hand mit *startx* starten. Die Kommunikation der Shell mit dem Datenendgerät des Benutzers, das auch Terminal oder Konsole genannt wird, besteht aus dem wechselseitigen Zusenden von Zeichen oder Zeichensequenzen. Wo sich das Gerät befindet und wie es mit dem Rechner verbunden ist, spielt keine Rolle.

Die von Linux häufig verwendete Kurzbezeichnung für ein zeichenorientiertes Gerät ist *tty* (von englisch „teletypewriter“). Damit meint Linux nicht nur das Terminal, sondern auch die Schnittstellen des Rechners, an die es angeschlossen werden kann.

Serielle Schnittstelle

Das lokale Terminal, das aus Tastatur und Bildschirm des Raspberry Pi besteht, braucht keine physische zugängliche Schnittstelle. Aber dennoch stellt der Raspberry Pi eine einfache serielle Schnittstelle zur Verfügung. Sie ist auf der zweireihigen Stiftleiste aufgelegt und so konfiguriert, dass sich nach dem Booten ein Benutzer mit einem daran angeschlossenen Terminal bei einer Shell anmelden kann.

Das ist bei uns aber nicht gewollt. Vielmehr soll über diese Schnittstelle ein ATmega32 mit einem Terminal kommunizieren. Dafür sind zwei Dinge nötig. Erstens muss die Konfiguration der seriellen Schnittstelle als Konsole beseitigt werden. Zweitens muss sich der RPi in ein Terminal verwandeln, das diese Schnittstelle nutzt. Das heißt alle Tastatur-Eingaben am RPi werden direkt über die Schnittstelle weitergegeben und alle empfan-

gen Zeichen auf dem Bildschirm ausgegeben. Um die bestehende Konfiguration der seriellen Schnittstelle loszuwerden, sind zwei Textdateien zu editieren. Für die erste wird der Kommandozeileneditor *nano* aufgerufen:

```
sudo nano /etc/inittab
```

Am Ende des angezeigten Textes befindet sich eine Zeile, die (ähnlich) wie die folgende aussieht:
T0:23:respawn:/sbin/getty -L ttyAMA0 115200 vt100

Wenn dieser Zeile ein # vorangestellt wird, wird sie zum Kommentar. Die serielle Schnittstelle (das interne Gerät *ttyAMA0*) hat dann mit nichts mehr dem In- und Output einer Konsole zu tun. Der Editor wird nach dem Speichern der Datei beendet.

Trotz dieses Eingriffs werden die Bootup-Informationen immer noch der seriellen Schnittstelle zugeleitet. Um das zu unterbinden, wird der Editor so aufgerufen:

```
sudo nano /boot/cmdline.txt
```

Aus dem angezeigten Text

```
dwc_otg.lpm_enable=0 console=ttyAMA0,115200
```

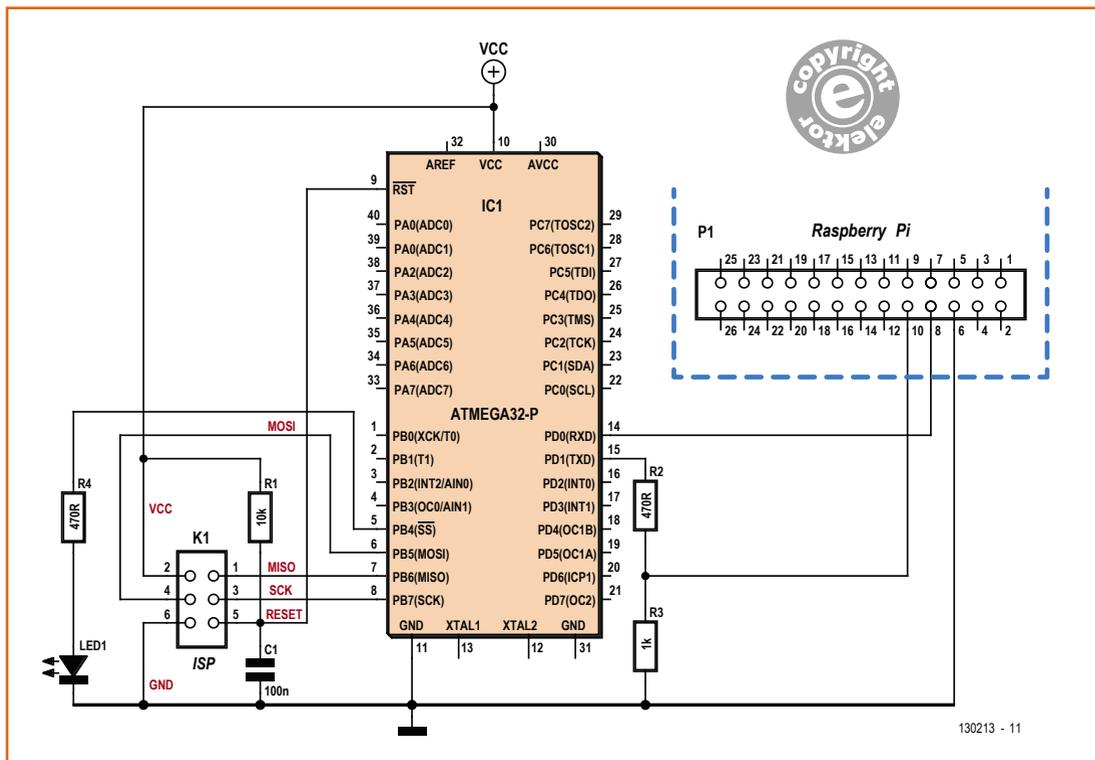


Bild 2. Serielle Verbindung von ATmega32 und RPi.

Listing 1: suidemo1.c

```
1 #include <avr/interrupt.h>
2 #include <avr/io.h>
3
4 #define BAUDCODE      12                // 4.800 Baud @ 1 MHz
5 #define INITLED      DDRB = DDRB | 1<<4;
6 #define TOGGLELED    PORTB = PORTB ^ 1<<4;
7 #define ISLEDON      PORTB & 1<<4
8
9 unsigned int cycle = 500;
10 unsigned long clock = 0;
11 unsigned long old = 0;
12 unsigned char chr;
13 unsigned char ontxt [] = "\r1|5 *** ";
14 unsigned char offtxt [] = "\r1|5      ";
15 unsigned char * ptxt;
16
17 ISR ( TIMER0_COMP_vect ){                //Interrupt Service Routine Timer
18     if ( !(clock++ % cycle) ) {
19         TOGGLELED
20         if (ISLEDON) ptxt = ontxt; else ptxt = offtxt;
21         UDR = *ptxt ;
22     }
23 }
24
25 ISR ( USART_TXC_vect ) {                 //Interrupt Service Routine Transmit
26     ptxt++;
27     if (*ptxt != 0) UDR = *ptxt;
28 }
29
30 ISR ( USART_RXC_vect ) {                 //Interrupt Service Routine Receive
31     chr = UDR;
32     if (clock - old > 50) {
33         old = clock;
34         if (chr == '5') cycle = 500;
35         else if (chr == '1') cycle = 100;
36     }
37 }
38
39 int main(void) {
40     TCCR0 = 0x08;                        // Init Timer CTC-Mode
41     TCCR0 = TCCR0 | 0x02;                //Prescaler: 1 MHz: 8 = 125 kHz, 0x02; 16 MHz: 64 = 250 kHz, 0x03
42     OCR0 = 124;                          //Compare 1 MHz: 124; 16 MHz: 249
43     TCNT0 = 0;                            //TimerCounter on 0
44     TIMSK |= 1<<OCIE0;                    //enable CTC-Interrupt Timer0
45     UBRRH = (unsigned char) (BAUDCODE >> 8); //Init USART
46     UBRRL = (unsigned char) BAUDCODE;
47     UCSRB = UCSRB | (1<<RXEN) | (1<<RXCIE) | (1<<TXEN) | (1<<TXCIE) ;
48     sei();                                //Enable Interrupts
49     INITLED
50     while (1) ;
51     return 0;
52 }
```

```
kgdboc=ttyAMA0,115200 console=tty1 root=/
dev/mmcblk0p2 rootfstype=ext4 elevator=
deadline rootwait
```

werden die beiden Zuweisungen zu *ttyAMA0* entfernt. Das Resultat ist dann:

```
dwc_otg.lpm_enable=0 console=tty1 root=/
dev/mmcblk0p2 rootfstype=ext4 elevator=
deadline rootwait
```

Nach dem Speichern der Datei muss ein Neustart gemacht werden.

Ein RPi fungiert durch ein emulierendes Programm als Terminal. Ein Beispiel hierfür ist das Programm *picocom*. Es muss zunächst heruntergeladen und installiert werden. Das Kommando zu Letzterem lautet:

```
sudo apt-get install picocom
```

Der Vorgang läuft automatisch ab. Man muss nichts weiter tun. Das Programm wird aufgerufen mit:

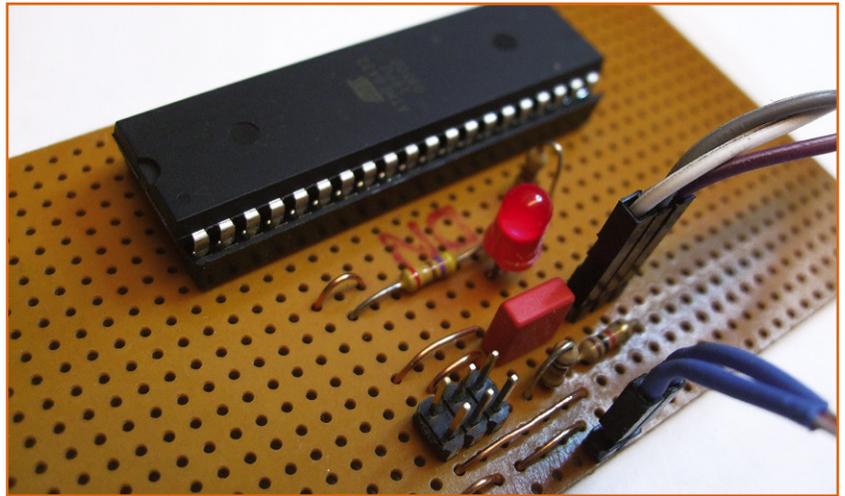
```
picocom -b 4800 /dev/ttyAMA0
```

Dabei setzt *-b 4800* die Baudrate und */dev/ttyAMA0* ist die Gerätedatei der seriellen Schnittstelle. Man muss diesen Aufruf nicht jedes Mal neu eintippen. Mit der Auf- und der Ab-Taste kann man alte Kommandos auf- oder absteigend in die Kommandozeile holen.

Für einen ersten Test werden Pin 8 (TxD) und Pin 10 (RxD) der Stiftleiste P1 miteinander verbunden (siehe **Bild 2**). Die nun auf der Tastatur eingegebenen Zeichen erscheinen auf dem Bildschirm. Der Terminalemulator *picocom* wird mit der Tastenfolge „Strg A X“ beendet.

ATmega32

Wenn zwei Geräte über eine serielle Schnittstelle kommunizieren, müssen sie die gleichen Übertragungsparameter verwenden. Bei der einfachen seriellen Schnittstelle des RPi kann nur die Baudrate gewählt werden. Das Frame-Format und die Modi sind auf 8 Datenbits, kein Paritätsbit, ein Stoppbit und keine Kontrolle des Datenflusses festgelegt. Sowohl *picocom* als auch die serielle Schnittstelle des ATmega32 sind mit diesen Parametern voreingestellt. Lediglich die Baudrate ist per Programm zu setzen, und die Pins 14 (RxD) und 15 (TxD) des ATmega32 müssen zur seriellen Schnittstelle gemacht werden.



Zum Experimentieren ist es zweckmäßig, den ATmega32 auf eine Lochrasterplatine zu setzen (siehe **Bild 3**). Bereits mit der Beschaltung des Reset-Eingangs ist er lauffähig. Der fabrikneue Baustein verwendet seine interne Taktquelle, die ihn mit 1 MHz antreibt.

An der sechspoligen Stiftleiste K1 kann z.B. der Programmierer *AVRISP mkII* angeschlossen werden. Anleitungen zum Einrichten einer Entwicklungsumgebung gibt es im Internet [3]. Der Reset-Eingang ist mit R1 und C1 beschaltet.

Die TX/RX-Pins des Mikrocontrollers werden mit den entsprechenden Pins an der 26-poligen Stiftleiste P1 des RPi verbunden. Der Spannungsteiler aus R2 und R3 sorgt dafür, dass der Signalpegel von 3,3 V auf Seiten des RPi eingehalten wird. Man sollte beim Anschließen sehr sorgfältig arbeiten, da ein RPi bei Fehlern durchaus irreparabel beschädigt werden kann.

An Pin 5 (PB4) des ATmega32 ist eine LED angeschlossen, mit der die Aktivitäten eines nachfolgenden kleinen C-Programms beobachtet werden können.

Programm *suidemo1.c*

Das Programm *suidemo1.c* von **Listing 1** ist zur Demonstration und zum Experimentieren gedacht. Neben der Funktion *main* mit der Hauptschleife gibt es lediglich drei ISRs (**I**nterrupt **S**ervice **R**outines).

Das Programm lässt die LED (mit zwei verschiedenen Frequenzen) blinken. Mittels der ausgegebenen und auf dem RPi-Bildschirm dargestellten Zeichen wird ein kleines User-Interface realisiert. Der Zustand der LED wird hier visualisiert;

Bild 3.
Der ATmega32 auf einer Lochrasterplatine.

über eine Tastatureingabe kann der Benutzer die Blink-Frequenz umschalten.

In den Zeilen 40...44 wird *Timer0* so initialisiert, dass die ISR *TIMER0_COMP_vect* mit einer Frequenz von 1 kHz aufgerufen wird. Diese Routine zählt die Variable *clock* hoch, die man als interne Uhr bezeichnen kann. Von ihr wird mit Hilfe der Variable *cycle* die Frequenz abgeleitet, mit der die LED blinkt (Zeilen 18 und 19). Der Zeiger *ptxt* wird auf den Text gesetzt, der jeweils über die serielle Schnittstelle gesendet werden soll, damit der neue Zustand der LED auch auf dem Terminalbildschirm zu sehen ist (Zeile 20). Das Senden wird angestoßen, indem das erste Zeichen des Textes in das Register *UDR* geschrieben wird (Zeile 21).

Für das Senden der übrigen Zeichen ist die ISR *USART_TXC_vect* zuständig. Sie wird immer dann aufgerufen, wenn das Sende-Schieberegister leer geworden ist. Deshalb kann die ISR nur das zweite und die weiteren Zeichen senden. Wenn die End-Null des jeweiligen Strings erkannt wird, sendet die Routine nicht mehr (Zeile 27).

Die ISR *USART_RXC_vect* wird jedes Mal aufgerufen, wenn ein Zeichen der Terminaltastatur vollständig empfangen wurde. Zuerst muss das Register *UDR* ausgelesen werden (Zeile 31). Tastendrücke, bei denen mehr als ein Zeichen gesendet wird, können an der Frequenz erkannt werden, mit der die Zeichen eintreffen. Solche Sequenzen spielen in dem Programm aber keine Rolle. Daher wird ein Zeichen verworfen, wenn der Zeitabstand zum letzten Aufruf der ISR ganz deutlich unter dem liegt, mit dem übliche Tastenbetätigungen erfolgen (Zeile 32). Lediglich die Tasten 1 und 5 sind von Bedeutung. Durch sie wechselt die Variable *cycle* ihren Wert und die LED ihre Blinkfrequenz (Zeilen 34 und 35).

Damit die serielle Schnittstelle arbeitet, muss sie initialisiert werden (Zeilen 46...48). Um die Baud-

rate zu setzen, wird eine von der Taktfrequenz abhängige Zahl (siehe Datenblatt zum ATmega32 [4]) in die Register *UBRRH* und *UBRRL* geschrieben. Bei 1 MHz verträgt die serielle Schnittstelle höchstens 4.800 Bd. Weiter sind die Bits zu setzen, durch die Sender und Empfänger sowie die Interrupts aktiviert werden. Die Bits des Registers *UCSRC* (Control and Status) sind nach einem Reset bereits so initialisiert, dass das Frame-Format passt.

Die Endlosschleife in Zeile 50 hält das Programm aktiv. Gesteuert wird das Programm allein durch die Events von *Timer0* und der Tastatur des Terminals.

Das serielle User-Interface reagiert nur auf die Tasten 1 und 5. Daneben zeigt es in einer einzigen Zeile auf dem Terminalbildschirm den aktuellen Zustand der LED an. Falls diese leuchtet sieht die Zeile so aus:

```
1|5 ***
```

Nun haben wir bereits eine Fernbedienung realisiert, mit der man einen ATmega32 über eine serielle Schnittstelle steuern kann.

Im nächsten Teil unserer Mini-Serie wird demonstriert, wie man die Kombination aus RPi + ATmega32 in einem LAN einsetzt und schließlich sogar von überall aus auf der Welt per Internet steuern kann.

(130213)

Weblinks

- [1] Webseite des Autors: www.system-maker.de
- [2] Download von Raspian wheezy: www.raspberrypi.org/downloads
- [3] Anleitungen für IDE und Programmer: www.system-maker.de/avr.html
- [4] Datenblätter für ATmega32: www.atmel.com/devices/atmega32.aspx
- [5] Elektor-Webseite zum Artikel: www.elektor.de/130213

Arduino

GOLD- und GREEN-Mitglieder erhalten 10% Rabatt!

