

Februar 2010

G3078 E

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

eLektor

www.elektor.de

ANGESCHLAGEN Die Lampen-Leistungsfaktor-Fakten

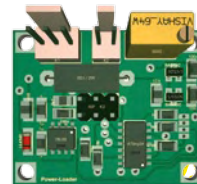
YOU'VE GOT THE POWER

Selbst entwickeln, steuern, messen und testen

6 NEUE PROJEKTE



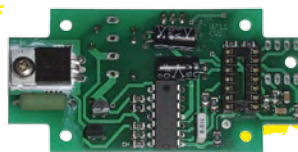
Akku-Checker



SMPS-
Power-Lader



5-V-
Power-Controller



Motorrad-Ketten-
Öler mit PIC



Tragbares
PA-System



2,4-GHz-Scanner



NEU

Stencil-Maschine und Pick-&-Place-Tool

Tools für die SMD-Bestückung

Ist es überhaupt möglich, SMD-Bauteile selber auf einer Platine zu löten?

Der Elektor-SMD-Ofen war ein erster Schritt zur SMD-Bestückung von eigenen Platinen. Außerdem wurde im Mai 2009 der Elektor-PCB-Service gestartet, mit dessen Hilfe man anspruchsvolle eigene Platinen bis hin zu Kleinserien herstellen lassen kann. Jetzt kommen noch zwei weitere Tools hinzu:

Eine Stencil-Maschine, mit der man Schablonen so ausrichten kann, dass die Lötpaste präzise platziert wird und eine spezielle Bestückungshilfe (Pick-&-Place), mit der man die SMDs aufnehmen und genau auf die passenden Löt-Pads setzen kann.



Pick-&-Place-Tool

Für das manuelle Aufbringen von SMD-Teilen auf eine Platine

Eigenschaften:

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

Max. Größe der Platine: 430 x 280 mm

Preis: 645,00 €*

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

Stencil-Maschine

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

Eigenschaften:

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

Max. Größe der Platine: 180 x 240 mm

Preis: 445,00 €*

elektor

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

Weitere Infos und Bestellung unter
www.elektor.de/smd-tools

HABEN SIE WIRKLICH DAS BESTE TOOL?



“Vor einigen Jahren habe ich mir das EasyPIC4-Kit gekauft – und war schnell davon überzeugt, dass MikroElektronika die beste All-Round-Entwicklungsplattform auf dem Markt gelungen ist. EasyPIC6 hat mich hierin noch einmal bestärkt!” *Roman Black*



Dank neuer Eigenschaften können Sie sofort anspruchsvolle Anwendungen entwickeln. **EasyPIC6** unterstützt 8-, 14-, 18-, 20-, 28- und 40-Pin-PIC-Mikrocontroller. Dank **mikroICD** (Hardware In-Circuit-Debugger) ist hocheffizientes schrittweises Debugging möglich. Beispiele in **C**, **BASIC** und **Pascal** sind im Lieferumfang.

Eine Umfrage zeigt: 93,6 % aller Kunden würden unsere Produkte ihren Freunden weiterempfehlen.



Beträchtlich schneller zum Prototyp:
Bestellen Sie das EasyPIC6 Development-Kit jetzt!

Auf die Dauer...

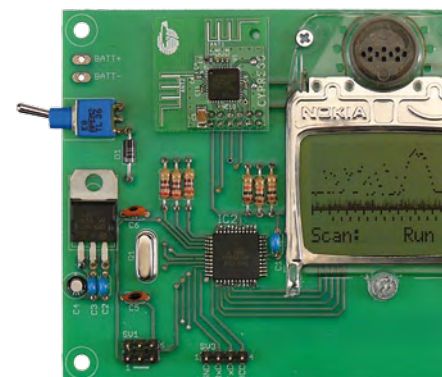
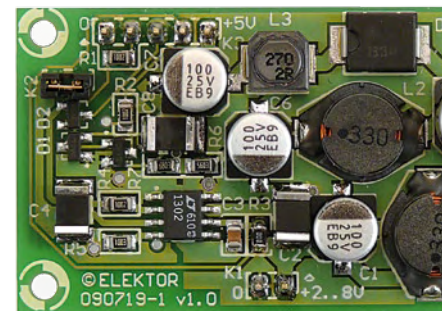
...hilft nur Power, pflegte ein (durchsetzungsstarker) ehemaliger Redaktionskollege zu sagen, und ein paar Jahre zuvor hatte Elektor schon „Ein Gerät ist so gut wie seine Speisung“ getitelt. Auch in dieser Ausgabe geht es um das Thema „Power“ mit Schwerpunkt „Power Supply“, also um Stromversorgung, Netzteildimensionierung, Akkuladung, Ladungsmessung, Leistungsfaktor und Kühlung. Aber ein ganzes Heft nur zum Thema Stromversorgung wie bei dem zitierten „Speisungs-Heft“ sollte es nicht werden, und natürlich auch kein Heft, das nur aus Schaltungen und Projekten besteht. Auch wenn die Projekte von vielen Lesern als „Anregung für eigene Entwicklungen“ gesehen werden, darf ein solider Know-how-Teil in Elektor nicht fehlen. Neben den Laborseiten in der Heftmitte mit Beiträgen zu Anti-Rückkopplungs-Filtern, dem Design von Platinen und dem „Entstören“ von Schaltungen sind es diesmal vier weitere Eigenbeiträge aus Labor und Redaktion. Richtig spannend wurde es bei der Leistungsfaktormessung an LED- und Energiesparlampen. Für die Praxis nicht weniger interessant sind der einfache Dynamik-Test für Netzteile, der Netzteil-Dimensionierungsartikel und der Bericht über Online-Dimensionierungshilfen für Kühlkörper. Der „Power-Lader“ ist eigentlich auch ein Know-how-Artikel, der zeigt, wie man auf elegante Weise und kostensparend ein preiswert im Elektronik-Versandhandel erworbenes Schaltnetzteil in ein exzellentes Ladegerät für Blei- und LiPo-Akkus verwandelt. Viel Know-how steckt auch in Projekten wie dem tragbaren PA-System, dem Akku-Ladungsmesser und dem 2,4-GHz-Scanner. Grundlegende Fragen der Programmierung spricht unser CC2-Projekt in diesem Monat mit einem Multitasking-Betriebssystem für AVR-Controller an. Sollte Ihnen dieses Thema etwas zu trocken sein, dann wäre vielleicht das Leserprojekt auf Seite 63 etwas für Sie. Ein PIC-Mikrocontroller sorgt dort dafür, dass es beim Motorradfahren nicht zu trocken zugeht...

Viel Spaß beim Lesen!

Ernst Krempelsauer



- 6 Impressum**
Who is who bei Elektor
- 8 Mailbox**
Briefe, E-Mails und Ideen
- 10 News**
Neuheiten, Nachrichten und Termine
- 16 Akku-Checker**
Der intelligente Akku-Checker misst nicht nur die Ladung, sondern auch den Innenwiderstand der Zellen.
- 22 5-V-Power-Controller**
Ein universeller 5-V-Schaltregler mit einem Eingangsspannungsbereich von 2 bis 8 V.
- 28 Laut und vernehmlich**
Kompaktes Lautsprechersystem mit Klasse-D-Verstärker und Rückkopplungsunterdrückung.
- 34 Leistungsfaktor bei Lampen messen**
Wir Leuchtstoff- und LED-Lampen verschiedener Herkunft analysiert und erstaunliche Entdeckungen gemacht. Die europäischen Richtlinien bieten viel Freiraum für schlechte Leistungsfaktoren und ausgeprägte Oberwellen.
- 38 Leserprojekt: Power-Lader**
Das Elektor-Forum provoziert Kreativität: Drei ElektorWheelie-Fans haben ein vollautomatisches Schnell-Ladegerät für das selbst balancierende Elektrogefährt konzipiert. Der Lader wurde auf Basis eines preiswerten Industrie-Schaltnetzteils (SMPS) entwickelt.
- 43 Labcenter:**
Lauter ist besser
Platinen-Design ist kein Hexenwerk!
Oje, da schwingt's!
- 48 Netzteile dynamisch testen**
Wie lässt sich herausfinden, ob ein (Labor-)Netzteil wirklich stabil arbeitet? Wir haben eine Lösung, die mit erstaunlich wenigen Bauteilen auskommt.



INHALT

41. Jahrgang
Februar 2010
Nr. 470

16 Akku-Checker

Ladungs-Messer: 1...10 Zellen, max. 10 A



Ein Akkupack ist immer nur so gut wie seine schwächste Zelle. Dabei ist es wichtig, dass nicht nur die Kapazität, sondern auch der Innenwiderstand der Zellen gemessen wird. Mit dem intelligenten Akku-Checker lässt sich beides messen, so dass man auf Basis dieser Daten ein optimales Akkupack zusammenstellen kann.

22 5-V-Power-Controller

Batteriebetrieb mit 2...8 V



Viele Bauteile und Mikrocontroller verlangen nach wie vor eine 5-V-Betriebsspannung. Forderungen nach guter Batterieausnutzung oder eine Abschaltautomatik erfordern einiges an Entwicklungsaufwand. Unser 5-V-Power-Controller bietet mit einem weiten Eingangsspannungsbereich eine universelle Lösung.

28 Laut und vernehmlich

**Tragbares PA-System
mit Rückkopplungs-Unterdrückung**

Nicht immer hat die eigene Stimme die nötige Lautstärke, um sich akustisch verständlich zu machen. Ein Verstärkersystem verhilft zu mehr Power. Wir haben ein sehr kompaktes Lautsprechersystem mit Klasse-D-Verstärker und einer effektiven Rückkopplungsunterdrückung entwickelt.

50 2,4-GHz-Scanner

Nicht nur für WLAN



Im 2,4-GHz-ISM-Band tummeln sich heute zahllose funkende Geräte und Systeme, die sich gegenseitig stören können. Unser handlicher Scanner gibt auf einem grafischen Display Aufschluss über die örtliche Belegung. Ein Blick genügt, um gezielt auf einen störungsarmen Kanal ausweichen zu können.

50 2,4-GHz-Scanner

Ein Blick auf das grafische Display genügt, um gezielt auf einen störungsarmen Kanal ausweichen zu können.

56 CC2-ATM18-Projekt: Multitasking für den ATmega

Wozu braucht ein AVR ein Betriebssystem und wie arbeitet ein solches OS? Dies zeigen wir am Beispiel des Femto OS auf dem ATM18-Board.

60 Hilfe bei der Netzteilkonzeption

Für die Stromversorgung aus dem 230-V-Netz braucht es ein Netzteil. Wir geben Hilfestellung bei der Konzeption und zeigen Ihnen, worauf es dabei ankommt!

63 Leserprojekt: Motorrad-Kettenschmierung

Dem (finnischen) Ingenieur ist nichts zu schwör. Auch nicht die Entwicklung eines Motorrad-Kettenölers mit PIC-Mikrocontroller...

66 Online-Hilfen für die Kühlkörper-Dimensionierung

Wie lassen sich die Parameter berechnen und welcher Kühlkörper ist der richtige? Viele Websites bieten Hilfen. Wir geben einen Überblick.

72 Entwicklungstipps

LED als Fotoelement
Wechsel blinker mit Glühlampen
Kommunikation mit Laser
Wie weit kann man das treiben?
Unterspannungs-Indikator

76 Retronik

Elektor-Videotext-Decoder (1981)

78 Hexadoku

Sudoku für Elektroniker

80 Elektor-Shop

Bücher, CDs, DVDs, Bausätze & Module

84 Vorschau

Nächsten Monat in Elektor

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



elektor

ANGESCHLAGEN
Die Lampen-Leistungsfaktor-Fakten

YOU'VE GOT THE POWER
Selbst entwickeln, steuern, messen und testen

6 NEUE PROJEKTE

- AKKUS-Checker
- 5-V-Wechsel-Controller
- Trigonometrisches Messsystem
- Statischer Power-Lader
- Mikrocontroller-Karte mit PC
- 2,4-GHz-Scanner

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

IMPRESSUM

41. Jahrgang, Nr. 470 Februar 2010

Erscheinungsweise: 11 x jährlich (inkl. Doppelheft Juli/August)

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

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

Verlag

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

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

Internationale Chefredaktion **Wisse Hettinga**

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

Internationale Redaktion

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

Redaktionssekretariat **Hedwig Hennekens**

Labor/Technische Redaktion

Antoine Authier (Ltg.), **Ton Giesberts, Luc Lemmens, Daniel Rodrigues, Jan Visser, Christian Vossen**

Grafische Gestaltung und Layout

Giel Dols, Mart Schroijen

3-tägiges Fachseminar C-Programmierung für Mikrocontroller



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

NEU!