Elektor ist offizieller Arduino™-Vertriebspartner!



ARDUINO DUE

ARM Cortex-M3 32-Bit-Prozessor

Eigenschaften	
Mikrocontroller:	AT91SAM3X8E
Betriebsspannung:	3,3 V
Externes NT (empfohlen):	7-12 V
Externes NT (Grenzwerte):	6-20 V
Digitale I/O-Pins:	54 (davon 12 als PWM)
PWM-Kanäle:	12
Analoge Eingänge:	12
Analoge Ausgänge:	2 (DAC)
Strom pro I/O-Pin:	130 mA (max.)
3,3-V-Belastbarkeit:	0,8 A (max.)
5-V-Belastbarkeit:	0,8 A (max.)
Flashspeicher:	512 KB
SRAM:	96 KB
Taktrate:	84 MHz

€ 52,90 • CHF 65,60



Arduino Mega 2560

Nachfolger des Arduino Mega

Eigenschaften	
Mikrocontroller:	ATmega2560
Betriebsspannung:	5 V
Externes NT (empfohlen):	7-12 V
Externes NT (Grenzwerte):	6-20 V
Digitale I/O-Pins:	54 (davon 15 als PWM)
Analoge Eingänge:	16
Strom pro I/O-Pin:	40 mA (max.)
3,3-V-Belastbarkeit:	50 mA (max.)
Flashspeicher:	256 KB (davon 8 KB für Bootloader)
SRAM:	8 KB
EEPROM:	4 KB
Taktrate:	16 MHz

€ 52,90 • CHF 65,60



ARDUINO LEONARDO

Mit integrierter USB-Schnittstelle

Eigenschaften	
Mikrocontroller:	ATmega32u4
Betriebsspannung:	5 V
Externes NT (empfohlen):	7-12 V
Externes NT (Grenzwerte):	6-20 V
Digitale I/O-Pins:	20 (davon 7 als PWM)
PWM-Kanäle:	7
Analoge Eingänge:	12
Strom pro I/O-Pin:	40 mA (max.)
3,3-V-Belastbarkeit:	50 mA (max.)
Flashspeicher:	32 KB (davon 4 KB für Bootloader)
SRAM:	2,5 KB (ATmega32u4)
EEPROM:	1 KB (ATmega32u4)
Taktrate:	16 MHz

€ 24,90 • CHF 30,90



Arduino Uno Rev. 3

Der Topseller schlechthin!

Eigenschaften	
Mikrocontroller:	ATmega328
Betriebsspannung:	5 V
Externes NT (empfohlen):	7-12 V
Externes NT (Grenzwerte):	6-20 V
Digitale I/O-Pins:	14 (davon 6 als PWM)
PWM-Kanäle:	6
Analoge Eingänge:	6
Strom pro I/O-Pin:	40 mA (max.)
3,3-V-Belastbarkeit:	50 mA (max.)
Flashspeicher:	32 KB (davon 0,5 KB für Bootloader)
SRAM:	2 KB (ATmega328)
EEPROM:	1 KB (ATmega328)
Taktrate:	16 MHz

€ 27,50 • CHF 34,10



ARDUINO ETHERNET

Mit WIZnet-Ethernet-Schnittstelle

Eigenschaften	
Mikrocontroller:	ATmega328
Betriebsspannung:	5 V
Externes NT (empfohlen):	7-12 V
Externes NT (Grenzwerte):	6-20 V
Digitale I/O-Pins:	14 (davon 4 als PWM)
Analoge Eingänge:	6
Strom pro I/O-Pin:	40 mA (max.)
3,3-V-Belastbarkeit:	50 mA (max.)
Flashspeicher:	32 KB (davon 0,5 KB für Bootloader)
SRAM:	2 KB (ATmega328)
EEPROM:	1 KB (ATmega328)
Taktrate:	16 MHz
Embedded Ethernet-Controller W5100 TCP/IP	
PoE-gereigneter magnetischer Anschluss	
microSD-Karte (mit aktivem Spannungsconverter)	

€ 53,90 • CHF 66,90



ARDUINO YÚN

WLAN und Linux für die Cloud

Eigenschaften AVR-Controller	
Mikrocontroller:	ATmega32u4
Betriebsspannung:	5 V
Externes NT:	5 V
Digitale I/O-Pins:	20
PWM-Kanäle:	7
Analoge Eingänge:	12
Strom pro I/O-Pin:	40 mA (max.)
3,3-V-Belastbarkeit:	50 mA (max.)
Flashspeicher:	32 KB (davon 4 KB für Bootloader)
SRAM:	2,5 KB
EEPROM:	1 KB
Taktrate:	16 MHz

Eigenschaften Linux-Prozessor	
Mikroprozessor:	Atheros AR9331
Architektur:	MIPS @400MHz
Betriebsspannung:	3,3 V
Ethernet:	IEEE 802.3 10/100Mbit/s
WLAN:	IEEE 802.11b/g/n
USB:	2.0 Typ A
Kartenleser:	microSD
RAM:	64 MB DDR2
Flashspeicher:	16 MB
802.3af-PoE-kompatibel	

€ 69,95 • CHF 86,80

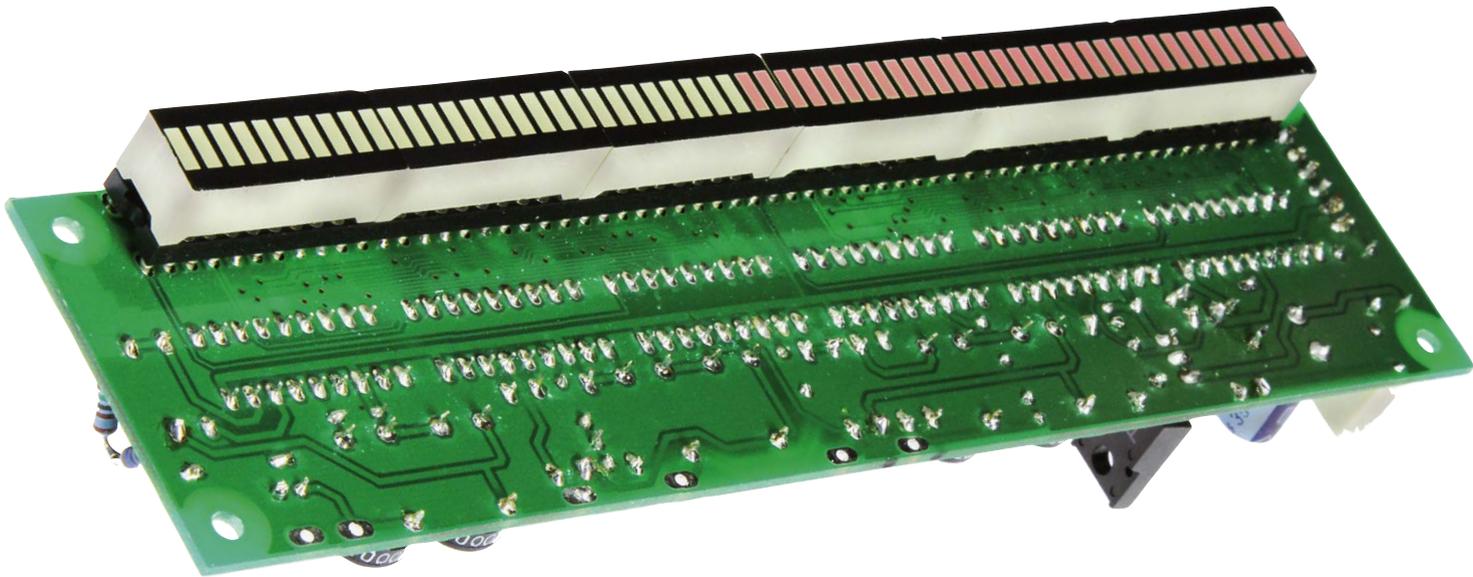


Mehr Infos & Bestellung unter www.elektor.de/arduino



LED-VU-Meter XXL

Weiter Messbereich, hohe Auflösung



Von
Emile van de Logt
(NL)

VU-Meter messen dynamisch die Amplituden von Audiosignalen und stellen sie visuell dar. Mithilfe eines VU-Meters wird das Audiosystem vor Übersteuerungen geschützt. Wenn der Pegel in den roten Bereich läuft, muss das Signal zurückgefahren werden. Diese Version hat einen dynamischen Bereich von 60 dB, die Abstufung beträgt 1 dB. Sechs Bargraph-Treiber des Typs LM3915N steuern insgesamt 60 LEDs.

In Audiosystemen sind VU-Meter, auch Aussteuerungsmesser genannt, seit langem integriert. Früher machten Zeigerinstrumente oder Anzeigeröhren die Aussteuerung sichtbar, heute haben sich weitgehend LED-Balken durchgesetzt. Ein altbewährter Baustein für die Steuerung ist der LM3915, ein so genannter *Dot/Bar Display Driver*. Der dynamische Bereich beträgt 30 dB, die Abstufung 3 dB. Dieser Baustein kann bis zu zehn LEDs steuern. Wenn die Eingangsspannung steigt, wird in der LED-Reihe die nächste LED aktiv (*Dot*), oder die LEDs bilden einen Balken, dessen Länge zunimmt (*Bar*).

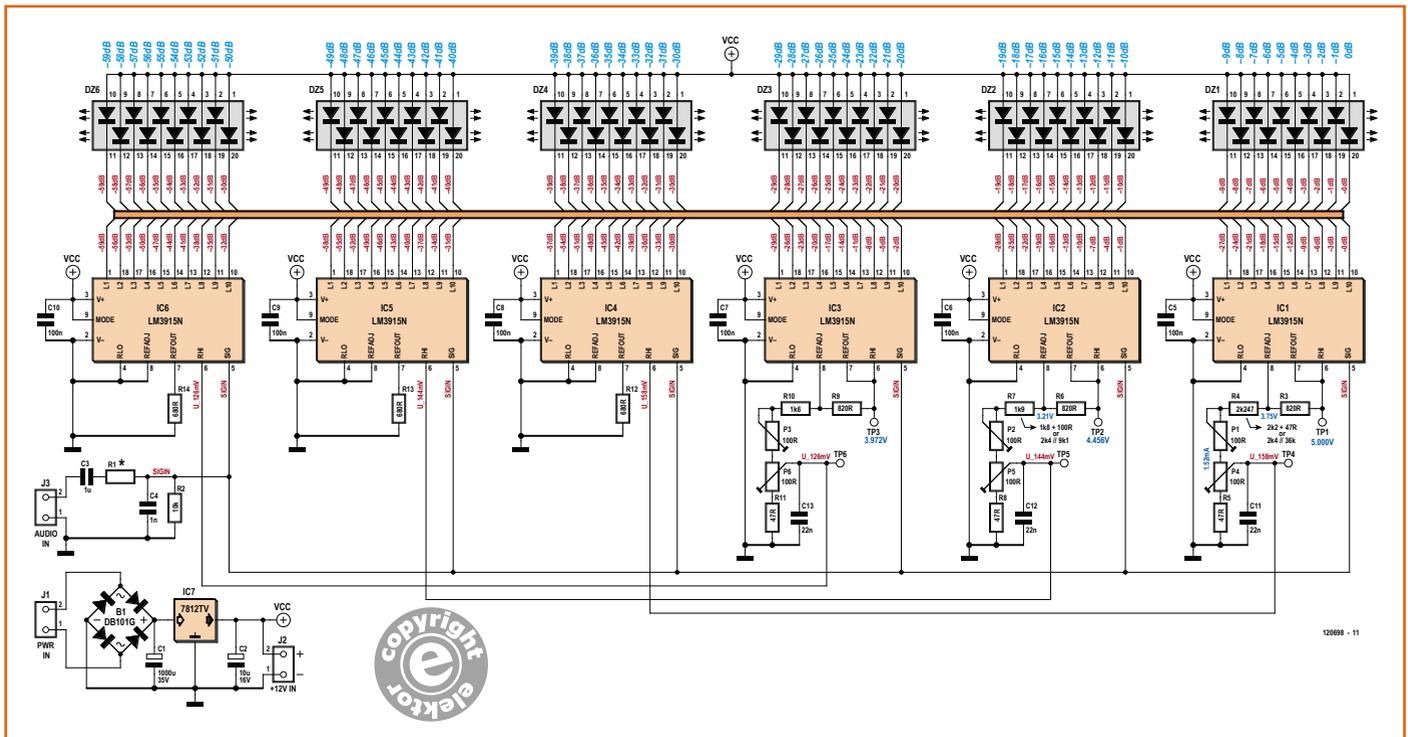
In der Elektor-Sommerausgabe 2002 [1] wurde ein LED-VU-Meter mit zwei LM3915 beschrieben, das einen Eingangsbereich von 60 dB und eine Abstufung von 3 dB hatte. Dort lag am zweiten LM3915 eine Referenzspannung, die 30 dB niedriger als die Referenzspannung des ersten LM3915 war. Der Bereich dieses XXL-VU-Meters

beträgt ebenfalls 60 dB, die Abstufung wurde jedoch auf 1 dB verringert, so dass insgesamt 60 LEDs gesteuert werden.

Ein gemeinsames Merkmal aller mit dem LM3915 aufgebauten VU-Meter ist die vollständig analoge Arbeitsweise. Ein Mikrocontroller, der möglicherweise umständlich programmiert werden muss, ist nicht vorhanden. Nebenbei hat das XXL-VU-Meter eine lehrreiche Seite, es bietet Gelegenheit, wichtige Grundkenntnisse aufzufrischen.

Konzept

Beim schon erwähnten LED-VU-Meter aus der Elektor-Sommerausgabe 2002 war die Eingangsspannung für Vollausschlag auf 5 V festgelegt. Um das VU-Meter an leistungsstarke Verstärker anschließen zu können, musste ein Spannungsteiler vorgeschaltet werden. Eine Tabelle gab für unterschiedliche Leistungen und Ausgangsimpedanzen die Dimensionierung an.



Weil beim LM3915 die Abstufung 3 dB beträgt, lässt sich die Abstufung 1 dB nur mit mehreren Exemplaren realisieren. Der zweite LM3915 lag in der Version vom Sommer 2002 an einer um 30 dB niedrigeren Referenzspannung. Dieses Konzept ist erweiterbar, indem beide LM3915 mit jeweils zwei weiteren LM3915 gekoppelt werden, deren Referenzspannungen um 1 dB beziehungsweise 2 dB niedriger liegen. Das Ergebnis ist ein Eingangsspannungsbereich von 60 dB mit der Abstufung 1 dB. Wie die insgesamt sechs LM3915 eingestellt werden müssen, geht aus **Tabelle 1** hervor.

Als Beispiel für das Berechnen soll das Ausgangssignal eines Verstärkers dienen, der 100 W an 8 Ω leistet. Vollaussteuerung ist gleichbedeutend mit der effektiven Spannung 28,28 V und der Spitzenspannung 40 V (siehe Kasten „Leistung und Spannung: Effektiv und Spitze“). Da der LM3915 Spitzenwerte misst, ist der vorgeschaltete Spannungsteiler so zu dimensionieren, dass die Spannung 40 V auf 5 V herabgeteilt wird. Während R2 den festen Wert 10 kΩ erhält, wird R1 an die maximale effektive Leistung P_{RMS} und die Impedanz R_L angepasst. Im Kasten wurde gezeigt, dass für P_{RMS} gilt:

$$P_{RMS} = \frac{\hat{U}^2}{2 \cdot R_L}$$

Wenn diese Gleichung nach \hat{U} aufgelöst wird, lautet sie:

$$\hat{U} = \sqrt{2 \cdot P_{RMS} \cdot R_L}$$

Der Spannungsteiler R1/R2 soll die Spitzenspannung \hat{U} auf 5 V herabsetzen:

$$\hat{U} = \frac{10k}{R1 + 10k} = 5 \Leftrightarrow$$

$$\hat{U} \cdot 10k = 5 \cdot (R1 + 10k) \Leftrightarrow$$

$$\hat{U} \cdot 10k - 50k = 5 \cdot R1$$

Daraus ergibt sich für R1:

$$R1 = \hat{U} \cdot 2k - 10k$$

Bild 1. Sechs Bausteine des Typs LM3915 können insgesamt 60 LEDs steuern, so dass der Bereich 60 dB in Schritte von 1 dB unterteilt werden kann.

Tabelle 1: Referenzspannungen der ICs			
IC-Nummer	Verhältnis (dB)	Verhältnis (Faktor)	U_{REF} (V)
IC1	0 dB	1,000	5,000
IC2	-1 dB	0,8913	4,456
IC3	-2 dB	0,7943	3,972
IC4	-30 dB	0,0316	0,158
IC5	-31 dB	0,0282	0,141
IC6	-32 dB	0,0251	0,126

Stückliste

Widerstände: (0,25 W/1 %)

R1 = siehe Text und Tabelle 2
 R2 = 10 k
 R3,R6,R9 = 820 Ω
 R4a = 36 k
 R4b,R7b = 2k4
 R5,R8,R11 = 47 Ω
 R7a = 9k1
 R10 = 1k6
 R12,R13,R14 = 680 Ω
 P1...P6 = Trimpoti 100 Ω, liegend

Kondensatoren:

C1 = 1000 µ/35 V Low ESR, Raster 5 mm,
 Ø 13 mm

C2 = 10 µ/16 V Low ESR, Raster 2 mm,
 Ø 5 mm
 C3 = 1 µ/100 V MKT, Raster 5 mm
 C4 = 1 n, Raster 5 mm
 C5...C10 = 100 n, Raster 2,5 mm
 C11...C13 = 22 n, Raster 2,5 mm

Halbleiter:

B1 = DB101
 D1...D50 = LED-Leiste grün, 10,16 · 25,40 mm
 D51...D60 = LED-Leiste rot, 10,16 · 25,40 mm
 IC1...IC6 = LM3915N
 IC7 = LM7812 (TO220)

Außerdem:

J1,J2,J3 = Kabelschraubklemme 2-polig, Raster 2,54 mm
 6 · IC-Fassung DIP-20 für LED-Leisten
 6 · IC-Fassung DIP-18 für LM3915N
 Platine 120698-1, siehe [2]

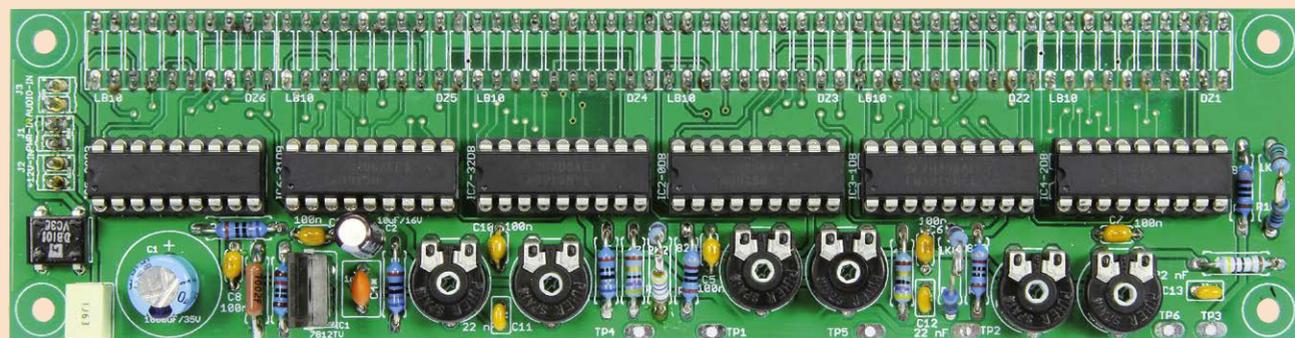
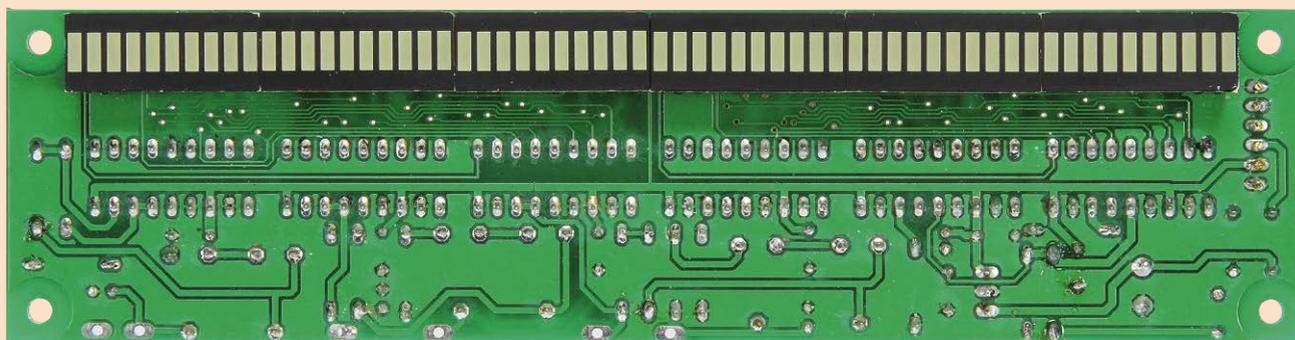
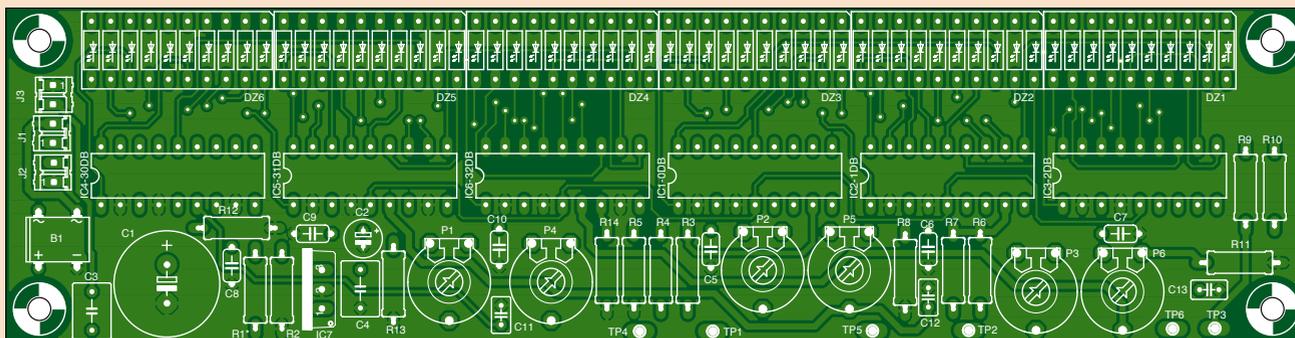


Bild 2. Platinenlayout des Autors für das XXL-LED-VU-Meter.

Die LED-Leisten können wahlweise auf der Bestückungs- oder Lötseite montiert werden (Polaritäten beachten!).

Mit den Gleichungen für \hat{U} und R_1 lassen sich für diverse Werte von P_{RMS} und R_L die zugehörigen Werte von R_1 berechnen, sie sind in **Tabelle 2** zusammengefasst.

Zum Schluss ist noch anzumerken, dass der Kondensator C4 am Signaleingang hochfrequenten Störungen entgegenwirkt, denn R1 und C4 bilden einen Tiefpass. Die Betriebsspannung der sechs LM3915 beträgt 12 V, sie wird von einem Spannungsregler LM7812 stabilisiert.

Referenzspannungen

Die Referenzspannungen der sechs LM3915 bedürfen besonderer Aufmerksamkeit. Der dynamische Bereich ist mit 60 dB vergleichsweise weit, so dass auch relativ kleine Referenzspannungen nötig sind. Gleichbedeutend mit dem Spannungsabstand 60 dB ist der Faktor 1000, die erste LED leuchtet folglich bereits bei der Eingangsspannung 5 mV auf. Auf der Platine müssen die Masse- und Betriebsspannungsleitungen so verlegt werden, dass keine unzulässigen Spannungsabfälle entstehen.

Der LM3915 stellt die konstante Referenzspannung 1,25 V zwischen den Anschlüssen 7 (Ref Out) und 8 (Ref Adj) bereit. Vom Strom zwischen diesen Anschlüssen hängt der Strom ab, der durch die einzelnen LEDs fließt. Mit dem Widerstand 820 Ω beträgt der LED-Strom ungefähr 15 mA. Zuerst wird mit P1 die Referenzspannung von IC1 auf 5 V eingestellt, sie wird an Testpunkt TP1 gemessen. Danach muss die Referenzspannung von IC4 an Testpunkt TP4 mit P4 auf 158 mV eingestellt werden (siehe Tabelle 1).

Im mittleren Messbereich liegt IC2 mit P2, die Spannung an Testpunkt TP2 muss 4,456 V betragen. Für IC5 und P5 gilt, dass die Spannung an Testpunkt TP5 auf 141 mV einzustellen ist. Dann folgt die Referenzspannung von IC3, sie wird an

Der Autor

Emile van de Logt ist im niederländischen Rotterdam als Lehrbeauftragter in den Bereichen Allgemeine Elektrotechnik und Versorgungstechnik im Gesundheitswesen tätig. Nach dem Studium der Elektrotechnik an der TU Eindhoven erweiterte er sein Wissen, indem er sich dem Fach Management Sciences zuwandte.

Van de Logt ist leidenschaftlicher Praktiker, er war maßgeblich an den Elektor-Workshops Embedded C und FPGA-VHDL beteiligt. Das Bauen von Röhrenverstärkern und Gitarren-Effektgeräten steht bei ihm hoch im Kurs. Eine Nebenbeschäftigung ist das Hobby des Bierbrauens. Das von ihm entwickelte, voll automatisierte Brausystem unterstreicht seine Kreativität.

Testpunkt TP3 gemessen und auf 3,972 V eingestellt. Übrig bleibt noch IC6 mit P6. Die Spannung an Testpunkt TP6 hat den korrekten Wert, wenn sie auf 126 mV eingestellt ist.

Platine

Die Montage der Bauelemente auf der Platine ist nicht schwierig. Beim Musteraufbau hat der Autor die LEDs auf der Lötseite angeordnet. Die LEDs können wahlweise auch auf der Bestückungsseite montiert werden, wobei auf korrekte Polung zu achten ist. Eine Ecke der verwendeten LED-Bar-graph-Displays ist abgeflacht, diese Ecke muss zur langen Platinenseite zeigen.

Für einige Widerstandswerte (R1, R4 und R7, siehe Tabelle 2) kann es notwendig sein, zwei Widerstände parallel zu schalten, um nicht unzulässig vom korrekten Wert abzuweichen. Eine Alternative ist der Einsatz von Widerständen mit 1 % Toleranz, sie dürften jedoch nicht überall verfügbar sein.

Nach der Montage der Bauelemente auf der Platine werden die ICs LM3915 *noch nicht* in ihre

Tabelle 2: Werte für R1 bei Leistungsanpassung

Lautsprecherimpedanz R_L	4 Ω	4 Ω	4 Ω	8 Ω	8 Ω	8 Ω	16 Ω	16 Ω	16 Ω
Effektive Leistung P_{RMS}	10 W	50 W	100 W	10 W	50 W	100 W	10 W	50 W	100 W
Spitzenspannung \hat{U}	8,9 V	20,0 V	28,3 V	12,6 V	28,3 V	40,0 V	17,9 V	40,0 V	56,6 V
R1, theoretischer Wert (Ω)	7889	30000	46569	15298	46569	70000	25777	70000	103137
R1, realisierter Wert (Ω)	22 k // 12 k (-1,58 %)	47 k // 82 k (-0,41 %)	47 k (+0,9 %)	15 k (-2,0 %)	47 k (+0,9 %)	220 k // 100 k (-1,8 %)	47 k // 56 k (-0,87 %)	220 k // 100 k (-1,8 %)	330 k // 150 k (0,0 %)

Tabelle 3: Einstellen der Referenzspannungen

P1	P2	P3	P4	P5	P6
TP1	TP2	TP3	TP4	TP5	TP6
5,000 V	4,456 V	3,972 V	158 mV	141 mV	126 mV

Fassungen gesetzt. Zuerst muss geprüft werden, ob überall Betriebsspannung vorhanden ist. Für die Stromversorgung gibt es zwei Möglichkeiten: B1, C1 und IC7 sind vorhanden, J1 wird mit dem Ausgang eines 12-V-Trafos verbunden. An J2 wird die Spannung eines externen Netzteils gelegt, das die Gleichspannung 12 V liefert. In diesem Fall darf IC7 *nicht* montiert werden!

Die Betriebsspannung 12 V muss an allen IC-Fassungen (Anschlüsse 3 und 9) vorhanden sein. Wenn dies zutrifft, wird die Betriebsspannung abgeschaltet, anschließend werden die ICs vorsichtig in ihre Fassungen gedrückt. Der letzte Schritt ist das bereits beschriebene Einstellen der Referenzspannungen nach **Tabelle 3**.

Damit ist das LED-VU-Meter einsatzbereit. Nun muss nur noch das Verstärker-Ausgangssignal an J3 angeschlossen werden.

(120698)gd

Weblinks

[1] www.elektor-magazine.de/000083

[2] www.elektor-magazine.de/120698

Logarithmus

Stark wachsende Zahlenreihen werden häufig veranschaulicht, indem nicht der Zahlenwert, sondern der Logarithmus dargestellt wird. Meistens ist die Basis des Logarithmus die Zahl 10. Das Logarithmieren ist die Umkehrung des Potenzierens: ${}^a\log(b) = x$ kann auch $a^x = b$ geschrieben werden.

Ein Beispiel: Wie groß ist ${}^{10}\log(1000)$, also der dekadische Logarithmus von 1000? Heißt die Antwort x , dann ist $x = {}^{10}\log(1000)$. Anders geschrieben ist $10^x = 1000$. Da $10^3 = 1000$ ist, folgt daraus, dass $x = 3$ ist. Nach den gleichen Regeln ist beispielsweise der Logarithmus mit der Basis 2, angewendet auf die Zahl 8, also ${}^2\log(8)$, ebenfalls gleich 3.

Dezibel

Das logarithmische Verhältnismaß Bel, Kurzzeichen B, wurde ursprünglich angewendet, um Leistungsverluste in Kabeln anzugeben. Da ein Bel eine recht große Einheit ist, hat sich das Dezibel (dB) durchgesetzt, es ist das Zehntel eines Bel. Für das Rechnen mit Dezibel ist in der Elektrotechnik wichtig, ob es um Leistungs- oder Spannungsverhältnisse geht. Für das Verhältnis der Leistungen P_0 und P_1 gilt:

$x \text{ dB} = 10 \cdot {}^{10}\log(P_1/P_0)$. Wenn beispielsweise P_1 um den Faktor 100 größer als P_0 ist, entspricht dieses Verhältnis 20 dB.

Das Verhältnis von Spannungen in dB ist wie folgt definiert:

$x \text{ dB} = 20 \cdot {}^{10}\log(U_1/U_0)$. Wenn beispielsweise U_1 um den Faktor 100 größer als U_0 ist, entspricht dieses Verhältnis 40 dB!

Falls sich U_1 und U_0 um 30 dB unterscheiden und der Faktor gesucht ist, muss folgende Rechnung durchgeführt werden: $20 \cdot {}^{10}\log(U_1/U_0) = 30 \text{ dB}$, also ist ${}^{10}\log(U_1/U_0) = 1,5$. Nach den Regeln des Logarithmus kann dies wie folgt geschrieben werden:

$10^{1,5} = (U_1/U_0)$, folglich ist $U_1/U_0 = 31,62$. Die Spannung U_1 ist um den Faktor 31,62 höher als Spannung U_0 .

Leistung und Spannung: Effektiv und Spitze

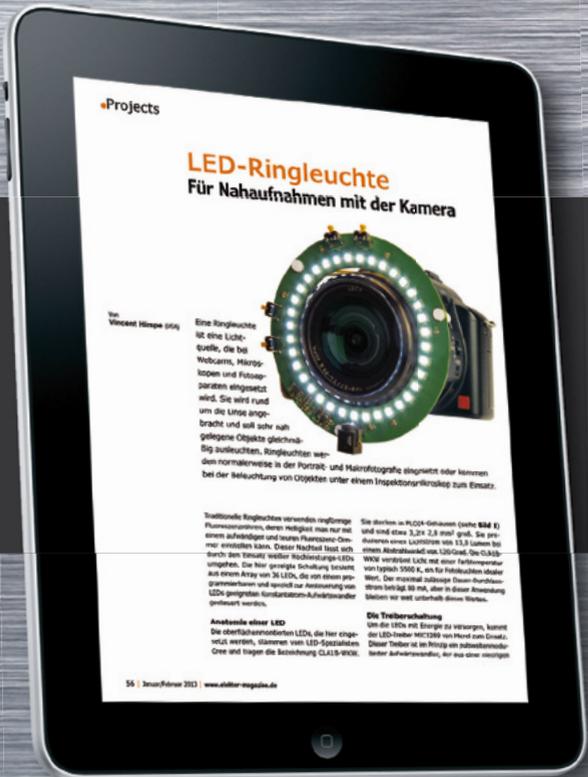
Für sinusförmige Signale ist der Spitzenwert, angegeben mit \hat{U} , um den Faktor $\sqrt{2}$ höher als der Effektivwert. Der Effektivwert wird auch mit RMS (*Root Mean Square*, Quadratischer Mittelwert) bezeichnet. Zum Beispiel steht U_{RMS} für einen effektiven Spannungswert.

Mit P für Leistung, U für Spannung, I für Strom und R für Widerstand ist $P = U \cdot I$ und $U = I \cdot R$. Folglich ist $P = U \cdot U/R = U^2/R$. Hier stellt sich die Frage, ob dies die effektive Leistung P_{RMS} oder die Spitzenleistung P_{Peak} ist. Die Antwort: Um die effektive Leistung P_{RMS} zu erhalten, muss mit der effektiven Spannung U_{RMS} gerechnet werden. Es gilt:

$P_{\text{RMS}} = U_{\text{RMS}}^2/R = (\hat{U}/\sqrt{2})^2/R = \hat{U}^2/2R$. Daraus folgt, dass bei einem sinusförmigen Signal die effektive Leistung nur die Hälfte der Spitzenleistung beträgt!

Eine effektive Leistung von 100 W an der Lautsprecherimpedanz 8Ω ist dann vorhanden, wenn ein angelegtes, sinusförmiges Signal die effektive Spannung $U_{\text{RMS}} = 28,28 \text{ V}$ hat. Die Spitzenspannung U_{Peak} dieses Signals beträgt 40 V.

Lesen Sie die neue Elektor ein Jahr lang in der ultimativen GOLD-Mitgliedschaft und profitieren Sie von allen Premium-Vorteilen!