Die Beschäftigung mit Mikrocontrollern ist sehr reizvoll und vielseitig, teilt sie sich doch in zwei große Gebiete der Elektrotechnik auf: zum einen ist da die Hardware-Seite, die sich mit der Konzeption und der Entwicklung kompletter Systeme auseinandersetzt. Auf der anderen Seite ist die Hardware aber nicht funktionsfähig ohne die zugehörige Betriebssoftware für den Controller. Beide Entwicklungsgebiete sind also aufs Engste und unzertrennbar miteinander verzahnt. In diesem 3-tägigen Seminar lernen Sie nun verschiedene Facetten der Softwareerstellung für Mikrocontroller kennen. Wir stützen uns dabei auf ein modernes Mikrocontroller-System mit dem leistungsfähigen AT89C51CC03 (8051er-Familie) der Firma Atmel ab und erläutern Schritt für Schritt, von Anfang an, die Softwareentwicklung in der international gebräuchlichen Programmiersprache C. Eine einfach zu handhabende integrierte Entwicklungsumgebung (IDE) zur Erstellung und zum Austesten von C-Programmen bildet die Software-Basis des Seminars. Praxisgerechte Beispiele, die von den Teilnehmern während des Seminars programmiert und ausgetestet werden, vertiefen sofort das Erlernte und bieten vielfältige Möglichkeiten für eigene Weiterentwicklungen. Da C weitgehend genormt ist, lässt sich ein Transfer unserer Ergebnisse auch sehr einfach auf andere Mikrocontroller-Familien und andere C-Entwicklungsumgebungen durchführen.

Die Referenten:

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

Veranstaltungsort/-termin:

Bochum 22.02. bis 24.02.2010

Teilnehmergebühr (zzgl. MwSt.):

1190,00 Euro

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



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

Weitere Infos & Anmeldung unter

www.elektor.de/c-prog

Geschäftsführer/Herausgeber: Paul Snackers

Marketing/Vertrieb (Leitung): Carlo van Nistelrooy

Anzeigen (verantwortlich): Irmgard Ditzgens
ID Medienservice

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

E-Mail: service@id-medienservice.de

Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 39 ab 01.12.2008

Vertriebsgesellschaft: IPS Pressevertrieb GmbH
Postfach 12 11, 53334 Meckenheim

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

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

Vertrieb Österreich

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

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

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

© 2010 elektor international media b.v.

Druck: Senefelder Misset, Doetinchem (NL)

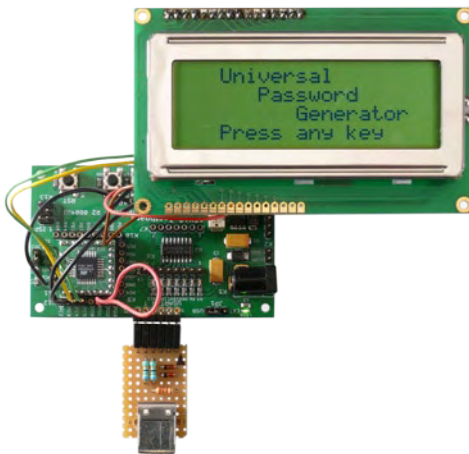


ISSN 0932-5468

ATM18 als Passwortgenerator

Der ATM18-Passepartout, Elektor 12/2009, S. 48 (080950)

Das CC2-Projekt zur Passwortproblematik und Speicherung war eine glänzende Idee. So etwas in dieser Art war schon längst überfällig. Doch gibt es dabei einige Dinge, welche man noch besser machen könnte. So verlangen zum Beispiel einige Internetdienstleister, dass man Passwörter mit mindestens einem Sonderzeichen oder einem Großbuchstaben oder einer Zahl - oder allem zusammen - verwenden soll. Wie kann man das Gerät beeinflussen, dass es das Passwort nach diesen Vorgaben generiert?



Außerdem finde ich, dass das Gerät in der von Ihnen veröffentlichten Form etwas zu groß und zu unhandlich ist, um es in der Hosentasche oder im Geldbeutel mitnehmen zu können.

Mein Vorschlag dazu wäre es, das Ganze nur mit Software zu erledigen. Diese Software wird dann auf einem USB-Speicherstick gespeichert, der leichter transportiert werden kann, wodurch die Anwendung auf einem Fremdrechner wesentlich vereinfacht wird.

Volker Gloßner (D)

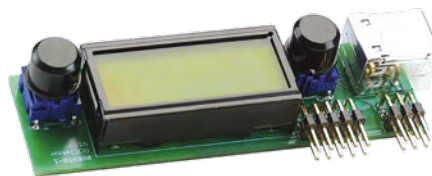
Sie können Passwörter nach den genannten und anderen Vorgaben generieren, indem Sie die Software ändern. Das Projekt soll ja auch eine Anregung für eigene Entwicklungen sein.

Auf Sonderzeichen wurde verzichtet, weil die Passwörter ja als (simulierte) Tastendrücke an den Rechner geschickt werden. Welches Zeichen das am Ende ist, hängt dann auch vom Tastaturtreiber im Hostrechner ab. Nur die Buchstaben und Ziffern sind (fast) immer an derselben Stelle (abgesehen von "Y" und "Z"). Gerade wenn man diesen Generator mobil an verschiedenen Rechnern einsetzen will, ist leider nicht sicher, dass überall dieselben Zeichen heraus kommen. Deshalb wurde hier bewusst darauf verzichtet.

Eigentlich ist die Forderung nach den Sonderzeichen auch Unsinn. Es kommt ja auf die Zahl der möglichen Kombinationen an und da kann man einen geringeren Zeichenvorrat immer durch ein längeres Passwort kompensieren. Genau genommen besteht ja jedes Passwort sogar nur aus dem Zeichenvorrat "0" und "1", aber halt sehr vielen davon. :-)

Mathematisch kommt heraus, dass ein etwa 15 % längeres Passwort ausreicht, um das Fehlen der Sonderzeichen zu kompensieren. In der Praxis sind das nur ein oder zwei Zeichen!

Die von Ihnen vorgeschlagene reine Softwarelösung mit einem USB-Speicherstick würde eine Installation auf dem Rechner erfordern, was gerade bei Fremdrechnern selten möglich ist. Sie wäre natürlich auch nicht mehr unabhängig vom verwendeten Betriebssystem. Außerdem ist so etwas überhaupt nicht das Thema des ATM18-Projekts. :-)



Was die Größe und Handlichkeit betrifft: Mit dem in Elektor einen Monat später (Heft 01/2010) veröffentlichten Minimod18 steht eine geeignete Hardware zur Verfügung, und die ATM18-Software wurde bereits auf das Minimod18 portiert (siehe „Updates und Ergänzungen“ auf der folgenden Heftseite). Noch viel kleiner geht es eigentlich nicht, weil man ja Anzeige und Bedienelemente braucht.

Dr. Detlev Tietjen

Energiesparen und Haus-Technik

Haus-Technik-Konzert, Elektor 12/2009, Seite 20 (090649)

Der Artikel enthält die Aussage, dass sich durch die Domotik viel Energie einsparen ließe. Das dürfte vorrangig durch intelligente Heizungssteuerungen ermöglicht werden. Wie sieht es aber mit dem Stromverbrauch durch die Sensoren, Aktoren und die Steuerzentrale aus? Hier dürfte in Summe doch sicher ein spürbarer kWh-Verbrauch im Jahr anfallen. Kennen Sie dazu eine überschlägige Kalkulation? Zum Standby-Verbrauch eines DSL+WLAN-Routers: Wenn der PC ausgeschaltet ist, gibt es keinen Grund, den Router am Stromnetz zu belassen. Sofern man kein WLAN, sondern nur die Ethernet-Anschlüsse benutzt, könnte eine Zusatzschaltung feststellen, ob aktive Geräte am Router hängen und abhängig davon den Router oder noch besser das Steckernetzteil aktivieren oder deaktivieren. Allerdings benötigt diese Zusatzschaltung nunmehr dauerhaft Strom...

Meinen Sie, so etwas ließe sich so sparsam realisieren, dass man den Ruheverbrauch der Kombination Router+Steckernetzteil unter 0,5 Watt bekommt? Wenn man aber nur die WLAN-Funktion benutzt, wird die Sache knifflig.

Roland Ernst (D)

Eine Musterberechnung für den Verbrauch einer Haussteuerung haben wir leider nicht parat. Eine Stand-alone-Steuerung (also nicht PC-basiert) wird nicht mehr verbrauchen als eine Alarmanlage. Nimmt man als konkretes Beispiel eine handelsübliche Steuerung für Funk-Heizkörperthermostate, so fällt sowohl für die Steuerung als auch für die Aktoren (die Thermostatventile) kein Netzstromverbrauch an, weil sämtliche Komponenten mit AA-Zellen versorgt werden, wobei Alkali-Mangan-Batterien oder NiMH-Akkus mit geringer Selbstentladung (z.B. Sanyo Eneloop) verwendet werden können. Der Energieverbrauch einer solchen Anlage liegt im Bereich von weit unter 0,1 kWh/Jahr und ist eigentlich vernachlässigbar. Selbst wenn die Steuerung mit einem Steckernetzteil versorgt wird, kann man beim Energieverbrauch unter 20 kWh/Jahr und mit einem effizienten

MailBox

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

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

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



enten Steckernetzteil auch unter 10 kWh/Jahr bleiben.

Zu Ihrer zweiten Frage: Im Prinzip haben Sie die Frage schon fast selbst beantwortet. Sicherlich wäre es machbar, das interne LAN auf ein noch angeschlossenes Gerät hin zu überwachen, wenn man einen ethernetfähigen Controller mit festen IP-Adressen im Netz verwendet, sodass diese regelmäßig angepingt werden und der Router deaktiviert wird, wenn keine Reaktionen mehr kommen. Hierzu müsste aber wieder mindestens ein Hub/Switch aktiv bleiben, wodurch man eigentlich nichts gewonnen hat. Also muss man den Router-Verbrauch von im Schnitt $4 \text{ W} \times 24 \text{ h} \times 365,25 \text{ d} = 35 \text{ kWh}$ pro Jahr wohl in Kauf nehmen. Bei einem kleinen Netzwerk mit nur wenigen PCs ohne WLAN-Anbindung kann es sich lohnen, deren Stromaufnahme zu überwachen und so den Router automatisch mit den PCs ein- und auszuschalten, was außerdem sehr bequem ist. Derartige Vorschläge hat es in Elektor auch schon öfter gegeben.

Updates und Ergänzungen

Klein aber fein - das Minimod18

Elektor 01/2010, S. 48 (090773)

Im Software-Download unter www.elektor.de/090773 ist eine erste Anwendung enthalten, nämlich die Verwendung des Minimod18 als Passwortgenerator. Die Funktionen sind gleich wie im Artikel „Der ATM18-Passepartout“ im Heft 12/2009 beschrieben, nur mit dem Unterschied, dass das Minimod18 dank seiner Bauform als (Maxi-)USB-Stick bei dieser Anwendung natürlich wesentlich praktischer in der Handhabung ist.

Auf S. 49 sind im Textabschnitt links von Bild 1 Sonderzeichen durcheinandergeraten. Der Abschnitt lautet korrekt: *Dann muss man avrdude aufrufen. In der Befehlszeile ist hierzu „avrdude -c usbasp -p m328p -U flash:w:hello.hex“ einzugeben, wenn hello.hex geflasht werden soll (siehe Bild 3).*

Die neue PicoScope-4000-Serie Oszilloskope mit hoher Auflösung

PicoScope-4000-Serie



Die hoch auflösenden Oszilloskope PicoScope 4224 und 4424 verfügen über Eingänge mit 12-bit-Auflösung und einer vertikalen Genauigkeit von 1%. Außerdem ist diese neueste PicoScope-Generation mit einem 32 MSamples umfassenden Speicher ausgestattet. In Kombination mit dem Rapid-Trigger-Mode können hiermit bis zu 1000 Trigger-Ereignisse mit tausenden von Wellenformen pro Sekunde erfasst werden.