Die Elektor-GOLD-Jahresmitgliedschaft bietet Ihnen folgende Leistungen/Vorteile:

- Sie erhalten **10 Elektor-Hefte** (8 Einzelhefte + 2 Doppelausgaben Januar/Februar und Juli/August) pünktlich und zuverlässig frei Haus.
- **Extra:** Jedes Heft steht Ihnen außerdem als PDF zum sofortigen Download unter www.elektor-magazine.de (für PC/Notebook) oder via App (für Tablet) bereit.
- **Neu & Exklusiv:** Sie erhalten alle 2 Wochen per E-Mail ein neues Extra-Schaltungsprojekt (frisch aus dem Elektor-Labor).
- **Neu & Exklusiv:** Wir gewähren Ihnen bei jeder Online-Bestellung 10% Rabatt auf alle unsere Webshop-Produkte – dauerhaft!
- **Neu & Exklusiv:** Der Online-Zugang zum neuen Community-Bereich www.elektor-labs.com bietet Ihnen zusätzliche Bauprojekte und Schaltungsideen.
- **Extra:** Die neue Elektor-Jahrgangs-DVD (Wert: 27,50 €) ist bereits im Mitgliedsbeitrag inbegriffen. Diese DVD schicken wir Ihnen sofort nach Erscheinen automatisch zu.
- **Extra:** Top-Wunschprämie (im Wert von 30 €) gibts als Dankeschön GRATIS obendrauf!

UMWELTSCHONEND – GÜNSTIG – GREEN

Möchten Sie Elektor lieber im elektronischen Format beziehen? Dann ist die neue GREEN-Mitgliedschaft ideal für Sie! Die GREEN-Mitgliedschaft bietet (abgesehen von den 10 Printausgaben) alle Leistungen und Vorteile der GOLD-Mitgliedschaft.



Jetzt Mitglied werden unter www.elektor.de/mitglied!

DDS-Signalgenerator

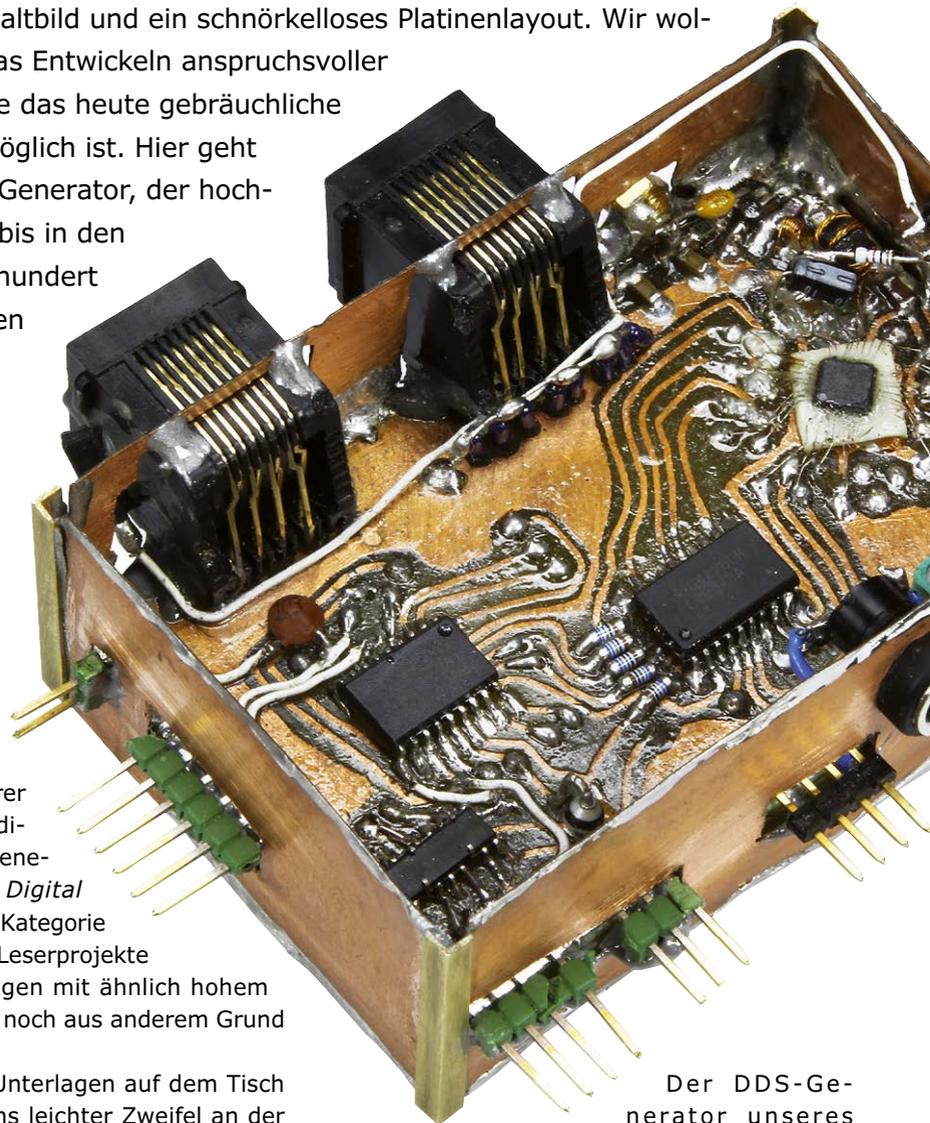
Schaltungsentwurf auffallend anders

Dieses Projekt hebt sich optisch vom Gewohnten ab: Was fehlt, sind ein CAD-gestyltes Schaltbild und ein schnörkelloses Platinenlayout. Wir wollen zeigen, dass das Entwickeln anspruchsvoller Projekte auch ohne das heute gebräuchliche Handwerkszeug möglich ist. Hier geht es um einen DDS-Generator, der hochfrequente Signale bis in den Bereich mehrerer hundert Megahertz erzeugen kann.

Von **Wim Knoeff**, PA3EHN (NL)

Das Weiterreichen ideenreicher und origineller Entwicklungen aus Kreisen unserer Leser hat bei uns Tradition. Auch der DDS-Generator (DDS = *Direct Digital Synthesis*) gehört der Kategorie der beachtenswerten Leserprojekte an. Aus den Vorschlägen mit ähnlich hohem Niveau ragt er jedoch noch aus anderem Grund heraus.

Als die übersandten Unterlagen auf dem Tisch lagen, konnten wir uns leichter Zweifel an der Funktionsfähigkeit nicht erwehren. Der Autor hatte sein Projekt unkonventionell realisiert, ohne CAD-Programm für Schaltbild und Platinenlayout. Wie vor einem halben Jahrhundert war die Schaltung von Hand gezeichnet, ein Computer war nur zum Erstellen der Mikrocontroller-Software zum Einsatz gekommen. Nach heutigem Stand der Technik mag diese Handarbeit unzeitgemäß erscheinen, für uns hatte sie einen gewissen nostalgischen Charme.



Der DDS-Generator unseres Autors liefert Signale bis 100 MHz, er bietet sogar diverse Features wie Amplitudenmodulation, Split-Frequency, Frequenzlauf aufwärts oder abwärts in 10-kHz- oder 50-kHz-Schritten sowie das selbsttätige Zuschalten von Bandfiltern. Für den ersten Einstieg in die Welt der Elektronik ist der DDS-Generator sicher nicht geeignet, das Projekt zeigt jedoch, dass komplexe elektronische Systeme auch auf unkonventionellen Wegen realisierbar sind.

Hardware

Der AD9913 von Analog Devices [1] ist ein *Direct Digital Synthesizer*, er wurde ursprünglich für mobile Systeme entwickelt. Integriert ist ein 10-bit-D/A-Wandler, der bis zu 250 Mega-samples in der Sekunde bereitstellt. Durch die hohe Abtast- und Verarbeitungsgeschwindigkeit kann der AD9913 Sinussignale bis 100 MHz generieren. Zu den vielfältigen Möglichkeiten gehören eine eng abgestufte Frequenz-Feineinstellung, ein präzises Einstellen eines Phasen-Offsets sowie ein Betrieb mit schnellem Frequenz-Hopping.

Für die Referenz-Taktfrequenz des AD9913 ist der 25-MHz-Quarz an den Anschlüssen 13 und 14 verantwortlich. Die Frequenz-Feineinstellung wird, wie aus **Bild 1** hervorgeht, mit einem Trimmkondensator vorgenommen. Die interne DSS-PLL stellt den DSS-Systemtakt bereit, indem sie die Quarzfrequenz vervielfacht.

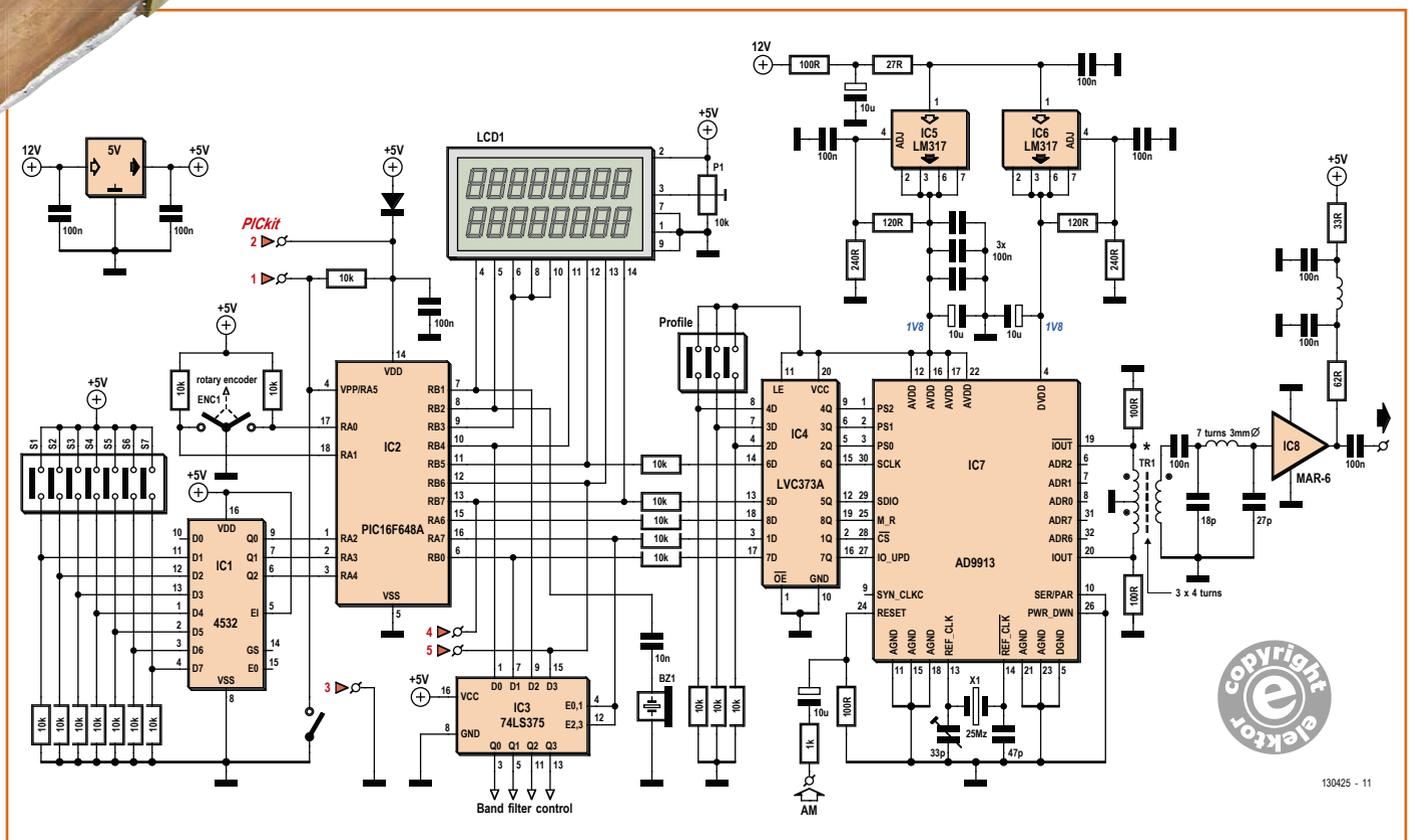
Die Taster S1...S7 sind über den Priority-Encoder IC1 mit dem Mikrocontroller IC2 (PIC 16F648A) verbunden.

Zusammen mit dem Drehencoder an den Anschlüssen 17 und 18 sind sie die Bedienelemente des DDS-Generators. Der Mikrocontroller liefert die Bit-Sequenzen, die den DDS-Baustein steuern, außerdem gibt er Informationen auf einem zweizeiligen LC-Display aus. Die für den DDS-Baustein bestimmten Daten gelangen über das achtfache Latch IC4, ein 74LVC373A mit 5-V-kompatiblen Eingängen, zu den Steuereingängen des AD9913. Das Latch passt die 5-V-Signale des Mikrocontrollers an den DDS-Baustein an, er arbeitet mit 1,8 V.

Das Signal RA7 des Mikrocontrollers (CS des AD9913) steuert auch die Übernahme der Bandfilter-Daten durch IC3, dies ist ein 4-bit-Latch vom Typ 74LS375.

Die komplementären Ausgangssignale des AD9913 (Anschlüsse 19 und 20) werden von einem trifilar gewickelten Ringkernübertrager zusammengeführt, unter anderem zur Dämpfung von geradzahligen Harmonischen (siehe Application Note AN-912 von Analog Devices [2]). Das Signal gelangt über einen Pi-Filter zum Ausgangs-

Bild 1. Grundsaltung des DDS-Generators, hier in dem für Elektor typischen Design. Der optionale AM-Teil ist nicht abgebildet.



130425 - 11

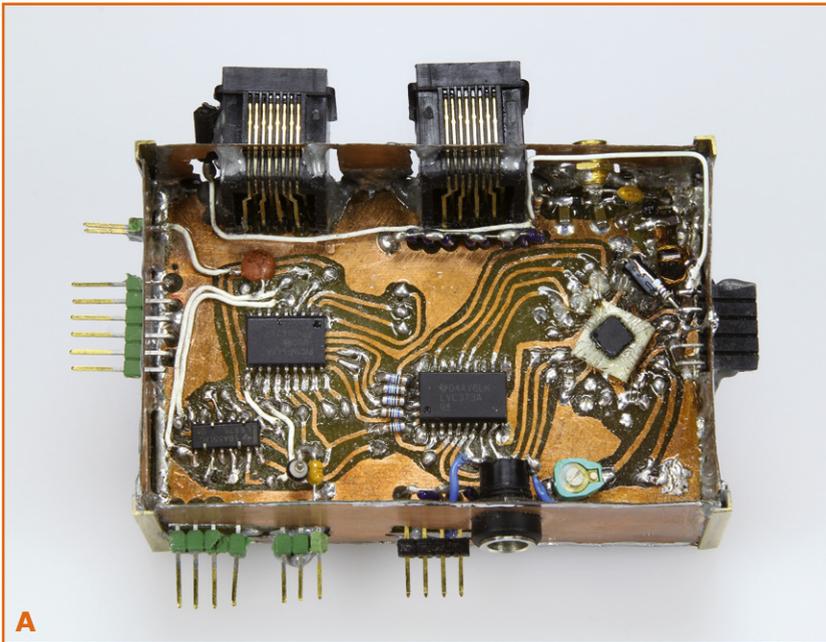
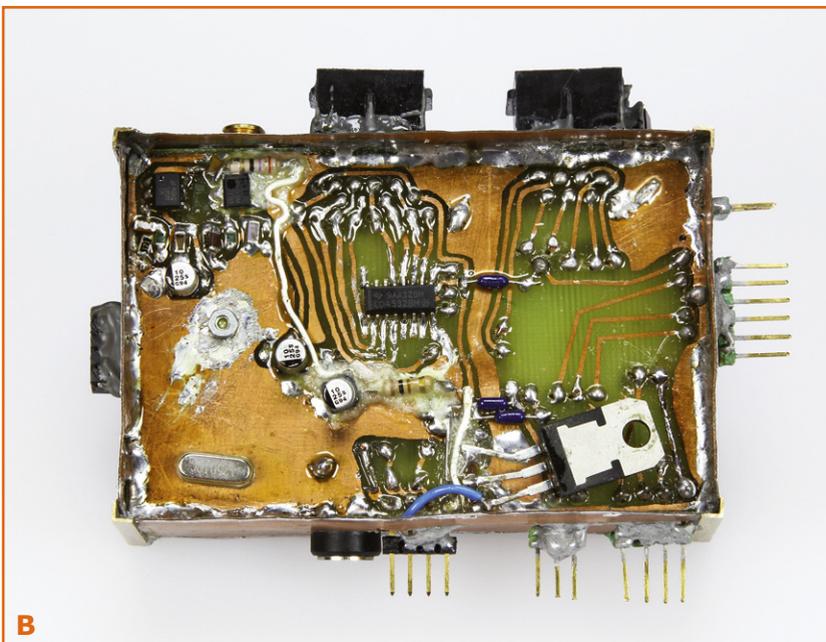


Bild 2.
Der vom Autor aufgebaute
Prototyp des DDS-
Signalgenerators in der
Ansicht von oben (A) und
von unten (B).

puffer IC8 (MAR6) und von dort zum Signalausgang des DDS-Generators.

Die Stromversorgung besteht aus einem Zweig für die Spannung 5 V (Mikrocontroller und zugehörige Komponenten) sowie einem Zweig für die Spannung 1,8 V (DDS-Baustein AD9913). Zur getrennten Versorgung des analogen und digitalen Bereichs im AD9913 sind im 1,8-V-Zweig zwei Spannungsregler vorhanden.