- **PC-gestützt** - Erfassung, Anzeige und weitere Verwendung der gespeicherten Wellenformen mit dem PC, ganz nach Bedarf
- **Software-Updates** - kostenlose Software-Updates für die komplette Lebensdauer des Produkts
- **Stromversorgung via USB** - ideal für unterwegs und im Labor
- **Programmierbar** - Treiber und Beispiel-Code im Lieferumfang

Auflösung	12 bit (bis 16 bit mit erweiterter Auflösung)
Bandbreite	20 MHz (für Oszilloskop und Spektrum-Modus)
Speicher	32 MSamples, aufgeteilt unter den aktiven Kanälen
Sample-Rate	80 MS/s maximal
Kanäle	PicoScope 4224: 2 Kanäle PicoScope 4424: 4 Kanäle
Anschluss	USB 2.0
Trigger-Arten	Ansteigende Flanke, fallende Flanke, Flanke mit Hysterese, Pulsbreite, Spikes, Drop-Outs, Fenster

www.picotech.com/scope1055
+44 1480 396395

„First Step“ in die Welt der Mikrocontroller

Für all diejenigen, die wissen wollen, wie Mikrocontroller eigentlich funktionieren und wie man controller-gesteuerte Geräte selbst aufbaut und programmiert, gibt es seit einiger Zeit den „Mikrocontroller-Fernlehrgang“ - entstanden aus einer Zusammenarbeit zwischen dem Elektor-Verlag und der Technischen Fachhochschule Georg Agricola zu Bochum (TFH). Der Fernlehrgang - mit einem abgestimmten

Schaltplan kann von der Elektor-Website [3] herunter geladen werden.

Features & Software

Basis des Boards ist ein moderner 8051er-Mikrocontroller, der eine Vielzahl interessanter On-Chip-Peripherie-Einheiten besitzt, unter anderem 64 KB Programmspeicher, 2 KB Datenspeicher, einen 8-kanaligen A/D-Wandler mit 10/8-bit-Auflösung, einen

bares Intel-Hex-File erzeugt wird. Im Fernlehrgang und in den Programmierbeispielen kommt durchgängig die Programmiersprache C zum Einsatz, was auch Sinn macht, denn C ist in der Mikrocontrollerwelt der „Standard“.

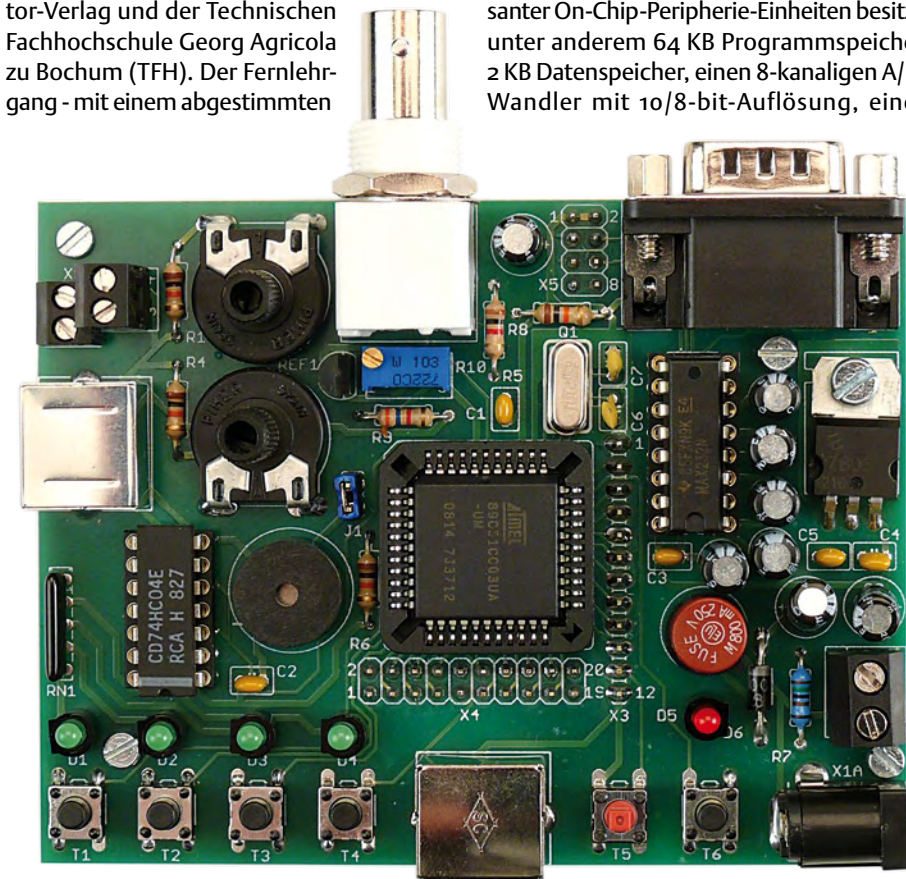
Die Tabelle zeigt eine Übersicht von Demo- und Beispiel-Programmen, die auch als Grundlage für eigene Entwicklungen dienen können. Sie lassen sich unter [3] kostenlos herunterladen (die Sammlung wird laufend erweitert, aktuelle Infos dazu unter [2]). Auf der Elektor-Website [3] findet man auch eine ausführliche Beschreibung, wie man mit der C-Entwicklungsumgebung $\mu C/51$ der Firma Wickenhäuser Elektrotechnik arbeitet. In der kostenfreien Demo-Version erlaubt diese IDE bereits die Erstellung von 8051er-Programmen bis zu einer Größe von 8 KB. Die Vollversion ist für unter 70 € erhältlich.

Upgrade leicht gemacht

Besonders gut eignet sich das „First Step“-Board für Schule und Ausbildung, denn es steht begleitende, kostenfrei erhältliche Teachware in Form von Beispielen, Applikationen und Laborpraktikumsversuchen zur Verfügung. Auch die ersten Lehrbriefe des Mikrocontroller-Fernlehrgangs lassen sich mit dem Board kombinieren.

Ist dann der Hunger nach mehr geweckt worden, so kann recht einfach ein Umstieg auf eine größere und leistungsfähigere Hardware erfolgen. Das Prozessorboard PT-CORE ONE, die Zusatz-Platine TFH-DAA ONE und das Motherboard TFH-BBO ONE bilden die Basis für einen tieferen Einstieg in die Mikrocontroller-Technik. Das nötige Wissen liefert der Elektor-Fernlehrgang [4], der insgesamt 12 Lehrbriefe mit mehr als 1.500 didaktisch aufbereiteten Seiten Mikrocontroller-Fachwissen umfasst. Das beginnt mit grundlegenden Beispielen der Mikrocontroller-Programmierung und reicht über die Verwendung von Peripherie wie LC-Display, RTC, D/A-Wandler bis hin zum SPI-, I2C-, CAN-Bus und dem Aufbau von Funkdatenübertragungsstrecken.

Der Vorteil hierbei: Alles, was man sich mit dem „First Step“-Board erarbeitet hat, ist nicht verloren. Das gesamte Wissen, alle erstellten Programme und Applikationen können sofort 1:1 auf das größere System übertragen werden, da auch hier als Herz der gleiche Mikrocontroller schlägt und die



System aus Hardware, Software und „Teachware“ - setzt beim Teilnehmer keine besonderen Vorkenntnisse voraus und richtet sich daher an Schüler, Auszubildende, Techniker, Studierende aller Fachrichtungen und engagierte Hobbyisten.

Von den Machern des Fernlehrgangs, Professor Bernd vom Berg und Peter Groppe, gibt es nun etwas Neues, nämlich ein besonders kompaktes Mikrocontroller-Board für Einsteiger. Das Board „First Step“ kann eine Ergänzung und Vorbereitung zum Fernlehrgang sein, es ist aber auch eigenständig verwendbar.

Das fertig bestückte und getestete Board ist ab Februar im Elektor-Shop erhältlich [1]. Wer selbst zum Lötcolben greifen möchte, kann unter [2] eine Platine beziehen. Der

Watchdog-Timer, einen Full-CAN-Controler und vieles mehr.

Eine Übersicht der Features des „First Step“-Boards findet man im Kasten. Das Board wird über einen Standard-TTL/V24-Pegelwandler an den PC beziehungsweise Laptop angeschlossen. Der gesamte Datentransfer zum und vom Entwicklungsrechner erfolgt über diese serielle Schnittstelle (COM-Port auf der PC-Seite bzw. Anschluss an einen USB-Port über USB/Seriell-Wandler). Auch die Übermittlung eines Programms zum Controller (Download) wird über diese serielle Verbindung abgewickelt; ein besonderer Programmieradapter ist nicht erforderlich. Zur Programmierung lässt sich jede 8051er-Programmiersprache verwenden (Assembler, Basic, Pascal, C), sofern ein download-

Features des „First Step“-Boards

- Moderner 8051er-Mikrocontroller: AT89C51CC03 von Atmel
- 4 Taster und 4 LEDs
- 1 Piezo-Summer
- 2 Potentiometer zum Einstellen von analogen Spannungssignalen für den A/D-Wandler
- BNC-Buchse für TTL-Spannungssignale (Zählfunktion) und TTL-Signalausgabe (Rechteck)
- Spannungsversorgung mit Spannungsstabilisator, Verpolungsschutzdiode und Feinsicherung
- Ankopplung des Boards an den Entwicklungs-PC/Laptop über RS232 bzw. USB/Seriell-Adapter
- Einfacher Anschluss von SPI- und I2C-Bus-Komponenten über zwei Mini-DIN-Buchsen
- Einige Portleitungen sind (zusammen mit VCC und GND) auf Schraubklemmen geführt
- Wichtige Systemsignale sind zur weiteren Verwendung auf Pfostenstecker geführt

Hardware des „First Step“-Boards mit integriert worden ist. Für die Lehre und Ausbildung im gewerblich-technischen Bereich bietet sich schließlich noch das ebenfalls kompatible - „TFH-System One“ an, das auf 19“-Europakarten basiert und durch eine Vielzahl von Zusteckkarten erweitert werden kann [2].

Auf all diesen Stufen steht den Lernenden (und den Lehrenden) ein Forum auf der Elektor-Homepage zu Verfügung, in dem Fragen beantwortet und neue Anwendungen vorgestellt und veröffentlicht werden [5]. Außerdem werden eintägige Workshops oder auch mehrtägige Seminare an verschiedenen Orten angeboten.

(090907)

Weblinks

- [1] www.elektor.de/first-step
- [2] www.palmtec.de
- [3] www.elektor.de/090907
- [4] www.elektor.de/fernlehrgang
- [5] www.elektor.de/forum

Demoprogramme (Auszug)

- Ansteuerung von LEDs und Piezo-Summern
- Erfassung von analogen Messwerten und Darstellung auf einem Terminal
- Ausgabe von Rechteckschwingungen variabler Frequenz
- Messung von Frequenzen
- Arbeiten mit Interrupts
- Betrieb einer Analog-Tastatur
- Empfang und Auswertung der DCF77er-Zeitzeichensignale
- 4-fach Schaltrelais-Karte
- Ansteuerung von LED-Display-Treiber MAX7219 (8-fach 7-Segment Anzeige)
- 2-kanaliger D/A-Wandler MAX522
- Digitaler Temperatur-Sensor DS1621
- Digitaler Frequenzsynthesizer DS1085
- Digitale I/O-Porterweiterung mit PCF8574

Die **Fakultät für Physik** der Ludwig-Maximilians-Universität München sucht für den Lehrstuhl für Experimentelle Quantenoptik (Leitung: Universitäts-Professor Dr. I. Bloch) zum nächstmöglichen Termin eine/einen

Diplom-Elektroingenieurin (FH)/ Diplom-Elektroingenieur (FH) der Fachrichtung Elektrotechnik/Elektronik

Die Abteilung forscht auf dem aktuellen Gebiet der experimentellen Quanten-, Laser- und Ionenfallenphysik. Die Experimente beruhen auf einem präzisen Zusammenspiel verschiedener modernster Technologien unter Einsatz eines breiten Spektrums an Elektronik (analoge und digitale Regelungen, Radiofrequenz- und Mikrowellentechnik, Präzisions- und Leistungselektronik, kryogene Elektronik sowie Hochspannungsquellen).

Aufgabenbereich: Als „Produktentwickler/in, Umsetzer/in und Macher/in“ sind Sie für die Entwicklung und den Aufbau von anspruchsvollen elektronischen Komponenten unserer Forschungsapparaturen verantwortlich. Sie führen eigenständig alle Entwicklungsschritte elektronischer Schaltungen durch, von der Konzeption über Bau und Test von Prototypen bis zur Integration in die Versuchsaufbauten. Zu Ihrem Verantwortungsbereich gehört auch die Vorbereitung, Vergabe und Qualitätsprüfung von Fertigungsaufträgen (Kleinserien) an externe Auftragnehmer sowie die Pflege entsprechender Firmenkontakte.

Anforderungen: Ihre Ausbildung und Kenntnisse als Elektroingenieur/in (FH) konnten Sie durch praktische Erfahrung in Entwurf und Aufbau von Schaltungen vertiefen. Sie beherrschen den Umgang mit modernen Entwicklungstools (Eagle, Spice, ...). Sie besitzen die Fähigkeit zum eigenständigen Arbeiten und haben Freude an der Zusammenarbeit mit Studierenden und Wissenschaftlern. Englischkenntnisse wären von Vorteil. Neue Herausforderungen packen Sie an, um Ihr breites Fachwissen anzuwenden und Neues zu lernen.

Ihr Arbeitsplatz befindet sich in zentraler Lage in München und ist sehr gut mit öffentlichen Verkehrsmitteln zu erreichen. Wir bieten einen modern ausgestatteten Arbeitsplatz, ein angenehmes Betriebsklima sowie eine intensive Einarbeitung und unterstützen Sie ggf. bei der Wohnungssuche. Die Vergütung erfolgt entsprechend Befähigung und fachlicher Eignung gemäß Tarifvertrag für den öffentlichen Dienst (TV-L). Bei Vorliegen der entsprechenden Voraussetzungen ist eine Eingruppierung bis E10 möglich. Die Sozialleistungen entsprechen den Regelungen des öffentlichen Dienstes. Schwerbehinderte Bewerber/Bewerberinnen werden bei ansonsten im Wesentlichen gleicher Eignung bevorzugt. Es besteht grundsätzlich die Möglichkeit der Teilzeitbeschäftigung.

Ihre Bewerbung richten Sie bitte unter dem Stichwort „**Elektor**“ an **Herrn Universitäts-Professor Dr. I. Bloch, Fakultät für Physik der Ludwig-Maximilians-Universität München, Schellingstraße 4, 80799 München**. Bewerbungsschluss ist der **28. Februar 2010**.



Mini-Schaltmodule in USB-Stick-Form

Die Firma Deditec GmbH hat eine Reihe sehr kompakter Schaltmodule mit USB auf den Markt gebracht. Bei dem USB-MINI-REL4 handelt es sich um ein kleines, preiswertes Einsteigermodell zum Messen, Steuern und Regeln. Bis zu vier Relais (30 V/1 A DC) finden in dem kleinen Gehäuse Platz und erledigen Schaltvorgänge jeglicher Art. Die Ansteuerung und Stromversorgung erfolgt über USB. Auf der anderen Seite dient eine 9-polige DSUB-Buchse (mit 1,8 m Kabel) als Anschluss.

Das USB-MINI-TTL8 kann dort eingesetzt werden, wo über den USB direkt auf TTL-Ein- bzw. Ausgänge zugegriffen werden soll. Jeder der acht TTL-Ein-/Ausgänge kann dabei separat als Eingang oder Ausgang per Software konfiguriert werden.

Beim USB-MINI-OPTO8 stehen bis zu acht optisch entkoppelte Eingänge zur Verfügung. Zustands-LEDs signalisieren durch das transparente Gehäuse die Zugriffe auf das Schaltmodul.

www.deditec.de/de/module/prod/usb-mini

Kompakter Embedded-Computer

Einen der kleinsten Embedded-Computer hat Artilla (Vertrieb: acceed) auf den Markt gebracht: Mit Maßen von 78 × 108 × 25 mm ist der „Matrix-504“ nur so groß wie eine Zigarettenschachtel. Der Stromverbrauch liegt bei unter 3 W. Der Rechner ist mit einem ARM9-Prozessor, vier seriellen, einer Ethernet- und zwei USB-Schnittstellen, 16 MB Flash und 64 MB SDRAM ausgestattet. Über einen SD-Karten-Ein-



schub kann der Speicher um 2 GB erweitert werden.

Das installierte Embedded Linux basiert auf einem aktuellen 2.6.x-Kernel. Neben der komfortablen Bash (Shell) gehören FTP, Telnet, Secure Shell, iptables (Firewall) und der Webserver boa zur Ausstattung. Für die Entwicklung eigener Programme stehen die Bibliothek GLIBC sowie der GNU C- und C++-Compiler zur Verfügung.

Der Matrix-504 unterstützt die Dateisysteme EXT2/EXT3, JFFS2, FAT/VFAT und NFS. Als Paketmanager für die Softwareverwaltung ist ipkg im Einsatz, eine Variante des Debian-Paketmanagers dpkg. Das „Schweizer Taschenmesser für Embedded Linux“, die Busybox, gehört ebenfalls zur Ausstattung.

Neben Embedded Linux ist auch Windows CE für den Rechner verfügbar.

www.acceed.de/artila

Flexibler Universal-Programmer



Der Programmer BX48 Batego von Batronix ist ein leistungsfähiges, kompaktes und einfach zu handhabendes Universal-Programmiergerät. Laut Hersteller unterstützt das Gerät als einziger Programmer der Welt ICs mit einer Versorgungsspannung von nur 1,0 V. Für die Pinansteuerung wurde ein komplett neuer Chip entwickelt. Jeder einzelne der 48 Pins lässt sich flexibel und unabhängig verwenden (vier Versorgungsspannungen und Programmierspannungen, Logik-Ausgang, Logik-Eingang, Analog Eingang/Ausgang, sechs schaltbare Pullup- und Pulldown-Widerstände auf VPP, VCC und GND und mehr).

Besondere Flexibilität wird durch eine

komplette Versorgung über den USB-Port erreicht. Ein Netzteil oder Batterien benötigt man nicht, alle Versorgungs- und Programmierspannungen werden intern generiert. Alle Chips im DIP/DIL-Gehäuse können direkt programmiert werden und für spezielle Gehäuseformen wie z.B. PLCC, SOP, TSOP und QFP sind passende Adapter erhältlich.

Zum Auslieferungsstart des BX48 werden fast alle vom Vorgänger BX40 unterstützten Chips sowie weitere ICs unterstützt. Bis Mitte 2010 sollen bereits über 50.000 Chipvarianten abgedeckt werden. Kunden können stets die neueste Prog-Express Software von der Hersteller-Webseite kostenlos herunterladen und somit auf dem aktuellsten Stand bleiben.

www.progshop.com/versand/programmiergeraete/BX48/index.html

Demo-Kit für PSoC3-Bausteine

Cypress stellt ein Demonstrations-Kit vor, das die vielfältigen Präzisions-Analogfunktionen der neuen PSoC3-Chips hervorhebt. In dem neuen „PSoC 3 Precision Analog Voltmeter Demo Kit“ (CY8CKIT-007) wird ein Baustein der PSoC3-Familie als Single-Chip-Voltmeter genutzt. Ein in den Chip integrierter 20-bit-Analog/Digital-Wandler in Delta-Sigma-Technik misst wahlweise die Spannung an den zum Kit gehörenden Prüflösungen oder am eingebauten Thermoelement. Gleichzeitig übernimmt der Baustein die direkte Ansteuerung eines LCDs. Die Designer können bei der Arbeit mit dem Kit die vorkonfigurierten Operationsverstärker-, ADC- und Analogmultiplexer-Komponenten der integrierten Entwicklungsumgebung „PSoC Creator“ für das schnelle und unkomplizierte Design von analogen Applikationen verwenden.

Auf einem einzigen Chip kombiniert die flexible PSoC3-Architektur programmierbare analoge und digitale Peripheriefunktionen, Speicher und einen Mikrocontroller. Zu den analogen Ressourcen des Chips gehören vier Digital-Analog-Wandler (DACs), vier Komparatoren, vier Operationsverstärker sowie vier PGAs, TIAs (Transimpedance Amplifier) oder Mischer. Das Voltmeter des Kits kann Gleichspannungen von -30 bis +30 V messen und umfasst ein eingebautes Thermoelement, das als rauscharmer Spannungseingang genutzt wird.



Das Demo-Kit kostet 79 US-Dollar und ist im Cypress eShop sowie bei autorisierten Distributoren erhältlich.

www.cypress.com/go/cy8ckit-007

Neuer Roboterbausatz NIBObee

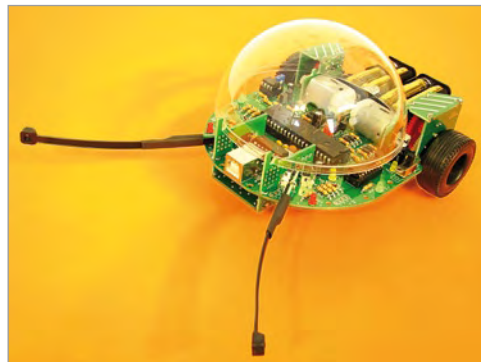
Von Nicai-Systems kommt ein neuer Roboterbausatz (erhältlich bei Reichelt). Der NIBObee ist ein speziell für Schüler entwickelter, in C, C++, Java und Assembler programmierbarer autonomer Roboter. Als ausgeklügeltes Komplettsystem verfügt der stylische Bot über einen ATmega16 als „denkende“ Einheit, verschiedene

Sensoren zur Wahrnehmung seiner Umgebung und einen integrierten USB-Programmer, der zusätzlich als Ladegerät für die Akkus dient. Nach dem Zusammenbau kann so direkt mit der Programmierung losgelegt werden.

Da die elektronischen Bauteile großzügig auf der Platine verteilt sind, lässt sich der Roboter einfach löten. Eine Bauanleitung mit vielen Abbildungen erklärt den Zusammenbau und die erforderlichen Lötarbeiten Schritt für Schritt. Insbesondere wurde bei der Entwicklung auf eine leicht ansteuerbare Sensorik und komfortable Programmierbarkeit geachtet, so dass Anfänger schnell einen motivierenden Einstieg in die Bereiche Robotik, Programmierung und Elektronik finden. Abgerundet wird das Ganze durch die NIBObee-Bibliothek, in der alle wichtigen Grundfunktionen fertig implementiert zur Verfügung stehen, und durch ein Programmier-Tutorial für die ersten Schritte.

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

www.reichelt.de



Elektor-Workshop: Messen, Steuern und Regeln über das Internet

Wer hat nicht schon einmal den Gedanken gehabt, etwas über das Internet zu überwachen oder zu schalten? Und sei es nur die Heizung, der Stromzähler oder ein DVD-Recorder für die Aufnahme eines Fernsehfilms. Natürlich gibt es Geräte mit integriertem Web-Server auf dem Markt, die fast alles aus der Ferne erledigen. Aber oft kann das teuer erworbene Gerät genau das, was man (zusätzlich) möchte, nicht. Wer wissen will, wie ein Web-Server auf dem PC mit angeschlossener Mikrocontroller-Hardware (Device-Server) programmiert wird, der ist bei diesem Workshop richtig.

Mitbringen sollte man Grundkenntnisse in Visual Basic und HTML und ein wenig Hardwareerfahrung. Auf dem Stundenplan stehen Grundlagen wie ein kurzer Überblick über das Internet (mit Vorführung einer Steuerung über das Web) und eine Einführung in die Programmierung eines 8051er-Controllers. Der Schwerpunkt liegt aber auf der Praxis. Das beginnt mit der Programmierung eines einfachen TCP-Clients/Servers in Visual Basic, später wird dieser zum Device-Server erweitert. Außerdem wird eine HTML-Seite erstellt, mit welcher der Server von überall auf der Welt (per Browser) gesteuert werden kann.

Als Device-Server-Hardware wird das neue, kompakte „First Step“-Board verwendet, das einen 8051er-kompatiblen Controller von Atmel, vier Taster und vier LEDs, einen Summer, ein Poti und vieles mehr mitbringt (siehe Extra-Artikel in diesem Heft).

www.elektor.de/msr-workshop



Printed Service Boards

Persönlich & Online!

► Flexible Leiterplatten ONLINE!

Polyimid 0,06mm bis 0,25mm
 * 1- und 2-Lagen durchkontaktiert * chem. NiAu * Versteifungen * 4mil * Abdeckfolie, Lötstopplack oder Kombination * 3M-Klebefolie * Nutzenfertigung ...

► Starre Leiterplatten bis 8 Lagen online!

FR4 0,50mm bis 2,40mm * 1- bis 8-Lagen Multilayer * chem. Zinn, HAL bleifrei oder chem. NiAu * 35µm oder 70µm Cu * 4mil Strukturen * 0,20mm Bohrungen * Sonderfarben * Vialfülldruck * Abziehlack * UL-Kennzeichnung * Sonderkonturen & DK-Schlitzte inklusive * Nutzensetzung für Sie nach Zeichnung ...

► Mehr Leistung & Spezialfertigung

Bis 18 Lagen * Rogers-HF und Isola Hoch-Tg Material ab Lager * Steckergold * blind- & buried vias * DK-Z-Achse-Fräsungen * Alukern oder -Träger * bis 400µm Dickkupfer * Sonderlacke * Sonderaufbauten * SMD-Schablonen * Großserien über LeitOn Hongkong Ltd. ...