Aufbau

Der Autor hat für die Hardware eine von Hand gezeichnete, doppelseitige Platine entworfen (Fotos in **Bild 2** und **Bild 3**), womit er beweist, dass auch komplexe, mit SMDs aufgebaute Systeme unkompliziert und trotzdem zuverlässig layoutet werden können. Der Beitrag zur Montage von LFCSP-Chips in der vorigen Elektor-Ausgabe [3] beschrieb bereits, wie der DDS-Baustein über angelötete Drähte auf der Platine montierbar ist. Interessierte Leser können das Platinenlayout von der Projektseite [4] herunterladen. An dieser Stelle beschränken wir uns auf die Wiedergabe einiger Fotos, die das vom Autor geschaffene Werk zeigen. Optisch fallen der DDS-Generator und sein Aufbau beträchtlich aus dem gewohnten Rahmen der Elektor-Projekte heraus. Die Qualität und Stabilität der generierten Signale konnte jedoch auch die Sceptiker im Elektor-Labor uneingeschränkt überzeugen.

Den Aufbau des DDS-Generators wollen wir hier nur in Kurzform beschreiben. Zuerst werden die Durchkontaktierungen der doppelseitigen Platine hergestellt, dann folgt die Montage der Spannungsregler mit den zugehörigen Komponenten. Daran schließen sich die Steckverbinder, der HEF4538 auf der Platinenunterseite und der Mikrocontroller PIC16F648A mit dem 74LS375 auf der Platinenoberseite an. Der MAR6 mit allem, was dazugehört, die Bauelemente rund um den AD9913 sowie diverse Drahtbrücken sind die nächsten Anwärter. Alle ICs haben SMD-Bauform, so dass die Montage etwas Übung verlangt, die übrigen Bauelemente lassen sich völlig problemlos montieren.

Für den Anschluss des LC-Displays und der sieben Taster hat der Autor zwei achtadrige Datenkabel mit RJ45-Steckern verwendet. Über die Steckverbindungen lassen sich diese Komponenten schnell abkoppeln oder austauschen. Die Betriebsspannung +5 V des LC-Displays wird über eine separate Leitung und einen Mini-Steckverbinder neben der RJ45-Buchse geführt. Der Download von der Projektseite [4] enthält neben den Layouts der Platine (Ober- und Unterseite) auch einen detaillierten Verdrahtungsplan.

Wenn die Platine so weit aufgebaut ist, wird die ebenfalls im Download enthaltene HEX-Datei in den PIC16F648A geladen. Nach einem ersten Test (siehe Absatz „Software“) ist der 74LVC375 das

nächste zur Montage anstehende Bauelement. Sobald er an seinem Platz ist, können die Signale überprüft werden, die den AD9913 steuern.

Montage des DDS-Chips

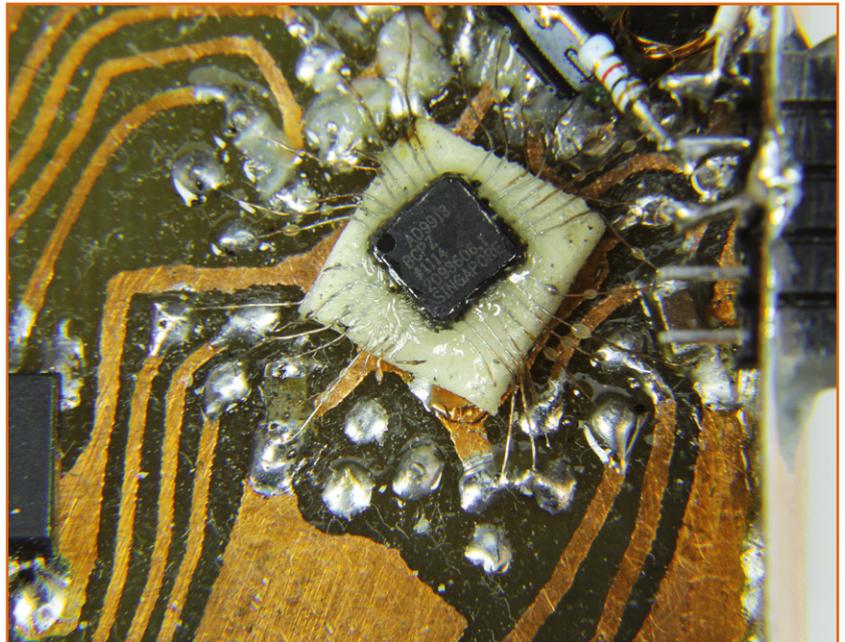
Der DDS-Chip AD9913, vorbereitet wie in [3] beschrieben, ist zuletzt an der Reihe. Die Masseflächen der Platinenseiten werden über einen Kupferstreifen miteinander verbunden, dieser wird durch die 3-mm-Bohrung der Platine gesteckt und auf beiden Seiten verlötet. Das Schraubgewinde der Massefläche auf dem Chip wird parallel zum Kupferstreifen durch die Bohrung gesteckt, dabei müssen die Anschlussdrähte der Chipkontakte auf die zugehörigen Platinenlötunkte ausgerichtet sein. Eine Mutter auf dem Schraubgewinde fixiert den DDS-Chip auf der Platine. Die Mutter muss mit Gefühl nur leicht angezogen werden, wir empfehlen, ihren Sitz später nicht mehr zu verändern. Wichtig ist ferner, Masseflächen, Kupferstreifen, Schraubgewinde und Mutter vor der Montage mit Wärmeleitpaste zu bestreichen. Was noch zu tun bleibt, ist das Kürzen und Anlöten der Kontakt-Anschlussdrähte. Dazu ist ein geerdeter LötKolben unabdingbar (!), eine Lupenlampe leistet gute Dienste. Die DDS-Chip-Kontakte 6, 7, 8, 9, 31 und 32 bleiben frei.

Nach Anlegen der Betriebsspannung 12 V ist der Moment gekommen, in dem sich das Ergebnis der Mühe zeigt. Der Autor versicherte, dass die drei von ihm gebauten Prototypen auf Antrieb erwartungsgemäß arbeiteten. Die Prototypen hat der Autor mit farblosem Lack aus der Spraydose überzogen. Der Lack trägt dazu bei, dass die SMDs sicher an ihrem Platz gehalten werden, gleichzeitig schützt er den Aufbau vor Umwelteinflüssen.

Software

Die Software ist das Arbeitsergebnis mehrerer Autoren, verteilt über einige Jahre. Trotzdem ist der Quellcode (.ASM) übersichtlich geblieben, so dass er als Basis weiterer Entwicklungen und Ergänzungen dienen kann. Im Quellcode ist beispielsweise eine zu berücksichtigende Differenzfrequenz (Zwischenfrequenz) bestimmbar, auch die maximale Ausgangsfrequenz lässt sich festlegen.

Nach Änderungen muss der Quellcode mit dem Assembler MPASM von Microchip [5] neu assembliert werden. Anschließend wird die entstandene HEX-Datei mit einem Programmer, zum Beispiel



dem PicKit2, in den PIC16F648A geladen. Dabei müssen die Betriebsspannung und das LC-Display abgekoppelt sein.

Nach dem Einschalten gibt das LC-Display zuerst den PLL-Faktor und die maximale Frequenz aus, sie sind in der geladenen Software festgelegt. Dann erscheint in der ersten Zeile die Startfrequenz 28,5 MHz, nach Betätigen des Drehencoders wird sie in die zweite Zeile übernommen. Begleitet werden diese Vorgänge von akustischen Signalen des Beepers.

Im Download auf der Projektseite [4] sind mehrere Software-Varianten zu finden. Die Namen der ASM- und HEX-Dateien deuten den PLL-Faktor und die maximale Ausgangsfrequenz an (Beispiel: *10x_120mc*).

(130425)gd

Bild 3. Montage des DDS-Bausteins auf der Platine. Die vorbereitenden Aktionen wurden in der letzten Elektor-Ausgabe [3] beschrieben.

Weblinks

- [1] www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD9913.pdf
- [2] www.analog.com/static/imported-files/application_notes/AN_912.pdf
- [3] www.elektor-magazine.de/120246
- [4] www.elektor-magazine.de/130425
- [5] www.microchip.com/mplab

Berechnung von Stromtransformatoren

Berührungslose Strommessung verstehen

Von
Martin Oßmann
(Deutschland)

Um Ströme zu messen setzt man meist mit einem Shunt den Strom in eine Spannung um, die dann gemessen wird. Will man isoliert messen, kann man einen „Stromtransformator“ verwenden. Wie man das macht, wird nun beschrieben. Der Nachteil dabei ist, dass man keine Gleichströme messen kann. Es gibt aber genügend Anwendungen, z.B. in Schaltnetzteilen, wo die Kurvenform wichtig ist und man auf den Gleichstromanteil verzichten kann.

Bei einem Stromtransformator benutzt man oft einen Ringkern. Der Messstrom wird durch den Ringkern geführt (**Bild 1**). Auf dem Ringkern ist eine Sekundärwicklung aufgebracht, die mit einem Shunt „kurzgeschlossen“ ist. Mit dem Oszilloskop misst man die Spannung über diesem Shunt. In **Bild 2** ist das Resultat einer solchen Messung gezeigt.

Unsere Puls-Spannungsquelle aus dem Januar/Februar-Heft [1] liefert hier 10-V-Pulse (blaue Kurve). Mit einem 20-Ω-Widerstand entstehen 500-mA-Strompulse, dies ergibt mit der Shunt-Messung Pulse von 50 mV (rote Kurve). Mit dem Stromtransformator ergeben sich Pulse von 5 mV. Die Frequenz ist 250 kHz. Das Resultat sieht eigentlich vielversprechend aus, der Stromtransformator gibt die Form der Rechteckpulses gut wieder. Ein Problem zeigt sich, wenn wir die Frequenz auf 50 Hz erniedrigen (**Bild 3**). Jetzt gibt der Stromtransformator die Rechteckimpulse nicht mehr richtig wieder (grüne Kurve). Woran das liegt, soll nachfolgend dargestellt werden. Durch die Modellbildung kann man dann auch herleiten, wie man einen derartigen Stromtransformator dimensioniert.

Trafo-Ersatzschaltbild

Wenn man eine Stromzange mit einem Ringkern aufbaut, sollte man eine gute Modellvor-

stellung von dem entstandenen Stromtransformator haben. Diese soll nun erarbeitet werden.

Ein Transformator besteht aus einer Primärwicklung (Index 1) und einer Sekundärwicklung (Index 2). Die Windungszahlen sind n_1 und n_2 . Man kann die sogenannten Leerlaufinduktivitäten L_{1o} und L_{2o} messen (**Bild 4**). Sind Primär- und Sekundärwicklung gleichartig auf dem Kern aufgebracht, kann man sie auch mit Hilfe des A_L -Wertes berechnen. Es gilt nämlich:

$$L_{1o} = n_1^2 \quad \text{und} \quad L_{2o} = n_2^2 \cdot A_L$$

Das Windungszahlenverhältnis ist dann $N = n_2 / n_1$. Für einen Kern aus Vitroperm mit $A_L = 80 \mu\text{H} / \text{Wdg}^2$ ergibt sich z.B.:

$$n_1 = 1 \quad L_{1o} = 80 \mu\text{H} \quad n_2 = 25$$

$$L_{2o} = 50 \text{ mH} \quad N = n_2 / n_1 = 25$$

Eine weitere interessante Größe für einen Transformator ist sein Kopplungsfaktor k . Diesen kann



man durch Messen der Kurzschlussinduktivitäten messen. Schließt man die Sekundärseite kurz, misst man in unserem Beispiel $L_{1k} = 0,2 \mu\text{H}$. Schließt man dagegen die Primärseite kurz, misst man L_{2k} . Dieser Wert ist aber nicht unabhängig von den anderen drei, sondern es gilt:

$$L_{2k} \cdot L_{1o} - L_{1k} \cdot L_{2o} = 0$$

Damit kann man z.B. L_{2k} ausrechnen, es ergibt sich in unserem Beispiel:

$$L_{2k} = \frac{L_{1k} \cdot L_{2o}}{L_{1o}} = 125 \mu\text{H}$$

Der Kopplungsfaktor ergibt sich zu:

$$k = \sqrt{1 - \frac{L_{1k}}{L_{1o}}} = 0,9987492178$$

In unserem Fall liegt er sehr nahe bei 1, d.h. ein Stromtransformator mit Ringkern ist nahezu ideal gekoppelt.

Der Transformator wird durch die drei Größen L_{1o} , L_{2o} und L_{1k} bereits vollständig beschrieben. Um das Verhalten von Schaltungen mit Transformatoren zu beschreiben, verwendet man ein Ersatzschaltbild. Die allgemeine Form davon ist in **Bild 5** links dargestellt.

Sie besteht aus einem idealen Übertrager mit dem Übersetzungsverhältnis 1:M. Dann gibt es die Haupt- oder Magnetisierungsinduktivität L_m , die primäre Streuinduktivität L_{1s} und die sekundäre Streuinduktivität L_{2s} . Da das Ersatzschaltbild vier Größen enthält ist es nicht eindeutig bestimmt, sondern man kann gewisse Größen frei wählen. Dementsprechend haben die Elemente auch nicht direkt physikalische Entsprechungen.

Ab jetzt werden wir das in Bild 5 rechts dargestellte Ersatzschaltbild benutzen. Es besitzt die primäre Streuinduktivität L_s die sich direkt aus der Kurzschlussmessung $L_s = L_{1k}$ ergibt. Die Hauptinduktivität L_m ergibt sich aus der Leerlaufmessung bzw. Wicklungsformel $L_m = L_{2o} = n_2^2 \cdot A_L$. Als Übersetzungsverhältnis M ergibt sich: $M = N/k = 25,0313... \approx N$. Da der Koppelfaktor nahe 1 ist, ist M ziemlich genau das Windungszahlenverhältnis. Damit haben wir alle Elemente des Ersatzschaltbildes (**Bild 6**) bestimmt. Mit diesen Elementen kann man dann z.B. auch Simulationen in SPICE durchführen.

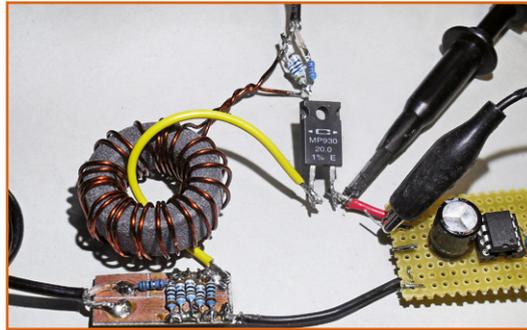


Bild 1.
Ferritring als
Stromtransformator.

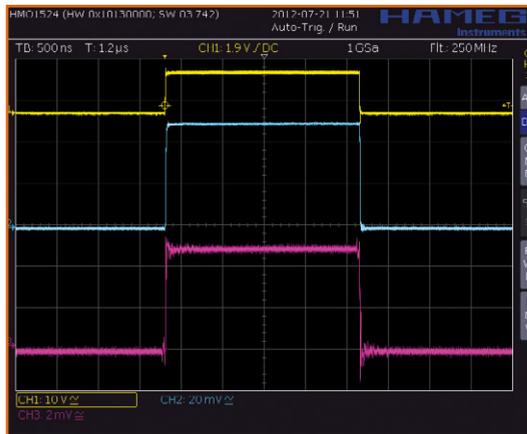


Bild 2.
Strommessung eines
250-kHz-Rechtecks mit
Stromtransformator.

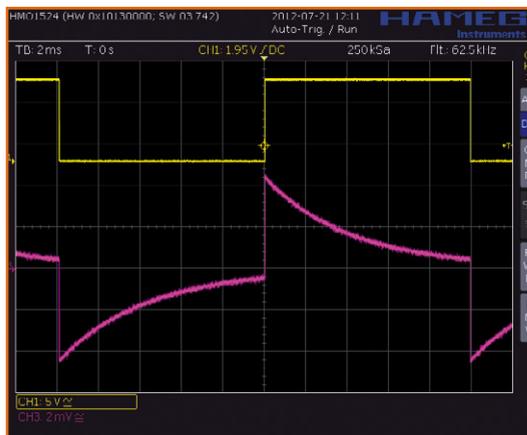


Bild 3.
Messung eines 50-Hz-
Rechtecks mit Ferritring.

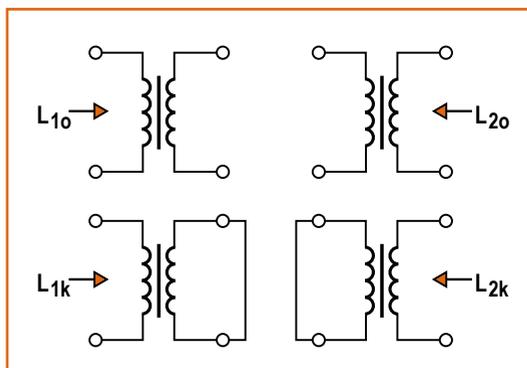


Bild 4.
Leerlauf- und
Kurzschlussmessung eines
Trafos.

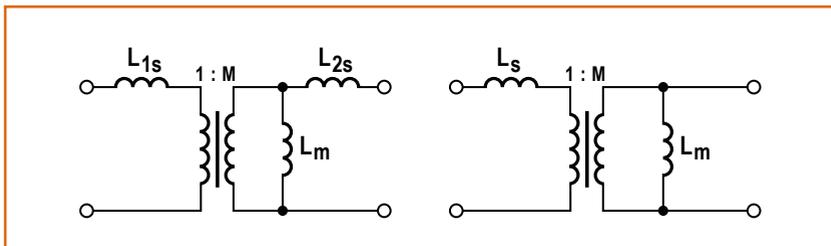


Bild 5.
Ersatzschaltbild des
Transformators.

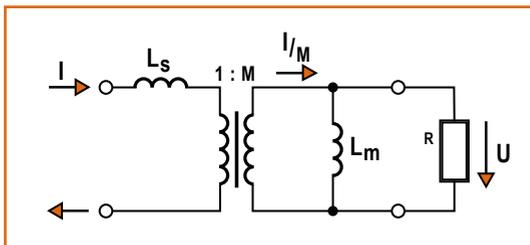


Bild 6.
Ersatzschaltbild des
Stromtransformators.

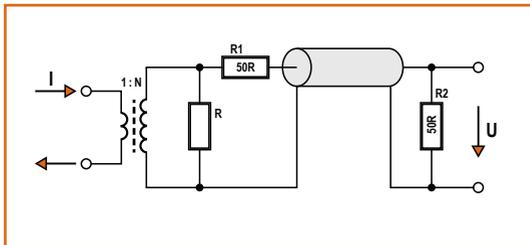


Bild 7.
Aufbau der Strommessung
mit Transformator.

Nun lassen wir die Primärseite von unserem zu messenden Strom I durchfließen. Auf der Sekundärseite schließen wir einen (kleinen) Widerstand R an und messen an ihm die Spannung. Da die Streuinduktivität in Reihe liegt, beeinflusst sie den Strom durch den Transformator nicht. Auf der Sekundärseite fließt der transformierte Strom I/M , der durch die Parallelschaltung aus L_m und R fließt und daran die Messspannung U hervorruft. Für Stromtransformatoren ist meistens $n_1 = 1$, dann ist $N = M = n_2$, was wir nun voraussetzen.

Wenn die Frequenz des Stromes I so groß ist, dass die Impedanz der Spule viel größer ist als R , kann man L_m vernachlässigen und man erhält einfach $U = R \cdot I / N$. Die Transferimpedanz ist also $R_{TR} = U / I = R / N$. Mit der komplexen Wechselstromrechnung kann man nun nachrechnen, dass ein derartiges System einen Hochpass mit der Grenzfrequenz

$$f_g = \frac{R}{2 \cdot \pi \cdot L_m}$$

$$R_{TR} = \frac{R}{N} \quad f_g = \frac{R}{2 \cdot \pi \cdot A_L \cdot N^2}$$

Dimensionierung

Mit diesen Erkenntnissen können wir nun abschätzen, wie man einen Stromtransformator dimensionieren muss. Wenn man R größer macht, wird das Spannungssignal größer, aber gleichzeitig steigt die untere Grenzfrequenz, d.h. man kann niedrige Frequenzen nicht mehr messen (gleichzeitig erhöht sich der Spannungsabfall im Primärkreis). Die Wahl von R ist also ein Kompromiss. Da Oszilloskope Spannungen im mV-Bereich oft verrauscht anzeigen, wird man R so groß machen, dass einige zig mV als Spannung bei mittleren Strömen entstehen.

Nun kommen wir zur Windungszahl. Erhöht man N , so wird die Transferimpedanz, und damit die gelieferte Spannung, kleiner. Gleichzeitig wird aber L_m größer, und das erniedrigt die untere Grenzfrequenz. Auch hier muss man einen Kompromiss schließen. Weiter sieht man, dass ein höherer A_L -Wert hilft, weil er die Grenzfrequenz erniedrigt, ohne die Transferimpedanz zu beeinflussen.

Ferrit-Ringkern

Als Beispiel berechnen wir die Kenngrößen (wenn man einen Ringkern aus Ferrit verwendet) mit einem A_L -Wert von ca. $3 \mu\text{H/Wdg}^2$. Mit $R = 0,5 \Omega$ und $N = 25$ ergibt sich:

$$R_{TR} = \frac{R}{2N} = \frac{0,5 \Omega}{50} = 0,01 \Omega$$

$$f_g = \frac{R}{2 \cdot \pi \cdot A_L \cdot N^2} = 42 \text{ Hz}$$

Der Faktor 2 im Nenner für die Transferimpedanz kommt durch die zwei 50- Ω -Widerstände $R1$ und $R2$. Diese passen das Signal wieder an ein 50- Ω -Kabel an, wobei ein Spannungsteiler entsteht, der das Signal halbiert (**Bild 7**).

Bei einem Strom von 1 A erhalten wir am Oszilloskop dann 10 mV, was nicht wirklich viel ist. Die untere Grenzfrequenz liegt bei ca. 50 Hz, so dass wir mit einem solchen Ringkern 50-Hz-Signale nur mit großem Fehler messen können.

Zaubermaterial Vitroperm

Von der Firma Vacuumschmelze gibt es das Material Vitroperm, welches eine sehr hohe Permeabilität (bei niedrigen Frequenzen) besitzt. Der Ringkern (Typ T60006 L2025-W380) besitzt unterhalb

von 1 kHz einen A_L -Wert von ca. $80 \mu\text{H}/\text{Wdg}^2$. Das erniedrigt, bei sonst gleichen Parametern, die Grenzfrequenz auf ca. 2 Hz. Mit einem solchen Kern kann man also eine Stromzange aufbauen, welche problemlos bis unterhalb 50 Hz einsetzbar ist (**Bild 8**).

Ein paar Worte sollte man noch zum „Innenwiderstand“ der Stromzange sagen. Der Shunt R auf der Sekundärseite wird um den Faktor $1/N^2$ auf die Primärseite transformiert. Wenn man also $R = 0,5 \Omega$ und $N = 25$ benutzt, ist der wirksame Widerstand auf der Primärseite gleich $0,0008 \Omega$, das ist im Normalfall vernachlässigbar. In Reihe liegt allerdings noch die Streuinduktivität $L_{1k} = 0,2 \mu\text{H}$, die bei 1 MHz immerhin eine Impedanz von $1,2 \Omega$ darstellt. Die Brauchbarkeit des Stromtransformators für höhere Frequenzen ist durch parasitäre Kapazitäten usw. bedingt. Mit unserem einfachen Exemplar kann man problemlos bis in den MHz-Bereich messen.

(130410)



Bild 8.
Vitroperm-Kern.

Weblinks

[1] www.elektor-magazine.de/130005

[2] www.elektor-magazine.de/130410

Anzeige

Elektor-DVD 2013

Alle Artikel von 2013 auf DVD-ROM

Die neue Elektor-Jahrgangs-DVD enthält alle Beiträge (mit Ausnahme aktueller Rubriken) des Jahrgangs 2013 der Elektor-Ausgaben in Deutschland, England, USA, Frankreich, Spanien und den Niederlanden. Sie verfügt über eine sehr übersichtlich gestaltete Benutzeroberfläche.

Mit der Elektor-DVD 2013 können Sie alle Platinenlayouts in perfekter Qualität drucken; diese Layouts mit einem Zeichenprogramm verändern; die Schnellsuch-Funktion benutzen, mit der Sie in den einzelnen Artikeln oder im ganzen Jahrgang nach Wörtern, Bauteilen oder Titeln suchen können; Schaltbilder, Platinenlayouts, Illustrationen, Fotos und Texte exportieren.

NEU!



Inhalt:

- Alle Elektor-Artikel des Jahrgangs 2013
- HTML-Benutzeroberfläche zum schnellen Auffinden des gesuchten Artikels

ISBN 978-90-5381-277-8

€ 27,50
CHF 34,10

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

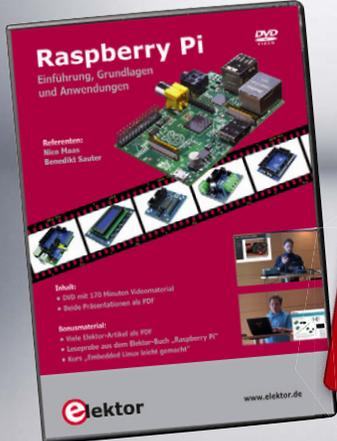
Workshop-DVD Raspberry Pi

Einführung, Grundlagen und Anwendungen

Konnten Sie aus zeitlichen Gründen nicht an unserem ElektorLive-Seminartag am 12.10.2013 in Hanau teilnehmen und haben somit auch die beiden populären Raspberry-Pi-Seminare verpasst!? Kein Problem! Mit dieser neuen DVD-Video sind Sie jetzt trotzdem live dabei!

IT-Systemelektroniker Nico Maas erklärt in diesem Einführungskurs, wo die Möglichkeiten, Stärken und Grenzen des 40-Euro-Rechners und die Vorteile gegenüber traditionellen Mikrocontroller-Anwendungen liegen. Entwickler Benedikt Sauter stellt Ihnen in seinem Seminar praktische Anwendungen vor, um den Raspberry Pi, das BeagleBone Black und das GNUBLIN/ Elektor-Linux-Board in eigenen Projekten einsetzen zu können.

NEU!



Inhalt:

- 170 Minuten Videomaterial
- Beide Präsentationen als PDF
- Viele Elektor-Artikel zu RPi als PDF

ISBN 978-3-89576-295-6

€ 24,90
CHF 30,90

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

Messen mit Tastköpfen

Von
Alfred Rosenkränzer
 (D)

Bei der Messung von digitalen High-Speed-Signalen mit Tastköpfen kommt es oft zu Messfehlern. Besondere Bedeutung hat dabei der Masseanschluss des Tastkopfs. Wird die Standard-Leitung mit Krokoklemme benutzt, so zeigen die Bilder meist wilde Überschwinger, die aber gar nicht zum Signal gehören. Teurere Tastköpfe haben eine „Massefeder“, um die Masse mit einer möglichst kurzen Verbindung anzuschließen. So eine Feder kann man einfach selbst bauen!

Das Messen mit dem Oszilloskop ist das tägliche Brot des Elektronikers, sei es beruflich oder in der Freizeit. Dabei können Signale eines Generators direkt mit einem abgeschirmten Kabel, meist mit

BNC-Steckern, übertragen werden. Für niedrige Frequenzen, wie zum Beispiel Audio-Signale, wird das Kabel nicht abgeschlossen. Für höhere Frequenzen, wie Video oder schnelle digitale Signale, wird das Kabel in der Regel abgeschlossen; falls vorhanden optimalerweise mit dem schaltbaren Abschlusswiderstand im Scope. In den meisten Fällen werden die Messungen aber mit hochohmigen Tastköpfen vorgenommen. Nur so kann man Signale innerhalb einer Schaltung verfolgen. Der typische Tastkopf hat eine Eingangsimpedanz von $10\text{ M}\Omega$ parallel zu einem Kondensator von etwa 10 pF . Dabei wird der Eingangswiderstand des Oszilloskops von $1\text{ M}\Omega$ als Spannungsteiler von 10:1 benutzt.

Das Signal selbst wird mit der Spitze erfasst, die nötige Masseverbindung stellt ein rund 10 cm langes Kabel mit einer Krokoklemme her. Dass der Tastkopf auf den Oszilloskop-Eingang mit Hilfe des Testausgangs abgeglichen wurde, wird natürlich nachfolgend vorausgesetzt.

Misst man schnelle digitale Pulse, so stellt man schnell fest, dass die Signalform stark davon abhängt wo man die Masse anschließt und das Massekabel verlegt. Das gilt besonders für die Signalüberschwinger nach Flanken. Der Verdacht liegt nahe, dass diese Signalverformungen Messfehler sind und gar nicht das richtige Signal darstellen (siehe **Bild 1**).

Bei teuren Tastköpfen im professionellen Bereich, zum Beispiel von Agilent oder Tektronix, kann man die dargestellte Signalform verbessern indem man die Masseleitung abzieht und die Masseverbindung mit einer aufsteckbaren Feder (**Bild 2**) herstellt. Das Resultat zeigt **Bild 3**. Jetzt muss man nicht nur die Spitze auf den Testpunkt drücken, sondern auch einen geeigneten Massepunkt finden und kontaktieren.



Bild 1.
 10-MHz-Rechtecksignal mit Kabel und $50\text{-}\Omega$ -Abschluss im Scope (A); das gleiche Signal gemessen mit Tastkopf und Massekabel am Abschluss (B).



Bild 2.
 Tastkopf der Firma Agilent mit entferntem Massekabel und Massefeder.

Bei preiswerten Produkten hat der Autor diese Art der Masseverbindung bisher nicht gesehen. Glücklicherweise haben aber auch sie den Masering hinter der Spitze zum Kontaktieren des Testausgangs. Indem man einen blanken Draht einige Male um diesen Ring wickelt und verdrillt erhält man eine ähnliche Anordnung (**Bild 4**). Den Masseanschluss mit der Wicklung kann man auch ruhigen Gewissens in die Schaltung einlöten. Er kostet ja praktisch nichts. Geht er kaputt, dann stellt man sich einen neuen her.

Bandbreite

Diese Maßnahmen verhindern aber nicht, dass der Tastkopf zumeist die Bandbreite der Messung beschränkt.

Um das herauszufinden könnte man die Steigzeit eines schnellen Rechtecksignals einmal mit einem BNC-Kabel mit Abschluss direkt und dann mit dem Tastkopf messen. Ist sie mit Tastkopf größer, so hat das Scope noch Reserven. Im Profibereich gibt es auch hierzu eine Lösung, nämlich Tastköpfe mit 500 oder 1000 Ω Eingangsimpedanz. Das erscheint auf den ersten Blick sehr wenig im Vergleich zu den 10 M Ω der hochohmigen Tastköpfe, bei hohen Frequenzen dominiert aber eher die Eingangskapazität. Außerdem liegen die Amplituden schneller Signale eher im 1-V_{pp}-Bereich und die ICs können die resultierenden Ströme locker treiben.

Der Preis eines solchen Tastkopfs liegt allerdings im Bereich einiger 100 Euro; das ist für die meisten Elektroniker unerschwinglich. Einen Tastkopf mit ähnlichen Eigenschaften kann man aber auch relativ einfach selbst bauen. Man braucht ein 50- Ω -Meßkabel mit BNC-Anschluss an einem Ende. Zur Not schneidet man ein Kabel von 2 m in der Mitte durch und kann sich zwei Tastköpfe bauen. Das abgeschnittene Ende isoliert man ab und lötet an den Innenleiter einen Widerstand an, den man anschließend mit einem Stück Schrumpfschlauch isoliert und stabilisiert. Die Abschirmung verdrillt man und lötet ein Stück Draht an zum Anschluss auf der Platine. Ein weiteres Stück Schrumpfschlauch rundet die Geschichte ab (**Bild 5**). Als Widerstandswert bieten sich 450 oder 950 Ω an. Zusammen mit dem 50- Ω -Abschlusswiderstand im Scope bilden sie einen 10:1 bzw. 20:1 Teiler. Solche Widerstandswerte gibt es im Elektronikhandel. Nimmt man in Kauf, dass das Spannungsteiler-Verhältnis nicht exakt stimmt, so kann man auch 470 oder

1000 Ω nehmen. Geht etwas kaputt, so schneidet man das Ende des Kabels ab und baut sich einen neuen Tastkopf.

Bild 6 zeigt einen niederohmigen Tastkopf von HP. In der weißen Plastikhülle steckt ein austauschbarer Widerstand. Der Anschluss zum Scope hin wird über einen SMA-Stecker und ein SMA-Kabel hergestellt (der Preis war atemberaubend). Auch so etwas könnte man mit einer SMA-Buchse, einem Widerstand, Draht und Schrumpfschlauch nachbauen (falls man ein SMA-Kabel und einen Adapter auf BNC besitzt).

(130112)

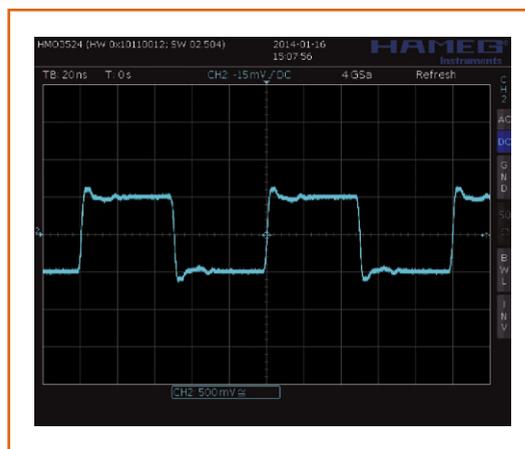


Bild 3. Das 10-MHz-Rechtecksignal gemessen mit direktem Masse-Anschluss des Tastkopfes.



Bild 4. Tastkopf der Firma Hameg mit selbstgebauter „Massefeder“. Auch hier wurde das Massekabel entfernt.



Bild 5. Selbstgebauter niederohmiger Tastkopf.



Bild 6. Älterer niederohmiger Tastkopf von HP.

Wechselspannungs-Netzgerät (1984)

Gerettet aus dem e-Schrott @ e-labs



Von **Jan Buiting** (Chefredakteur Elektor-UK/US)

In den vorhergehenden Monaten ging es in dieser Rubrik vor allem um komplexe, bizarre, seltene oder sündhaft teure Stücke. Jetzt schwenkt der Fokus auf etwas, das für viele Selbstbauprojekte hilfreich ist: Ein Netzteil mit von 3...18 V einstellbarer Wechselspannung.

Über Fehlersuche...