► Ihr Service - Ihre Qualität

ISO 9001:2000 zertifiziert * zuverlässig & termintreu * kompetent und erfahren * persönlicher Service * schnellste Bearbeitung Ihrer Anliegen * professioneller CAM Design Rule Check (DRC) ...

www.leiton.de
kontakt@leiton.de
 +49-(0)30-701 73 49 0



Jetzt auch in „bunt“ und mit erweiterten Optionen!!!

LeitOn GmbH, Gottlieb-Dunkel-Str. 47/48,
 12099 Berlin www.leiton.de,
kontakt@leiton.de,
 +49 (0)30 701 73 49 0

Von Phil Knurhahn

Energiesparlampe der nächsten Generation

Die amerikanische Cree Inc. hat eine weiße LED-Lampe gezeigt, die knapp 1.000 Lumen an Lichtstrom produziert (dies entspricht etwa einer 65-W-Glühlampe). Dabei braucht die weiße LED-Lampe aber nur 9,5 W elektrische Energie, was einen Wirkungsgrad von 102 lm/W bedeutet. Zeitgleich berichtete das Unternehmen auch über einen neuen Weltrekord bei getönt-weißen LEDs: Bei einer Farbtemperatur von 4.577 K wurden 186 lm/W erreicht. Der bisherige Rekord wurde mit 136 lm/W von Osram gehalten. Mit monochromatischen LEDs erreicht man deutlich höhere Wirkungsgrade als mit weißen LEDs.

www.cree.com

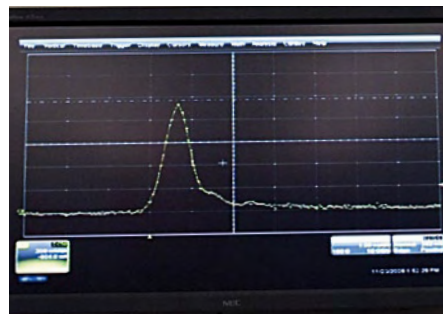
Eine Roboterhand – mit dem Hirn gesteuert

Am Bio-Medico Campus der Universität Rom hat ein Team von Chirurgen, Neurologen und Ingenieuren einem 27-jährigen Italiener eine künstliche Hand angesetzt, die vom Gehirn gesteuert wird (Bild: Università Campus Biomedico di Roma). Der Patient hatte seinen linken Unterarm bei einem Autounfall verloren. Die Kunsthand wiegt derzeit 2 kg, ist aus Aluminium, Stahl und Kohlefasern gefertigt und wurde an

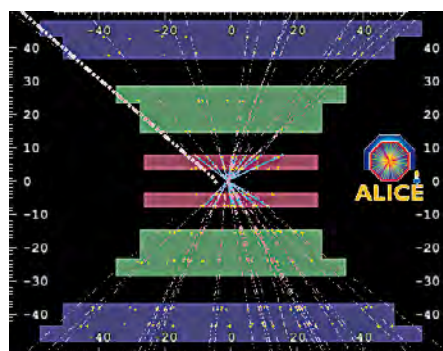


einer Fachschule in Pisa entwickelt. Sie ist noch nicht fest implantiert, da die Elektroden (sie kommen vom Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik IBMT in St. Ingbert) derzeit jeden Monat ersetzt werden müssen. Der Kontakt zu den vorhandenen Armnerven wird durch feinste Fasern hergestellt: Damit kann der Patient die Hand nicht nur mit dem Hirn gedanklich zu steuern, sondern sogar Rückmeldungen spüren. Eine längere Testphase schließt sich nun an, bevor die Hand fest implantiert wird.

1,18 TeV - CERN bricht Weltrekord



Am 23.11.2009 gelang nach einjährigen Reparaturarbeiten zum ersten Mal die Synchronisierung zweier gegenläufiger Strahlen am Large Hadron Collider (LHC) beim CERN nahe Genf. Im Bild sieht man die beiden separaten Strahlen auf dem Bildschirm in zeitlicher Darstellung. Um 14:22 Uhr wurde dann im Atlas-Detektor die erste Kollision festgestellt (siehe zweites Bild; beide Bilder: CERN). Später am Abend haben die Forscher an einem anderen Kreuzungspunkt den Alice-Detektor fokussiert. Die Energie pro Protonen-Strahl lag zunächst „nur“ bei 450 GeV (Gigaelektronenvolt). Zehn Stunden wurden benötigt, um dieses Energie-

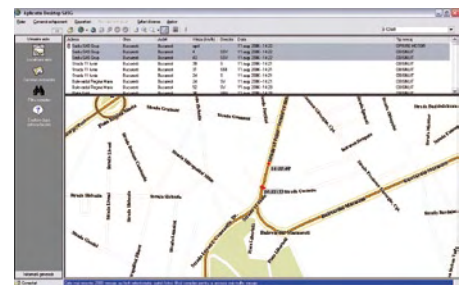


niveau zu erreichen. Am 30.11. gelang dann mit 1,18 TeV (Teraelektronenvolt) der Weltrekord – das LHC ist damit der stärkste Teilchenbeschleuniger, den es gibt. Bislang lag der Rekord bei 0,98 TeV, gehalten vom Fermi National Accelerator Laboratory im US-amerikanischen Batavia.

www.cern.de

Wenn Senioren nicht heimfinden

Keine so ungewöhnliche Situation, die auch für Kinder manchmal zutrifft. Da hilft eine Neuentwicklung der Münchner S.A.S. Group, die professionelle GPS-Ortungs- und Überwachungssysteme anbietet. Der „SAS Tracker“ ist ein Personen-Ortungsgerät, einfach in der Bedienung, klein und handlich. Die Position der zu ortenden Person wird auf der Internetseite des Unternehmens einfach und kostenfrei angezeigt. Das System läuft derzeit noch über SIM-Karten von Vodafone, aber auch andere SIM-Karten können künftig verwendet werden, auch solche von Prepaid-Handys. Um den Ort einer Person ausfindig zu machen, ruft der Benutzer einfach die Telefonnummer der im SAS Tracker eingesetzten SIM-Karte an. Der Tracker sendet daraufhin seine Position an einen Server.



Der Benutzer kann die Position 24 Stunden durchgehend abrufen. Er benötigt lediglich einen Computer mit Internetzugang. Über das Web lässt sich die Lage der Person auf den digitalen Karten unterschiedlicher Anbieter anzeigen (Bild: SAS Group). Eine Zusatzfunktion des Trackers ist das Anrufen einer voreingestellten Telefonnummer. Dies ist besonders für Senioren wichtig, die nicht mehr in der Lage sind, komplette Telefonnummern zu wählen. Auch kleine Kinder merken sich eine Taste leichter als eine Telefonnummer.

www.sasgroup.de

JANUAR 2010

30. Frankfurt am Main
Elektor CC2-ATmega-Seminar
Praxisorientiertes Seminar mit AVR-Spezialist Andreas Riedenauer und Computer-TV-Redakteur Wolfgang Rudolph („ComputerClub2“). Als Hardware wird das bekannte CC2-ATM18-Testboard genutzt.
Weitere Termine siehe Website!
www.elektor.de/cc2-atmega-seminar

FEBRUAR 2010

4. Dortmund
LabVIEW Hands-On
Kostenloses Praxisseminar, in dem man erste Schritte mit der grafischen Entwicklungsumgebung LabVIEW unternehmen kann.
Weitere Termine in Deutschland, siehe Weblink!
<http://sine.ni.com/nievents/app/overview/p/eventId/37888/site/nie/country/de/lang/de/scope/country/location/de>

11. Frankfurt
CE-Richtlinien und neue EMV-Richtlinie
Schwerpunkt des diesjährigen CE-Seminars des ZVEI ist die neue EMV-Richtlinie, die am 20. Juli 2009 verpflichtend wurde.
www.zvei.org/index.php?id=882

22. - 24. Dresden
Modellierung von Schaltungen und Systemen
„Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen“ heißt der volle Titel dieses Workshops. Neue Ideen sind ausdrücklich erwünscht!
www.vde.com/de/Veranstaltungen/Workshops/Seiten/Workshops.aspx

22. - 24. Bochum
Elektor-Seminar „C-Programmierung für Mikrocontroller“
Das aus dem Fernlehrgang bekannte Team Bernd vom Berg und Peter Groppe führt in Vorträgen in die Mikrocontroller-Hardware und die Struktur der Programmiersprache C ein. Den Löwenanteil nehmen aber die praktischen Übungen ein, welche die Teilnehmer mit einem 8051er-Mikrocontrollerboard durchführen.
www.elektor.de/c-prog

24. München
Batterien & Ladekonzepte
Die Zeitschrift „Design & Elektronik“ veranstaltet dieses jährliche Entwicklerforum.
www.elektroniknet.de/home/termine/aktuell/

25. Leipzig und 26. Hannover
Elektor-Seminar PIC18-Mikrocontroller-Programmierung
Architektur und Befehlssatz, Assembler und Simulator sowie Hardwaretools sind einige der Themen.
www.elektor.de/pic18

28. - 2. Paderborn
Testmethoden und Zuverlässigkeit von Schaltungen und Systemen

Forum für Trends, Ergebnisse und aktuelle Probleme auf dem Gebiet des Tests, der Diagnose und der Zuverlässigkeit digitaler, analoger, Mixed-Signal- und HF-Schaltungen.
www.tuz10.de

MÄRZ 2010

2. - 4. Nürnberg
Embedded World
Diese Messe rund um Mikrocontroller und Co. ist eines der Elektronik-Highlights des Jahres. Auch das Konferenzprogramm kann sich sehen lassen.
www.embedded-world.de

2. - 6. Hannover
CeBIT
Ein Pflichttermin - unzählige Produkte aus den Bereichen Hard- & Software, Kommunikation und Unterhaltungselektronik werden hier zum ersten Mal gezeigt.
www.cebit.de

3. - 4. Karlsruhe
WSR2010
Hinter dieser Abkürzung verbirgt sich der „Karlsruhe Workshop on Software Radios“ - ein mittlerweile jährliches Expertentreffen.
www.int.etec.uni-karlsruhe.de/seiten/conferences/wsr10/

Um fünfmal zum
Produkt des Jahres*
gewählt zu werden, braucht es
mehr als ein tolles Programm

- Zum Beispiel vernünftige Preise ohne versteckte Kosten.
- Eine faire Update-Politik, ohne Wartungsverträge und ähnliche Knebelpraktiken.
- Eine kompetente Hotline, die jedem Kunden kostenlos zur Verfügung steht.
- Eine offene Diskussion mit den Anwendern als wesentliche Grundlage der Programm-Weiterentwicklung.

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

Ein Beispiel:
Im Zuge der Weiterentwicklung haben wir einen

Follow-me-Router

realisiert, der in der Praxis beim Manuellen Routen enorm viel Zeit spart. Wie sämtliche Verbesserungen innerhalb einer Hauptversion ist auch diese Funktion jedem Kunden kostenlos (per Download) zugänglich. Vorausgesetzt wird in diesem Fall das Autorouter-Modul der Version 5.

EAGLE Light ist Freeware!

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

Wenn Sie sich für die kommerzielle Light-Version entscheiden, bekommen Sie zusätzlich das Handbuch und die Lizenz für kommerzielle Anwendungen. Unsere Standard-Version eignet sich für Platinen im Europaformat mit bis zu vier Signallayern bzw. für Schaltpläne mit max. 99 Seiten. In der Professional-Version entfallen diese Einschränkungen.

www.cadsoft.de



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



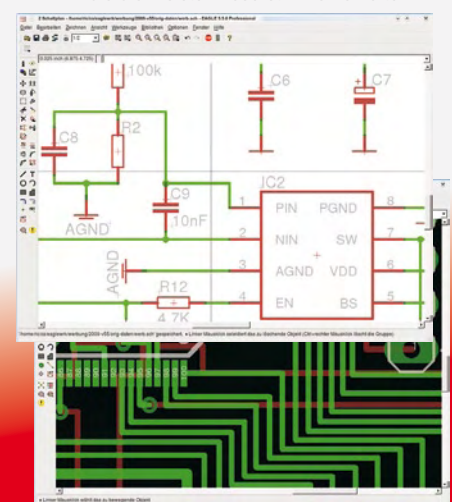
Jedem EAGLE-Paket in der Professional- bzw. Standard-Ausführung liegt ein Gutschein über eine professionell gefertigte doppelseitige Europakarte bei.

Windows / Linux / Mac sind eingetragene Warenzeichen von Microsoft Corporation / Linus Torvalds / Apple Computer, Inc.

EAGLE
Version 5

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

* Dieser Preis der Zeitschrift Elektronik wird in elf Kategorien an die Produkte vergeben, die die meisten Leserstimmen erhalten



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

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

Anzeige

Akku-Checker

Ladungsmessgerät: 1-10 Zellen, max. 10 A



Von Rüdiger Britzen (D)

Ein Akkupack ist immer nur so gut wie seine schwächste Zelle. Mit dem intelligenten Akku-Checker lässt sich die Ladung der Zellen ermitteln, so dass man auf Basis dieser Daten ein optimales Akkupack zusammenstellen kann. Dafür ist es wichtig, dass nicht nur die Ladung, sondern auch der Innenwiderstand der Zellen gemessen wird.

Im Prinzip ist es relativ einfach, die Ladung eines Akkus beim Entladen zu ermitteln: Die Ladung ist das Integral des Entladestromes über die Zeit, in der eine voll geladene Zelle auf die für den jeweiligen Zellentyp (NiCd, NiMH, Lilon, etc.) spezifische Zellenschlussspannung entladen wird. Praktisch entlädt man also eine Zelle, misst den Strom über ein Zeitintervall, dass kurz genug ist, um anzunehmen, dass sich der Strom in diesem Intervall im Rahmen der Messgenauigkeit nicht verändert, summiert diese Ströme auf und rechnet den Wert auf die übliche Einheit [mAh] um. Den Entladevorgang bricht man ab, sobald die Entladeschlussspannung erreicht ist.

Kriterien

Um Akkus für ein Akkupack auszuwählen, ist die Gesamtladung alleine leider nicht

aussagekräftig genug. Mindestens genauso wichtig ist der Innenwiderstand, der sich aus dem Verhältnis von Spannungsdifferenz zwischen Leerlaufspannung und Lastspannung und Entladestrom ergibt. Interessant ist also, bei welchem Entladestrom und bei welcher bereits entnommenen Ladung die Zellenspannung unter die Entladeschlussspannung fällt. Das Akku-Checker bietet für diese Art der Messung den „Constant Voltage“-Modus, doch dazu mehr im Kapitel über die Software.

Um auch leistungsfähige Zellen adäquat belasten zu können, soll ein Entladestrom von mindestens 10 A möglich sein. Gängige Akkupacks haben selten mehr als zehn NiCd- oder NiMH-Zellen, so dass ein Spannungsbereich von 0 bis 12 V ausreicht. Die Schnittstelle zum Benutzer umfasst ein

2x16-Zeichen-LCD, eine Duo-LED (rot, gelb, grün), vier Taster und eine EIA232-Schnittstelle zur Konfiguration und Steuerung. Die Messung der Akkuspannung erfolgt über separate Leitungen, so dass das Messergebnis nicht durch Spannungsabfälle an stromführenden Leitungen verfälscht wird. Bei den hohen möglichen Messströmen ist das unumgänglich.

Schaltung

Der Akku-Checker benötigt intern drei Spannungen, welche in **Bild 1** durch das Netzteil aus TR1, F1, B1, C1, IC1, IC2 und IC3 mit den zugehörigen Entkoppelkondensatoren erzeugt werden: 5 V für den Mikrocontroller und das Display, 10 V für den Stromregler und 12 V für den Lüfter.

Wie so oft bildet ein Mikrocontroller (IC5) den Kern der Schaltung. Seine Peripherie

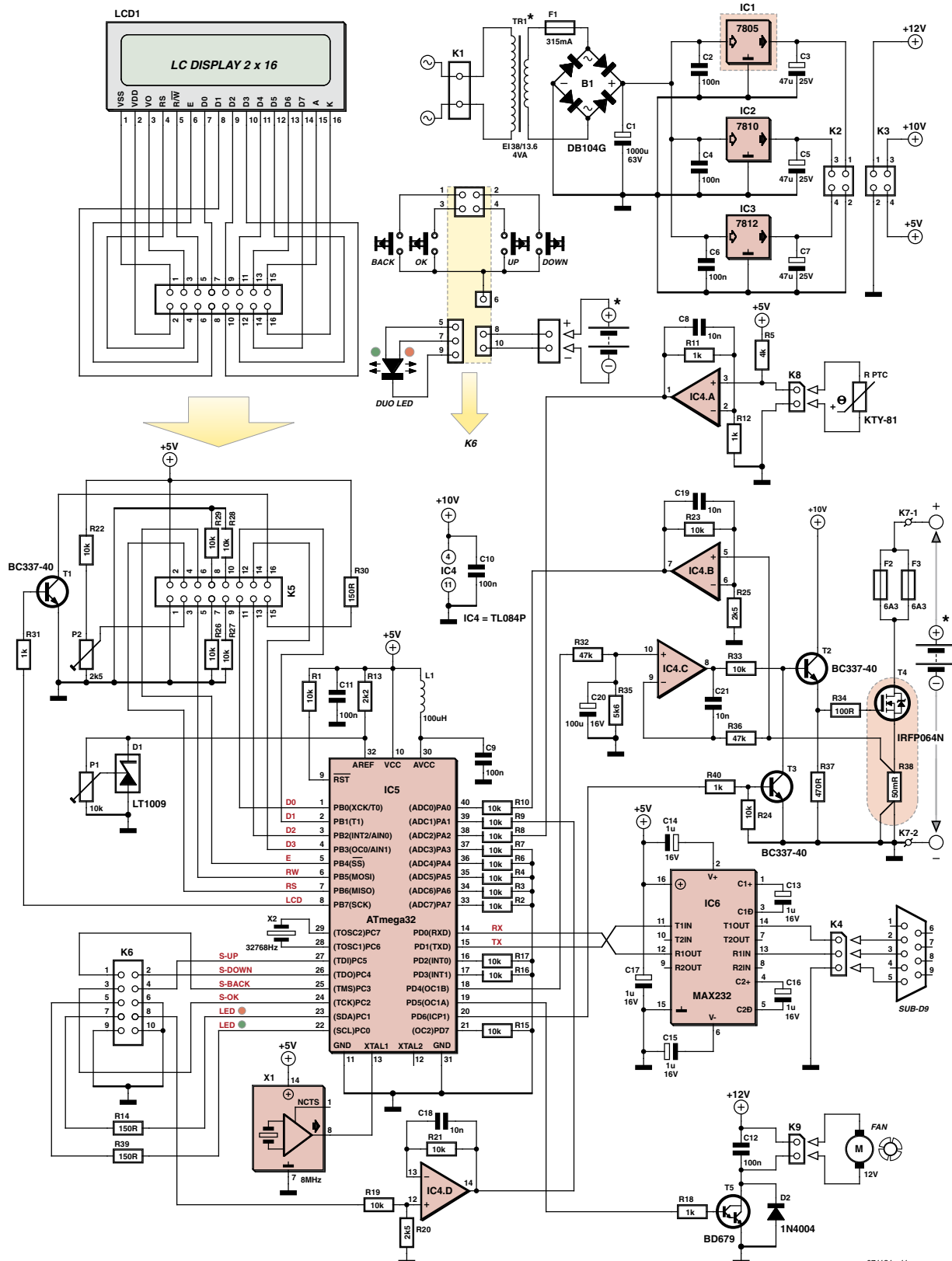


Bild 1. Der Schaltplan des Akku-Checkers. Der zu testende Akku ist zweimal eingezeichnet, weil es separate Anschlüsse und Leitungen für den Entladestromkreis und die Spannungsmessung gibt.

Eigenschaften

- Spannungsbereich 0 bis 12 V (entspricht 0 bis 10 NiCd- oder NiMH-Zellen)
- Entladestrom bis 10 A
- Innenwiderstandsmessung zu Beginn des Entladevorgangs (Mittelwertbildung aus zehn Messungen)
- Konstantstromentladung mit unterlagerter Konstantspannungsentladung
- Istwert- und Sollwertanzeige von Spannung und Strom
- Anzeige von Entladedauer, Ladung, Innenwiderstand, Kühlkörpertemperatur und Lüfterdrehzahl
- Steuerung über vier Taster, Einstellen von Zellenzahl, Sollentladeschlussspannung und Sollentladestrom
- Kalibriermöglichkeit für die A/D-Wandler und die Stromregler-PWM
- Beleuchtetes 2x16-Zeichen-LCD
- Status-LED
- Kühlkörpertemperaturüberwachung mit Lüfterregelung (P-Regelung)
- Serielle Schnittstelle zur Werteausgabe und zur (erweiterten) Gerätesteuerung
- Verlustleistung maximal 120 W (bei entsprechender Kühlung), in der Software (änderbar) limitiert auf 40 W.
- Gratis-Download der Software und der Platinen-Layouts unter www.elektor.de/071131

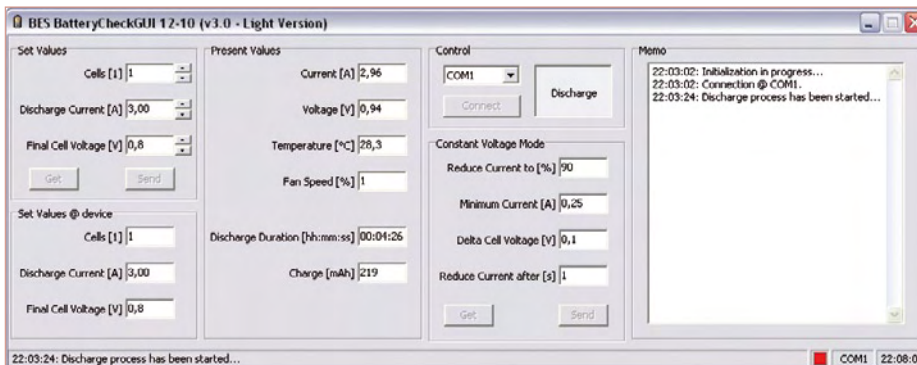


Bild 2. In der Windows-Software werden die Einstellungen und die aktuellen Messwerte angezeigt.

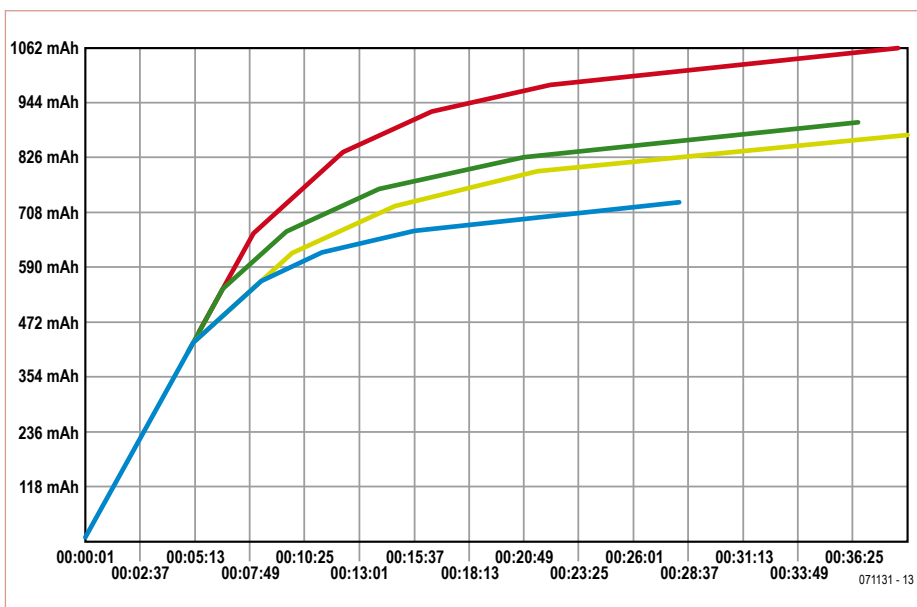


Bild 3. Eine geplante Software-Erweiterung ermöglicht auch Logdateien und eine grafische Auswertung. Hier ist die Ladung über die Zeit für vier verschiedene Akkus dargestellt.

besteht aus dem 8-MHz-Taktgenerator X1, der 2,56-V-Präzisionsspannungsquelle D1 als Referenz für den internen A/D-Wandler, dem Uhrenquarz X2 und dem Vierfach-Operationsverstärker IC4.

IC4.A dient als Messverstärker für den an K8 angeschlossenen PTC, der wiederum als Temperatursensor dient. Der Opamp ist als nicht invertierender Verstärker geschaltet und verstärkt die am PTC abfallende Spannung um den Faktor zwei.

IC4.B ist ebenfalls ein nicht invertierender Verstärker und vervielfacht die über den Präzisionsschunt R38 abfallende Spannung, die direkt proportional zum Entladestrom ist. IC4.D puffert die zuvor über einen 1:5-Spannungsteiler (R19/R20) reduzierte Akkuspannung. Im Schaltplan ist der zu testende Akku zweimal eingezeichnet, nämlich an K6 (Pin 8 und 10) für die Spannungsmessung und an K7 für die Entladung. Damit sollen die bereits erwähnten separaten Messleitungen für die Spannungsmessung (an K6) dargestellt werden, die direkt zu den Anschlüssen des Akkus führen. Es handelt sich also um ein und denselben Akku.