Es ist gewiss nicht übertrieben zu behaupten, dass (a) fast alle Elektronik auf eine saubere Stromversorgung angewiesen ist und dass (b) das Netzteil die Hauptfehlerquelle in defekter Oldtimer-Elektronik ist.

Moderne Probleme werden hauptsächlich durch dubiose Firmware-Updates bekämpft, die einem von Hotline-Mitarbeitern in Pakistan aufgenötigt werden. In der Elektronik-Antike – vor >25 Jahren – wechselte man zunächst einmal auf Verdacht die Sicherungen(en). Anschließend schaute man nach, ob die interne Verdrahtung von der Netzbuchse zum Eingangsgleichrichter diese „Erste Hilfe“ überlebt hat. Dann erst folgte die optische und olfaktorische Abtastung des Netzteils. Bei jedem zweiten Versuch musste man die Sicherung erneut auswechseln und da messen, wo man vermutete, dass die Sekundärwicklungen des Netztrafos angeschlossen waren. Dabei gehörte eine Hand in die Tasche, wenn möglich. Und dann? Entweder gab es irgendwo eine

Überlast im Netzteil oder die DC-Schaltung hatte einen Fehler oder irgendwo war eine Unterbrechung oder... Und wo? Brückengleichrichter und/oder Elkos waren die üblichen Verdächtigen. Um die Bösewichte zu identifizieren, war es sinnvoll, diesen Schaltungsteil mit einer kleinen Wechselspannung zu versorgen und diese sukzessive auf das nominale Niveau anzuheben.

„Richtige“ Elektroniker und solche, die sich dafür halten, sind seit jeher der Ansicht, dass hierfür ein voll isolierender Regeltrenntrafo angebracht sei. Sie lassen sich dabei auch nicht dadurch beirren, dass so ein Spezialtrafo in den Hobby-Kellern der 1980er Jahre weniger als selten anzutreffen war. Denn bei diesem Vorgehen muss man den Pegel an den Wechselspannungs-**Eingängen** des Gleichrichters vorsichtig erhöhen. Durch sinnvolle Messungen im Niederspannungsteil des Netzteils kann man Fehler mit dieser Methode gut eingekreisen, ohne Rauchzeichen zu produzieren oder Sicherungen und explodierende Elkos zu riskieren. Diese Fehlersuchstrategie wirkt beruhigend

auf die Nerven. Doch nun zum Wechselspannungs-Netzgerät aus Elektor April 1984.

Beharrlichkeit

Es kann nur drei Gründe dafür geben, dass sich ein optisch so schäbiges Gerät nach fast 30 Jahren immer noch im Elektor-Labor befindet: Es ist 1. robust und einfach, 2. total nützlich und 3. ohne Mikrocontroller.

Ich fand das Stück Elektronik in seinem zweifarbigen Tektronix-ähnlichen Gehäuse auf dem Universal-Arbeitsplatz, der hauptsächlich für Fotos von Projekten genutzt wird. Hier herrschte das Chaos und es fühlte sich solange niemand wirklich zuständig, bis hier Pizza-Stücke gefunden wurden, die gut ein Vierteljahr organischer Metamorphosen hinter sich hatten.

Das von mir aus dem E-Schrott gerettete Gerät war ein Prototyp, der schon etliche Umzüge und noch mehr Aussortieraktionen überlebt hatte – fast wie ein Maskottchen.

30 Jahre zuvor...

Mit Hilfe des wandelnden Lexikons Harry Baggen, seines Zeichens Chefredakteur von Elektor-NL, glückte die Suche nach den Ursprüngen: Das „Wechselspannungs-Netzgerät“ wurde in der April-Ausgabe 1984 veröffentlicht. Ich hingegen bin „erst“ seit Oktober 1985 bei Elektor. Im Vergleich zu anderen Elektor-Großprojekten versteckte sich dieses Netzteil auf lediglich drei Seiten und selbst Harry hätte das Ding längst vergessen, wenn es nicht die ganze Zeit im Labor gestanden hätte.

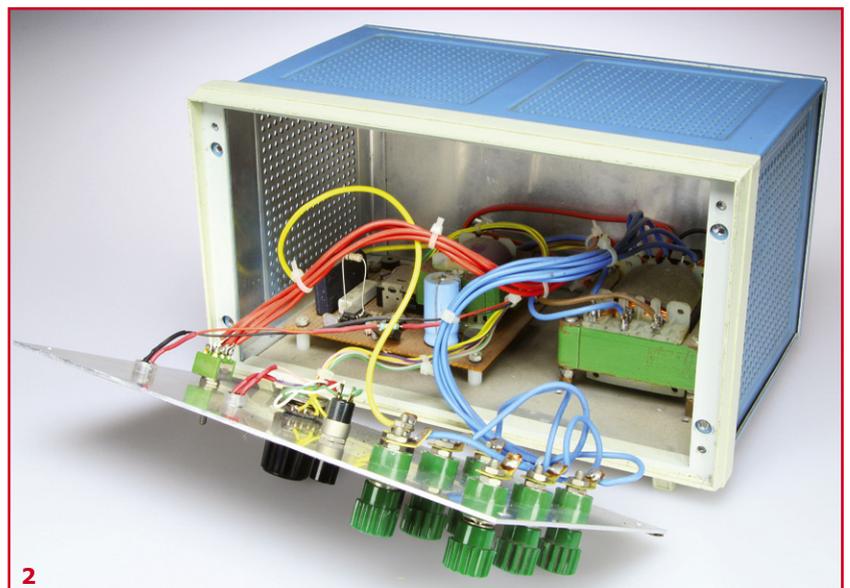
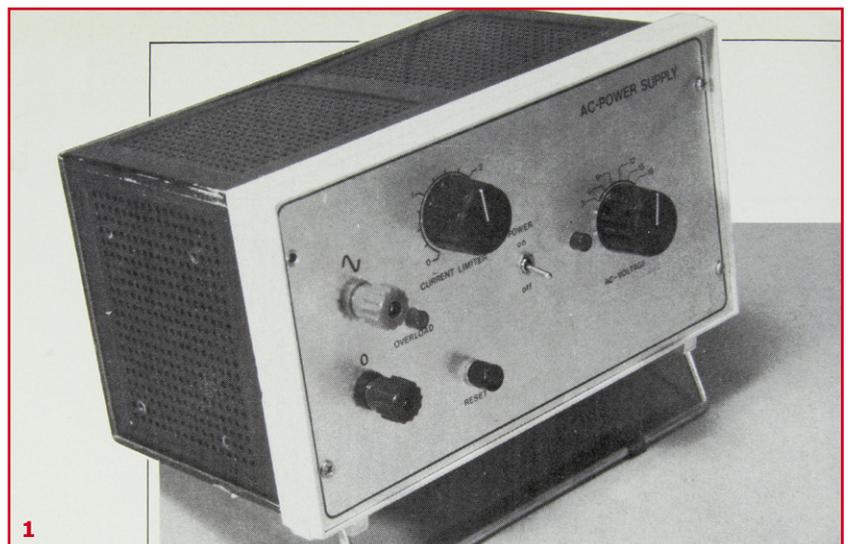
Als ich an meinem Schreibtisch den originalen Artikel aufschlug, verblüffte mich, dass das abgebildete Gerät (**Bild 1**) nicht genau das war, das ich vor mir hatte (siehe **Foto**). Die Anordnung von Knöpfen und Beschriftung war unterschiedlich. Außerdem hatte das Gerät vor mir eine schwarze Frontplatte mit dem markanten Dioden-Logo im „k“ des Schriftzugs Elektor. Doch das neigbare Gehäuse schien gleich zu sein. Der größte Unterschied aber bestand darin, dass hier jede der Ausgangsspannungen 3-6-9-12-15-18 V per eigener Bananenbuchse zugänglich war. Der fotografierte Apparat im Artikel hatte hingegen nur einen zweipoligen Wechselspannungsausgang und einen Drehschalter.

Nach Abschrauben von Front- und Rückplatte (**Bild 2**) sah ich, dass die Schaltung auf einem 110 x 80 mm messenden Stück Streifenleiterplatine aufgebaut war. Im Artikel aber war eine „richtige“

EST[®] 2004

Retronik ist eine monatliche Rubrik, die antiker Elektronik und legendären Elektor-Schaltungen ihre Referenz erweist. Beiträge, Vorschläge und Anfragen telegrafieren Sie bitte an Jan Buiting (editor@elektor.com).

Platine mit den Maßen 110 x 45 mm abgebildet. Der Staub im Inneren wurde nicht entfernt. Dies ließ mich mit der Frage zurück, warum denn diese stylische schwarze Frontplatte damals nicht abgebildet war. Doch keiner der Kollegen konnte



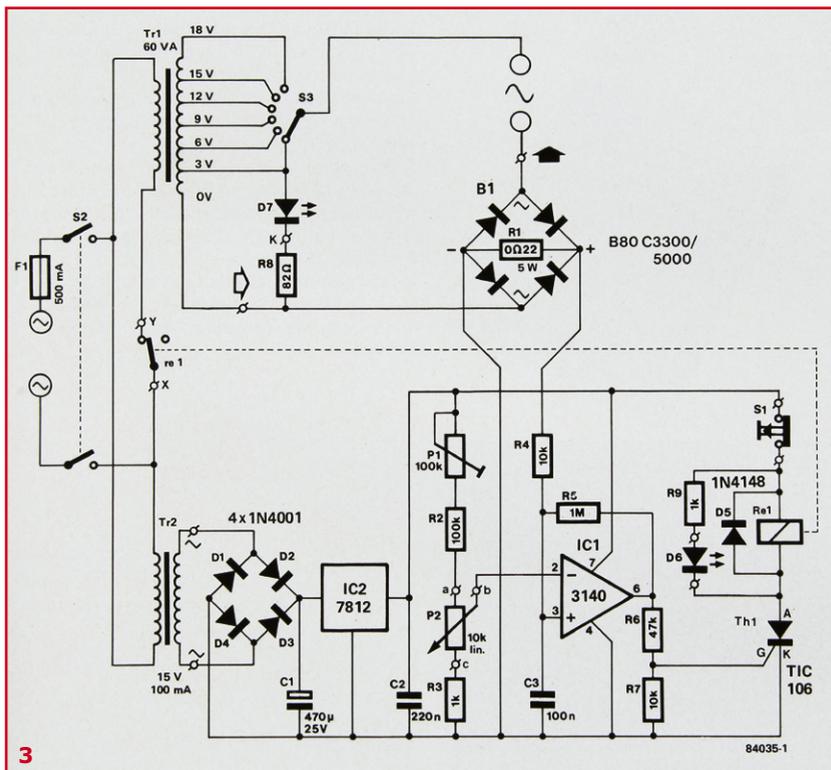
diese Frage beantworten. Die Frontplatte erinnerte mich an das ElektorSkop von 1977. Ich habe nicht genau geprüft, ob die Schaltung auf der Experimentierplatine mit der 1984 veröffentlichten Version übereinstimmt. Bezüglich der verwendeten Bauelemente scheint sie identisch zu sein. Der 1-M Ω -Widerstand ist direkt über die Pins 3 und 6 des CA3140 gelötet.

Funktion – bis heute

Gegenüber den einstellbaren Gleichspannungsnetzteilen sind solche mit Wechselspannung eine Seltenheit. Vermutlich weil Netztrafos eigentlich

zung per Poti auf der Frontplatte einstellbar. Das spart Sicherungen. In der angegebenen Bestückung kann der Strom zwischen 0,15 A und 1,5 A variiert werden.

Bild 3 zeigt die Schaltung. Der Ausgangsstrom von Tr1 fließt über den Shunt R1, und die resultierende ungesieberte Gleichspannung gelangt zur Strombegrenzung um IC1. Dieser Schaltungsteil wird getrennt über Tr2, D1...D4 und IC2 versorgt. IC1 vergleicht den Spannungsabfall über R1 mit der Gleichspannung an Pin 2. Letztere ist mit P1 auf den Maximalstrom justierbar. Mit P2 hingegen kann man den Auslösestrom im Bereich von 10...100 % einstellen. Der mögliche Maximalstrom hängt natürlich von der Leistungsfähigkeit von Tr1 ab. Im Artikel von 1984 wird hierfür eine 60-VA-Ausführung mit entsprechenden sekundären Anzapfungen vorgeschlagen. Sobald der Strom am Netzteilaustritt den mit P2 eingestellten Wert überschreitet, triggert der Ausgang von IC1 über R6 und R7 den Thyristor Th1. Folglich zieht Re1 an und trennt Tr1 mit seinem Öffnerkontakt vom Netz. Eine leuchtende LED D6 zeigt an, dass die Überlastsicherung angesprochen hat, und man nachschauen muss, was da los ist. Th1 bleibt auch dann leitend, nachdem Tr1 abgetrennt wurde. Man setzt die Sicherung zurück, indem man kurz S1 betätigt. Selbstverständlich beseitigt man zuvor den Grund für das Auslösen der Überstromsicherung. Auch wenn der Drehschalter S3 für 5 A ausgelegt ist, ziehe ich die direkte Verwendung der sechs Bananenbuchsen vor, wie sie im vorliegenden Netzteil ja vorhanden sind



recht zuverlässig und (obwohl teuer) einfach zu ersetzen sind. Trotzdem gibt es viele Fälle, wo einstellbare Wechselspannungen nützlich sind. Allein schon wenn der Chef oder Leiter eines Labors möchte, dass das Minimum und das Maximum der Eingangsspannung eines Spannungsreglers bestimmt werden.

Ich hätte es gut gefunden, wenn die Ausgangsspannung stufenlos einstellbar und stabilisiert gewesen wäre. Stattdessen war sie nur in 3-V-Schritten zwischen 3 V und 18 V wählbar und kommt direkt aus den Sekundärwicklungen eines Netztrafos. Immerhin ist die Strombegren-

Ein praktisches Hilfsmittel

Ich persönlich würde immer empfehlen, fehlerhafte, verdächtige, merkwürdige oder sonstwie schräge Elektronik systematisch durch verlässliche Geräte zu ersetzen. Das ist nicht nur preiswerter, als immer wieder etwas zu ersetzen, das aus unverständlichen Gründen abgeraucht ist. Das Wechselspannungs-Netzgerät aus Elektor April 1984 ist sicher und robust und hat seinen eigenen Retronik-Artikel redlich verdient. Deshalb steht der Original-Artikel von 1984 auch kostenlos als PDF-Datei für alle Wechselspannungs-Fans zur Verfügung [1].

◀ (130367)

Weblink

[1] Wechselspannungs-Netzgerät, Elektor April 1984, www.elektor-magazine.de/130367

Hexadoku Sudoku für Elektroniker

Hier ist wieder eine neue Version unseres bekannten Hexadokus. Auch wenn das Rechnen mit Hexadezimalzahlen nicht zu Ihren Stärken gehören sollte: Bei diesem Rätsel kommen Sie allein durch Nachdenken und Kombinieren ans Ziel. Und eine Belohnung gibt es auch noch. Wer uns die Zahlen in den grauen Kästchen zusendet, kann einen von fünf Gutscheinen gewinnen!

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

genau einmal vorkommen. Einige Zahlen sind bereits eingetragen, was die Ausgangssituation des Rätsels bestimmt. Wer das Rätsel löst - sprich die Zahlen in den grauen Kästchen herausfindet - kann wie jeden Monat einen Hauptpreis oder einen von drei Trostpreisen gewinnen!

Mitmachen und gewinnen!

Unter allen internationalen Einsendern mit der richtigen Lösung verlosen wir einen **Eurocircuits/Elektor-PCB-Service-Gutschein im Wert von 100 €** und drei **Elektor-Bücher-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. März 2014!

Die Gewinner des Hexadokus aus der Dezember-Ausgabe stehen fest!

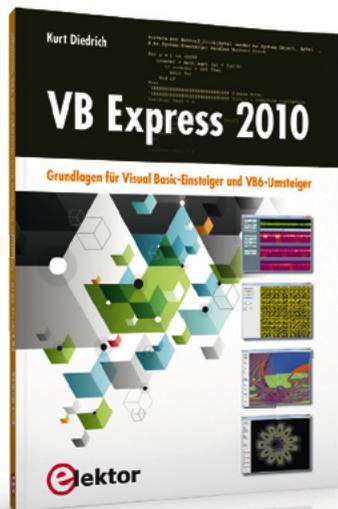
Die richtige Lösung ist: **AC023**.

Der Eurocircuits/Elektor-PCB-Service-Gutschein im Wert von 100 € geht an: Marij Knops (Niederlande).
 Einen Elektor-Gutschein über je 50 € haben gewonnen: Martin Müller, Merle Smith und Gérard Swiatly.
 Herzlichen Glückwunsch!

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

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

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



45 Experimente mit Hard- und Software für Elektroniker

1 Raspberry Pi

Dieses Buch beschreibt 45 spannende und interessante Projekte mit Raspberry Pi, wie zum Beispiel ein Wechselblinklicht, eine Motorregelung, Erzeugen und Verarbeiten analoger Signale, ein digitales Thermometer, ein Lichtmesser. Aber auch kompliziertere Projekte wie eine Motor-Geschwindigkeitsregelung, ein Webserver mit CGI (Common Gateway Interface) und Client-Server-Programme werden vorgestellt. Sie können dieses Buch als Projektbuch verwenden und die Projekte nachbauen, um sie dann in der Praxis einzusetzen.