IC4.C stellt den eigentlichen Stromregler dar. An seinem nicht invertierenden Eingang liegt eine über einen Tiefpass (C20/R35) geglättete Gleichspannung an, die durch den Spannungsteiler (R32/R35) einem Zehntel der PWM-Spannung an PD4 (Pin 18) des Mikrocontrollers entspricht. Der Ausgang des Operationsverstärkers ist über R33 mit der Basis von T2 verbunden, dessen Emitter über den Stromteiler (R34/R37) mit dem Gate des Leistungs-FETs T4 verbunden ist. Die Dimensionierung von R33, R34 und R37 und die minimale Stromverstärkung von T2 bestimmen in Kombination mit der Gate-Kapazität von T4 die Regelgeschwindigkeit. Im Drain-Zweig von T4 wird die dem Istwert des Entladestroms proportionale Spannung über R38 abgegriffen und über R36 dem invertierenden Eingang von IC4.C zugeführt. Im Source-Zweig sind zwei Sicherungshalter für F2 und F3 (jeweils 6,3 A träge) vorgesehen, da 10 A einen Sicherungshalter alleine überlasten würden. T3 ermöglicht ein schnelles Abschalten des Stromreglers, indem die Basis von T2 durch T3 direkt auf Masse gezogen wird.

IC6 ist gemäß Datenblatt beschaltet und setzt die TTL-Pegel des Mikrocontrollers auf gültige EIA232-Pegel um.

Firmware

Die auf dem Mikrocontroller laufende Software ist interruptgesteuert. Im Hauptprogramm (main) werden nach einem Reset zunächst unter anderem die Eingänge, Ausgänge und Timer einmalig konfiguriert und initialisiert (Initialize, RefreshLCD). Anschließend wird in einer Endlosschleife auf den Timerüberlauf des Uhrenquarzes (alle 250 ms), auf Tastendrucke und auf ein vollständig empfangenes Datentelegramm reagiert und es werden die Ausgänge gesetzt. Timer 0 erzeugt mit einer Frequenz von 488,28 Hz einen Interrupt, in dessen Abarbeitung die Tasten abgefragt und entprellt werden. Timer 1A und 1B sind als PWM-Geber zur Vorgabe des Sollwertes für den Stromregler (1B) und zur Ansteuerung des Lüfters (1A) konfiguriert. Timer 2 erhält seinen Takt von einem 32,768-kHz-Uhrenquarz und läuft alle 250 ms über. Als Reaktion darauf werden je nach Anforderung entweder die Ist-/Solldaten (Strom, Zellspannung, Zellenanzahl, Ladung, Entladedauer, etc.) oder die Geräteeinstellungen (Kennlinien, Maximalwerte, Parameter für den Konstantspannungsmodus) an die EIA232-Schnittstelle gesendet sowie (über das Interrupt-Flag ClockCrystalTimer) die Funktion CalculateValues() aus dem Hauptprogramm aufgerufen.

In CalculateValues() erfolgt dann zunächst die A/D-Wandlung der Akkuspannung, der über den Shunt abfallenden, zum Entladestrom proportionalen Spannung und der über den Kaltleiter abfallenden, zur Kühlkörpertemperatur proportionalen Spannung. In Abhängigkeit von diesen Spannungen erfolgt dann die Lüfterregelung und (soweit aktiv) die Entladesteuerung und das fortlaufende Aufsummieren der Ladung. Zusätzlich sind in dieser Funktion der „Constant Voltage Mode“ und die Innenwiderstandsmessung implementiert. Überschreitet die Kühlkörpertemperatur den Wert „CSMaxTemperatureInCelsius“ wird die Entladung für die Zeit „CSCoolDownPeriod“ unterbrochen. Der „Constant Current Mode“ ermöglicht es, einen Akku zunächst mit dem vorgege-

benen Entladestrom („SetCurrentIn10mA“) bis zu einer Sollspannung zu entladen („SetVoltageIn100mV“ + „CSCurrentReductionUdeltIn100mV“), um dann, sobald die Spannung („MeasuredVoltageIn100mV“) für eine vorgegebene Zeit („CSCurrentReductionTime“) die Sollspannung unterschreitet, den Entladestrom stufenweise („CSCurrentReductionAmount“) bis auf einen Mindestwert („CSCurrentReductionMinCurrentIn10mA“) zu verringern, mit welchem der Akku schließlich bis zur Entladeschlussspannung („SetVoltageIn100mV“) entladen wird. Solch eine Entladekurve (Strom über die Zeit) verdeutlicht dann sehr anschaulich das Leistungspotential einer Akkuzelle und sagt wesentlich mehr aus als der reine Ladungswert.

Die Innenwiderstandsmessung des Akkus wird zu Beginn des Entladevorganges durchgeführt. Dazu werden zunächst die Leerlaufspannung und anschließend die Lastspannung des Akkus bei vorgegebenem Entladestrom gemessen. Diese Messungen werden im Zeitabstand von einer Sekunde insgesamt zehn Mal durchgeführt. Aus den ermittelten Innenwiderstandswerten werden jeweils die zwei kleinsten und größten Werte gelöscht und aus den übrigen sechs Werten wird ein Mittelwert gebildet, der dann auf dem LCD angezeigt wird. Die relativ aufwendige Mittelwertbildung trägt zum Bedauern des Autors nicht unbedingt zum leichten Verständnis des entsprechenden Abschnittes in der Funktion „CalculateValues()“ bei und lässt sich leider auch nicht einfach umsetzen.

Die Funktion „ProcessKey()“ bildet die StateMachine des Akku-Checkers. In Abhängigkeit vom gerade aktiven Zustand erfolgt ein Zustandswechsel oder eine entsprechend andere Reaktion als Resultat eines im Überlaufinterrupt des Timers 0 erkannten Tastendrucks.

Die Funktion „RefreshLCD()“ sorgt in Abhängigkeit vom gerade aktiven Zustand für die entsprechende Anzeige auf dem LCD.

Win32-Software

Die Win32-Software stellt die Grundfunktionalität zur Steuerung des Akku-Checkers zur Verfügung und soll dem Anwender auch

Der Autor

Rüdiger Britzen ist 32 Jahre alt, hat Elektro- und Informationstechnik an der Universität der Bundeswehr in München studiert und arbeitet hauptberuflich als Systemingenieur in der Verteidigungsindustrie. Nebenberuflich ist er als freier Entwickler (Britzen Embedded Systems) für Hardware und Software tätig.

als Plattform für eigene Programmiererweiterungen dienen.

Das Programm zeigt die eingestellten Sollwerte für Zellenschlussspannung, Entladestrom und Zellenzahl und die Istwerte für Strom, Spannung, Kühlkörpertemperatur, Lüfterdrehzahl, Entladedauer und Ladung an (siehe Bild 2). Es können die genannten Sollwerte und die Verwendung der Funktion „Konstantspannungsentladung“ konfiguriert werden. Wird im Eingabefeld „Reduce Current to %“ ein Wert kleiner 100 eingegeben, erfolgt eine Reduzierung des Entladestrom auf den entsprechenden prozentualen Wert, und zwar jedes Mal, wenn die Zellenspannung für die Zeit „Reduce Current after“ unter den Wert „Final Cell Voltage“ + „Delta Cell Voltage“ gesunken ist. Dies wiederholt sich so lange, bis der minimale Entladestrom erreicht wird.

Der Gerätestatus wird in der Statuszeile als symbolische LED angezeigt, die Farben entsprechen den Farben der Geräte-LED. Nachdem man den AkkuChecker mit dem PC verbunden hat, wählt man zunächst den verwendeten COM-Port aus und initialisiert die Kommunikation durch Anklicken der Schaltfläche „Connect“. War der Verbindungsaufbau erfolgreich, werden alle Eingabefelder verfügbar und das Gerät kann konfiguriert und gesteuert werden.

Der Autor plant noch eine erweiterte Version der Software, die das Erstellen von Logdateien, eine grafische Auswertung wie in Bild 3 und die Konfiguration aller zusätzlichen Einstellungen ermöglicht.

Protokoll

Für die Kommunikation zwischen PC und Akku-Checker hat der Autor ein Protokoll entwickelt, das sieben Byte lange Telegramme verwendet und die Übertragung von 16-bit-Werten (##) mit 8 bit langen Kennungen (ID) ermöglicht. Die ID wird auf zwei Bytes und die Nutzinformation auf vier Bytes aufgeteilt, abschließend wird eine

Checksumme (CS) ergänzt. Header (RBE_SP16.h) und Package (RBE_SP16.c) kapseln das Protokoll und realisieren gleichzeitig einen FIFO-Puffer.

Der Akku-Checker sendet alle 250 ms entweder defaultmäßig Soll- und Istdaten oder - auf entsprechende Anforderung - die erweiterten Geräteeinstellungen („Core Settings“, Variablen die mit „CS“ beginnen) als zusammenhängendes Telegramm mit abschließender Checksumme (31 Bytes).

Aufbau und Inbetriebnahme

Sowohl die Hauptplatine als auch die Netzteilplatine sind ausschließlich mit bedrahteten Bauteilen bestückt (**Bild 4**). Die Leiterbahnen zwischen den Anschlusspunkten der 1,5-mm²-Anschlussleitungen (K7) und dem FET beziehungsweise dem Shunt sollten mit reichlich Lötzinn nachverzinnt (Platine ohne Lötstopplack) oder durch entsprechend aufgelöteten Silberdraht (Platine mit Lötstopplack) in ihrem Querschnitt vergrößert werden. Es empfiehlt sich, die Platinen separat zu testen und mit der Netzteilplatine zu beginnen. Dabei ist unbedingt auf einwandfreie Isolation und Berührungsschutz aller an 230 V liegenden Leitungen und Komponenten zu achten. Der Autor empfiehlt für die Inbetriebnahme einen Trenntransformator. An K2 kann man messen, ob die korrekten Spannungswerte anliegen.

Die Hauptplatine sollte mit einem Labornetzteil mit konservativ eingestellter Strombegrenzung (ca. 100 mA) in Betrieb genommen werden. Damit man auf dem Display etwas zu sehen bekommt, stellt man als erstes mit P2 den Kontrast ein.

Funktioniert so weit alles, ist die Bedienung fast selbst erklärend: Zwei Tasten (UP, DOWN) dienen zum Navigieren durch die Menüs, die dritte Taste (OK) bestätigt eine Eingabe und die vierte Taste (BACK) bricht eine Aktion ab.

Bei der ersten Inbetriebnahme mit Netzteilplatine sollte zuerst die Spannung an D1 (bzw. Pin 32 von IC5) mit P1 auf genau 2,5 V eingestellt werden. Anschließend werden die A/D-Wandler (für Akkuspannung und Shuntspannung) und der Stromregler kalibriert. Dazu wählt man im Kalibrieremenu zuerst den ADC für die Akkuspannung

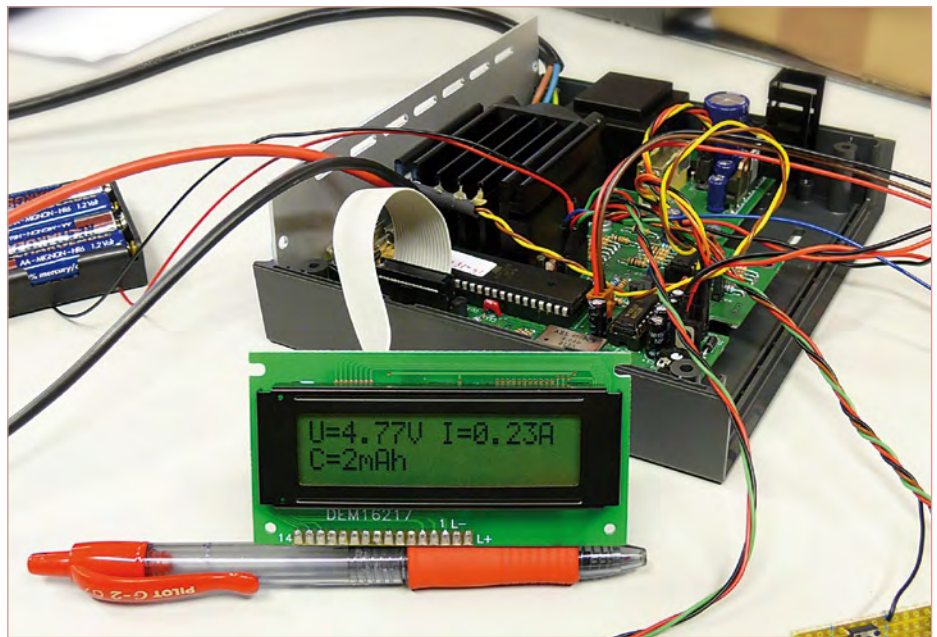


Bild 5. Das Elektor-Labormuster im Testbetrieb.

an. Anschließend schließt man die Eingänge zur Messung der Akkuspannung (verbunden mit Pin 8 und 10 von K6) kurz (=0 V) und bestätigt per Tastendruck. Danach fordert das Gerät dazu auf, eine Spannung von 6 V anzulegen. Nun verbindet man die Eingänge zur Messung der Spannung mit einer möglichst präzisen 6-V-Spannungsquelle und bestätigt wieder per Tastendruck.