271 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-273-4
€ 39,80 • CHF 49,40

Grundlagen für Visual Basic-Einsteiger und VB6-Umsteiger

2 VB Express 2010

Dieses Buch unterstützt den Anwender bei den ersten Schritten mit Visual Basic, in dem es sich auf die Werkzeuge der Toolbox und deren Eigenschaften kon-

zentriert, die zum Schreiben praktisch verwertbarer Programme notwendig sind. Zu jedem Thema findet der Leser ausführlich kommentierte Beispielprogramme, die er selbst ausprobieren kann und die sich auf das Mindeste beschränken, was zum Starten der Software notwendig ist.

284 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-269-7
€ 34,80 • CHF 43,20

LCD-Graphik II, verkettete Strukturen II und die Fädelsprache LAX

3 AVR-Programmierung 4

In diesem neuen vierten Band der erfolgreichen Buchreihe zur Programmierung von AVR-Mikrocontrollern wird die LCD-Graphik aus Band 3 weiterentwickelt. Hinzu kommen das Füllen von Polygonen, die Zuordnung von Pixelkoordinaten zu Graphikobjekten und die Verwendung des Displays als Textfenster. Aufbauend auf der Darstellung der inneren Mechanik von Fädelsprachen im vorigen Band wird außerdem die Fädelsprache LAX vorgestellt und implementiert.

320 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-232-1
€ 46,00 • CHF 57,10

Arrays und serielle Daten

4 LabVIEW 2

Der zweite Band der LabVIEW-Lehrbuchreihe beschäftigt sich u.a. mit Arrays, Cluster und den seriellen VISA-Funktionen. Als Erstes werden vier neue zusammengesetzte Datentypen (Enum, Ring, Array, Cluster) vorgestellt und deren Verwendung wird anhand zahlreicher praktischer Beispiele und Übungen erläutert. Danach wird es praktisch: Ein 8051er-Mikrocontrollersystem dient dabei als Datenquelle und -senke für verschiedene LabVIEW-VIs.

248 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-274-1
€ 34,80 • CHF 43,20

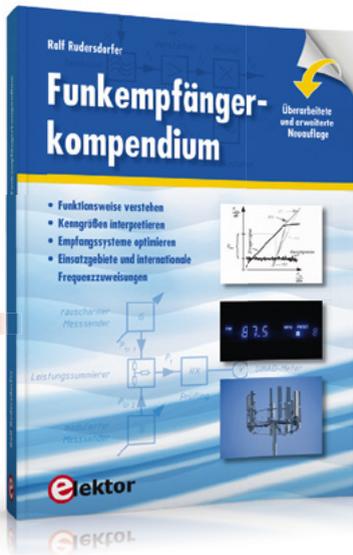
Der professionelle Ratgeber für Funkempfangstechnik

5 Funkempfänger-kompodium

NEU

Wollten Sie schon immer wissen, wie sich die klassische Funkempfängertechnik fortentwickelt hat? Wie funktionieren professionelle Funkempfänger heute und was können sie leisten? Welche Empfangssysteme und Techniken stehen heute zur Verfügung? Möchten Sie

NEU

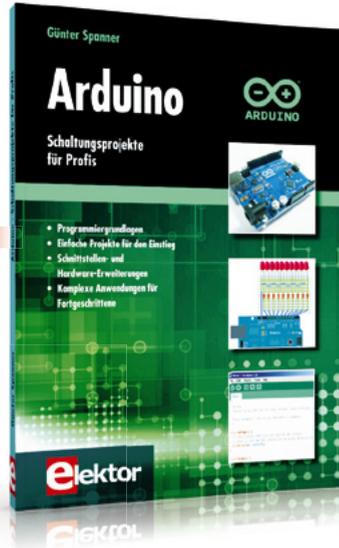


5

auch ausgefallene Anwendungen von Empfängern kennenlernen und wissen, wie ein Software Defined Radio (Digitalempfänger) nun wirklich funktioniert und was der letzte Stand der entsprechenden Technik kann? In diesem Buch findet man die Antworten!
397 Seiten (geb.) • ISBN 978-3-89576-276-5
€ 49,00 • CHF 60,80

Schaltungsprojekte für Profis
6 Arduino

Für den großen Erfolg der Arduino-Plattform lassen sich zwei Ursachen finden. Zum einen wird durch das fertige Board der Einstieg in die Hardware enorm erleichtert; der zweite Erfolgsfaktor ist die kostenlos verfügbare Programmieroberfläche. Unterstützt wird der Arduino-Anwender durch eine Fülle von Software-Bibliotheken. Die täglich wachsende Flut von Libraries stellt den Einsteiger vor erste Probleme. Nach einfachen Einführungsbeispielen ist der weitere Weg nicht mehr klar erkennbar, weil oft detaillierte Projektbeschreibungen fehlen. Hier setzt dieses Buch an. Systematisch werden Projekte vorgestellt, die in verschiedene Themengebiete einführen. Dabei wird neben den erforderlichen theoretischen Grundlagen



6

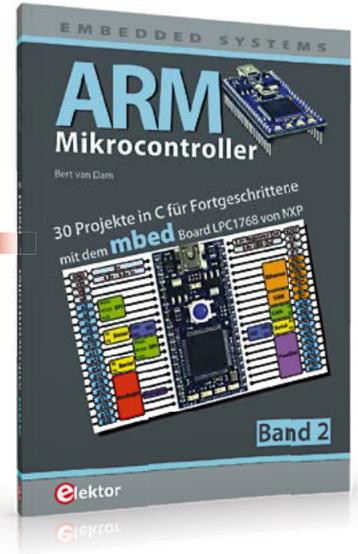
stets größter Wert auf eine praxisorientierte Ausrichtung gelegt.
270 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-257-4
€ 39,80 • CHF 49,40

Taschenbuch für Elektronik und Elektrotechnik
7 Formelsammlung

Diese „Formelsammlung“ beinhaltet alle wichtigen Details für Ingenieure, Techniker, Meister und Facharbeiter in der Elektrotechnik und Elektronik, die in Forschung, Entwicklung und Service tätig sind. Die logische Gliederung in zehn Kapitel vereinfacht das Nachschlagen und Aufsuchen der gewünschten Themen. In den einzelnen Kapiteln finden Sie immer die notwendigen mathematischen und physikalischen Formeln sowie die wichtigsten Tabellen.
271 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-251-2
€ 29,80 • CHF 37,00

30 Projekte in C für Fortgeschrittene
8 ARM-Mikrocontroller 2

Die im Buch beschriebenen Projekte mit dem mbed-Board sind für Einsteiger in C und ARM-Mikrocon-



8

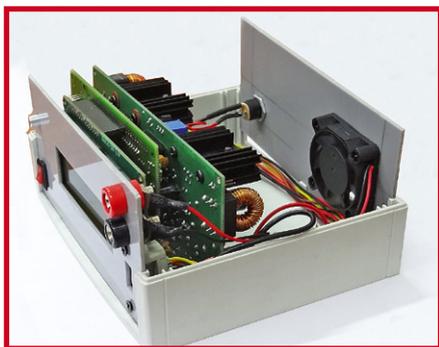
troller ausgelegt. Der mbed NXP LPC1768 nutzt Cloud-Technologie, ein revolutionäres Konzept in der Software-Entwicklung. Es bedeutet, dass man keinerlei Software auf seinem PC installieren muss, um den mbed zu programmieren. Das Einzige, was Sie brauchen, ist ein Webbrowser mit Internetzugang und einen freien USB-Anschluss an Ihrem PC.
243 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-271-0
€ 39,80 • CHF 49,40

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

www.elektor.de/shop

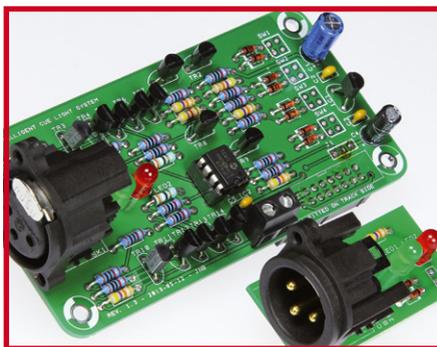
Elektor-Verlag GmbH
 Süsterfeldstr. 25
 52072 Aachen
 Tel. +49 (0)241 88 909-0
 Fax +49 (0)241 88 909-77
 E-Mail: bestellung@elektor.de

•Nächsten Monat in Elektor



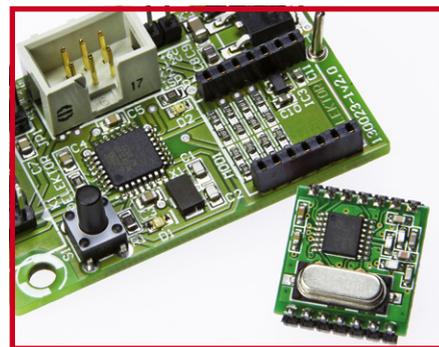
Platino-Labornetzteil

Eines der populärsten Elektronikprojekte ist zweifellos das „Kleine Labornetzgerät“. Meist handelt es sich dabei um eine analoge Regelschaltung mit ein oder zwei Displays, die Strom- und Spannungswerte anzeigen, eventuell angesteuert von einem Mikrocontroller. In diesem Projekt auf Basis des universellen „Platino“ wird der Mikrocontroller verwendet, um Ausgangsspannung und -strom einzustellen. Das Labornetzgerät liefert eine bis 15 V/1 A regelbare und zwei feste Ausgangsspannungen.



Intelligentes Cuelight

Eine Lichtsignal-Anlage (cuelight) wird in Theatern eingesetzt, um Schauspielern und Technikern optische (und damit geräuschlose) Signale zu geben. Die meisten kommerziellen Systeme verwenden mehrere Kanäle, die jeweils einen eigenen Bedienschalter besitzen. Wir haben uns für vier Gruppen mit Standby- und Go-Schaltern und einem zentralen Clear-Schalter entschieden. Die Anzahl der Kanäle ist allerdings nahezu unbegrenzt, da sich mehrere Platinen über einen Bus verbinden lassen.



433-MHz-Gateway

Für drahtlose MSR-Aufgaben sind kleine und preisgünstige 433-MHz-Module ideal, die über eine SPI-Schnittstelle angesteuert werden. Für den bequemen Einsatz dieser Module haben wir eine Platine entwickelt, auf der sich neben dem Funkmodul auch ein Mikrocontroller ATmega328 und ein UART-Interface befinden. Dank einer vorprogrammierten Firmware stellt die Schaltung ein einfach anzuwendendes Gateway dar, das Zeichenketten vom UART auf die drahtlose Übertragung und zurück umsetzt.

Änderungen vorbehalten. Elektor April 2014 erscheint am 26. März 2014. Verkaufsstellen findet man unter: www.pressekaufen.de.

Rund um die Uhr und
sieben Tage die Woche

Projekte, Projekte, Projekte:
www.elektor-labs.com

Machen Sie mit!

elektor labs
Sharing Electronics Projects

Home News Proposals In Progress Finished

Post a February Project
The twenty best projects win this
LPC1343 ARM Cortex-M3 board

Proposals
Active Popular
Maxing out the USB lithium charger
57 views ★★★★★

In Progress
Active Popular
433 MHz modules for telemetry and more (130023-1...
199 views ★★★★★

Finished
Active Popular
12B - LPC1343 Based Universal Man-Machine Interf...
102 views ★★★★★

Create a Project
Create a new project or enter a proposal
Get help, feedback & votes from other visitors, and maybe you will get Elektorized too!

Not a member?
You want to post a project but you are not a member? You can! Click here to send a description of your project including a circuit diagram and a

engineering electronics
 DISCUSS **embedded**
 design tips tutorial software
 engage **engineering** tools
 contests system **audio** business
 data **networking** **media**
 COMMUNITY **mobile**
social media talk
 information product news
 projects

Want to talk to us directly?
 Share your interests and opinions!
 Check out our New Social Media
 Outlets for direct engagement!

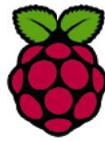


CIRCUIT CELLAR / AUDIOXPRESS / ELEKTOR

Kundenbewertungen

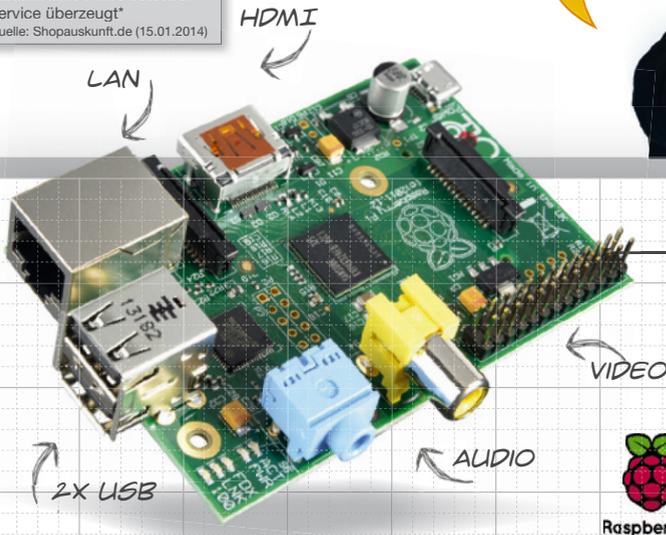


Weit über 97 % unserer Kunden sind vom reichelt-Service überzeugt*
 *Quelle: Shopauskunft.de (15.01.2014)



RASPBERRY
+ZUBEHÖR

ZU EINEM
TOP-PREIS!



Raspberry Pi, Modell B

mit 512 MB RAM

- Broadcom BCM2835
- 700 MHz ARM, Dual Core
- Open GL ES 2.0, OpenVG
- 10/100 BaseT-Ethernet-Buchse
- HDMI-/RCA-Composite-Videobuchse
- SD-Karten-Steckplatz
- 2x USB 2.0



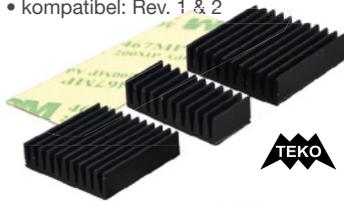
RASPBERRY PI B

38,95

4-teiliger Kühsatz

Reduzieren Sie das Ausfallrisiko und verlängern die Lebensdauer Ihres Raspberry Pi

- kompatibel: Rev. 1 & 2

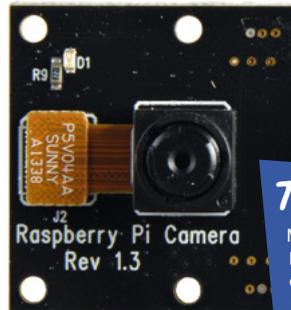


TEK-BERRY COOL **4,65**

NoIR-HD-Kamera

Hochauflösende Videokamera für Raspberry Pi Modell A oder B. Dieses Modul ist, in Kombination mit einer IR-Beleuchtung, nachtaufnahmetauglich.

- 5 Megapixel
- Foto: 2592 x 1944 Pixel
- Video 1920 x 1080p (Full HD)
- Max. Framerate: 30 fps



RASPBERRY PI CAN **29,95**

TIPP:

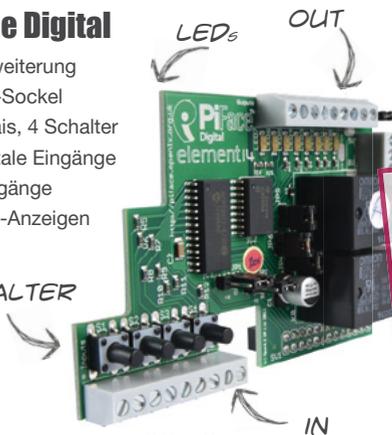
Mit der im Lieferumfang enthaltenen blauen Folie gelingt es Ihnen sogar mittels Überlagerung von Bildern, die Photosynthese bei Pflanzen sichtbar zu machen.

PiFace Digital

E/A-Erweiterung

- GPIO-Sockel
- 2 Relais, 4 Schalter
- 8 digitale Eingänge
- 8 Ausgänge
- 8 LED-Anzeigen

SCHALTER



RASPBERRY PIFACE **33,50**

TEKO Design-Gehäuse für Pi inkl. Cam

Mit diesem Kit erhalten Sie die Möglichkeit Ihre Raspberry Pi Kamera auf jeder Oberfläche zu fixieren.

Winziger WLAN-USB-Adapter

- Wireless N mit bis zu 150 Mbit/s
- WPS kompatibel

EDIMAX EW-7811UN

7,95



TEK-BERRY CSW schwarz **9,80**
 TEK-BERRY CWS weiß **9,80**
 TEK-BERRY CSW transparent **9,80**

NEU!
Katalog
01.1|2014!
Kostenlos -
Jetzt anfordern!

Jetzt bestellen: www.reichelt.de

Bestell-Hotline: +49 (0)4422 955-333

Für Verbraucher: Es gelten die gesetzlichen Widerrufsregelungen. Alle angegebenen Preise in € inklusive der gesetzlichen MwSt., ab Lager Sande, zzgl. Versandkosten für den gesamten Warenkorb. Es gelten ausschließlich unsere AGB (unter www.reichelt.de/agb, im Katalog oder auf Anforderung). Zwischenverkauf vorbehalten. Alle Produktnamen und Logos sind Eigentum der jeweiligen Hersteller. Abbildungen ähnlich. Druckfehler, Irrtümer und Preisänderungen vorbehalten. reichelt elektronik GmbH & Co. KG, Elektronikring 1, 26452 Sande (HRA 200654 Oldenburg)

Preisstand: 04. 02. 2014
 Tagesaktuelle Preise:
www.reichelt.de