Danach wird der Stromregler kalibriert. Dazu verbindet man eine mit 2 A belastbare Spannungsquelle mit den Lasteingängen (verbunden mit K7) des Akku-Checkers und schleift in eine der Leitungen ein Strommessgerät ein. Dann aktiviert man den entsprechenden Menüpunkt und verändert über die beiden Navigationstasten die PWM-Sollwertvorgabe und damit den Laststrom, bis möglichst genau 2 A erreicht sind. Abschließend wird der ADC für die Shuntspannung kalibriert, indem man wieder eine mit mindestens 2 A belastbare Spannungsquelle mit den Lasteingängen verbindet und die entsprechenden Menüpunkte einfach „durchbestätigt“.

Zum Schluss sollten die Korrekturwerte im EEPROM gespeichert werden, indem der Menüpunkt „Speichern der Einstellungen“ gewählt wird. „Speichern der Einstellungen“ ist mit einem „*“ ergänzt, wenn eine oder mehrere aktuelle Einstellungen nicht dem Speicherinhalt des EEPROMs entsprechen. In der Stückliste wird kein bestimmtes Gehäuse für dieses Projekt angegeben. Der Autor hat für sein Mustergerät ein

TEKO CAB 022.9 und das Elektor-Labor ein Retex Elbox 33030202 verwendet. Die auf der Frontplatte montierten Teile (LCD, Tasten, Buchsen) werden mit Flachbandkabel bzw. Schaltlitze mit den Anschlusspunkten auf der Platine verbunden. Bei den beiden Strommessbuchsen ist der Leiterquerschnitt (min. 1,5mm²) wichtig.

Spezialwerkzeug

Batteriehalterungen und Ladeschalen sind bestenfalls für Ströme bis etwa 3 A ausgelegt. Bei einer billigen Einzellenhalterung führte bereits ein Entladestrom von 2,5 A zum Wegschmelzen des Kunststoffs an den Kontaktpunkten. Das Problem hat man bei Zellen mit Lötflächen natürlich nicht.

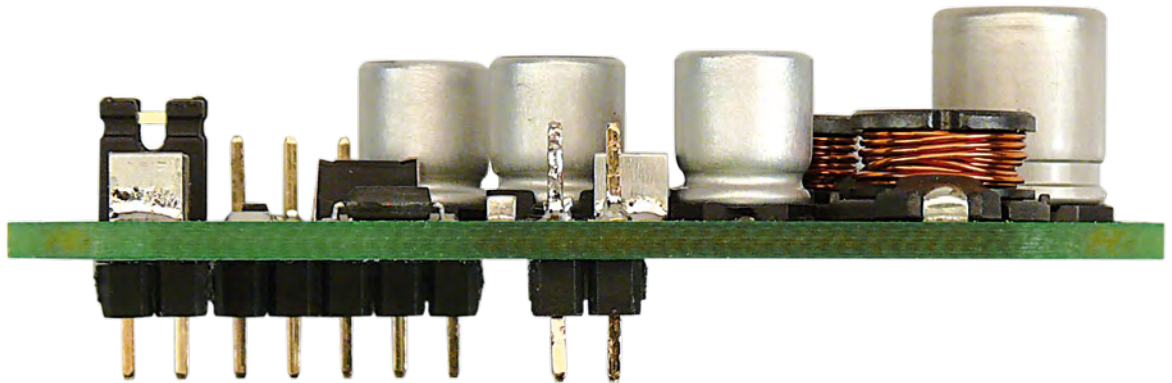
Für Einzellzellen ohne Lötflächen fand der Autor eine Lösung mit „Schnellschraubzangen“ aus dem Baumarkt, die man im Gang mit den Schraubzwingen für Holzarbeiten findet. Mit ein wenig handwerklichem Geschick kann man sie zu „Hochstromentladezangen“ umfunktionieren. Mit diesen Zangen lassen sich aufgrund der stufenlosen Verstellbarkeit beliebige Rundzellen sicher halten, womit Ströme bis 10 A ohne Temperaturerhöhung ermöglicht werden. Aber Vorsicht: Überlasten Sie Ihre Akkus nicht! Der Autor hat während der Testphase unbeabsichtigt zwei fabrikneue Panasonic-AA-Zellen im Konstanzspannungsmodus (U=0,9 V, Stromreduzierung nach 1 s) mit einem Anfangsentladestrom von 10 A durch Überhitzung zerkoacht...

(071131)

5-V-Power-Controller

Batteriebetrieb mit 2...8 V

Von Daniel Goß



Viele Bauteile und Mikrocontroller sind mittlerweile für Batteriebetrieb mit niedriger Spannung ausgelegt. Häufig ist es aber trotzdem nötig, mit 5-V-Betriebsspannung zu arbeiten. Ist eine gute Batterieausnutzung oder eine Abschaltautomatik gefragt, kann die Spannungsversorgung viel Entwicklungszeit beanspruchen. Um auf eine universelle Lösung zurückgreifen zu können, wurde der 5-V-Power-Controller entwickelt.

Eigenschaften

- Eingangsspannungsbereich 2 bis 8 V (2 x AA-Akku bis 2 x Lilon/LiPo-Akku)
- Versorgung einer 5-V-Schaltung aus zwei AA-Batterien mit bis zu 150 mA
- Besonders geeignet für Mikrocontroller-Schaltungen mit 5 V
- Wirkungsgrad 75 % bei 2 V und > 76 % bei 3...8 V Eingangsspannung
- Leicht erhältliche Standardbauteile
- Alle Anschlüsse im 2,54-mm-Raster
- Soft-Off-Funktion steuerbar über den Mikrocontroller
- Einschalttaste lässt sich weiterhin als Eingabetaste nutzen
- Geringe Stromaufnahme im Soft-Off-Standby

Ein weiter Versorgungsspannungsbereich ermöglicht den direkten Betrieb von Schaltungen an Akkus oder Batterien. Kommen jedoch Komponenten wie zum Beispiel LCD-Displays oder Sensoren hinzu, wird der Versorgungsspannungsbereich oft wieder stark eingeschränkt.

Da auch viele Mikrocontrolleranwendungen noch immer 5 V als Betriebsspannung erfordern, lag es nahe, dafür eine vielseitig verwendbare Energieversorgung zu entwickeln, die bei einem weiten Eingangsspannungsbereich von 2 bis 8 V am Ausgang stabile 5 V liefert. Damit deckt die Schaltung Anwendungen mit zwei Mignon-Akkus (2-2,4 V) ebenso ab wie solche mit zwei Lilon- oder LiPo-Akkuzellen (7,2 V) – und alles dazwischen natürlich auch.

Der Ausgangsstrom von bis zu 150 mA sollte für die meisten batteriebetriebenen Schal-

tungen ausreichen. Die Schaltung lässt sich über Logikpegel starten, in den Standby-Modus versetzen und abschalten.

Konzept

Aufgrund des Spannungsbereichs und der guten Erhältlichkeit fiel die Wahl auf den LT1302 von Linear Technology. Dieser Baustein ist eigentlich ein Boost-Konverter. Hier wird er jedoch in einem so genannten SEPIC-Design [1] verwendet, welches den Wandler als Buck-Boost-Konverter [2] nutzbar macht. Dadurch wird ein großer Eingangsspannungsbereich erreicht, da die Schaltung sowohl als Aufwärtswandler mit Spannungen kleiner 5 V als auch als Abwärtswandler mit Spannungen über 5 V arbeitet. Sozusagen als Bonus gibt es hierdurch auch gleich die Output-Disconnect-Funktion dazu.

Die Schaltung (Bild 1) befindet sich auf einer

kleinen SMD-bestückten Platine (Bild 2). Die Anschlusspins haben 2,54 mm Pinabstand (Bild 3). Dadurch kann die Platine direkt in eine Prototypenschaltung (z.B. auf Lochrasterplatine) integriert werden. Neben dem Anschluss für die Batteriespannung an K1 sind noch ein fünfpoliger Steckverbinder auf der Ausgangsseite (K3) und ein Testjumper (K2) vorhanden. Die minimale Eingangsspannung von 2 V an K1 bedeutet in der Praxis, dass zwei AA-Akkus bis auf 1 V je Zelle entladen werden können.

An Pin 1 von K3 liegt die stabilisierte Ausgangsspannung von 5 V. Die anderen Pins sind mit BattSense, PowerOn, PowerHold und Masse belegt. Über BattSense kann die Batteriespannung durch einen Mikrocontroller mit A/D-Wandler in der versorgten Schaltung überwacht werden. Die Bezeichnung der beiden anderen Pins erklärt schon (fast) ihre Funktion.

Wird PowerOn auf Masse gezogen, so startet der Schaltwandler und liefert 5 V am Ausgang. Nun kann der Mikrocontroller den PowerHold-Pin auf 5 V ziehen, um den Wandler zu halten. Fällt die Spannung an PowerOn weg, so bleibt der Wandler über T1 weiterhin aktiviert. Der Mikrocontroller kann sich aber selbst abschalten, indem er PowerHold auf Masse zieht. Mehr über die Anbindung an einen Mikrocontroller und über weitere Anwendungsmöglichkeiten steht im letzten Absatz des Artikels.

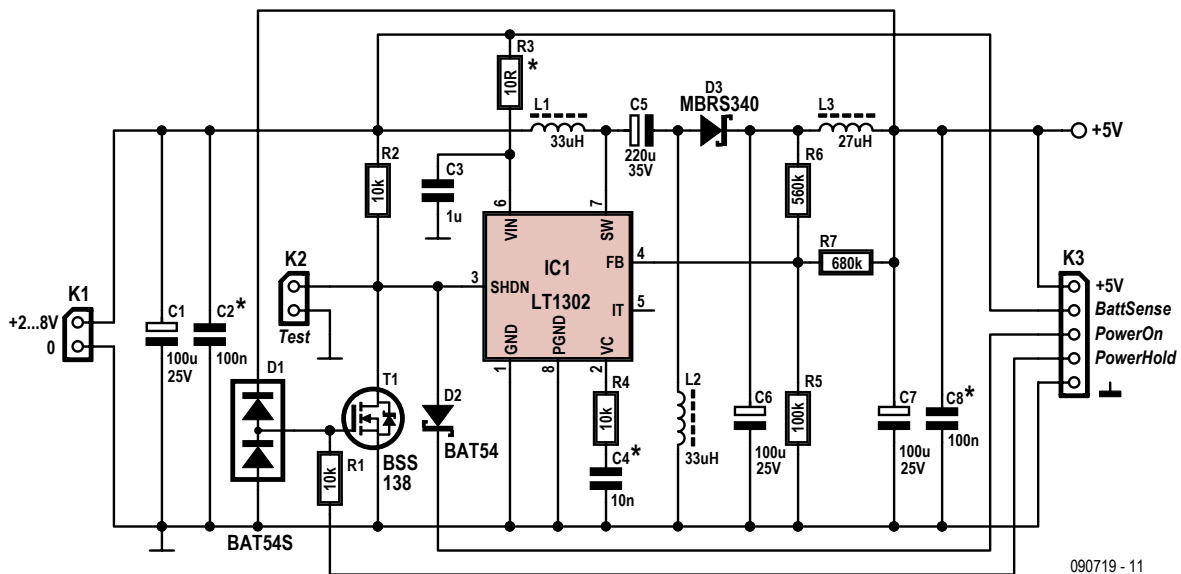


Bild 1. Der Schaltplan des 5-V-Power-Controllers mit dem LT1302 von Linear Technology.

Funktion

Bild 4 zeigt das Blockschaltbild des LT1302, das für die Betrachtung der Schaltungsfunktion nicht fehlen sollte. Wer die Schaltung im Detail analysieren möchte, dem sei die Simulation mit dem kostenlosen Programm LTSpice [3] empfohlen. Im Download zu diesem Artikel [4] sind einige Oszillogramme aus der Simulation zur Veranschaulichung enthalten.

Im Boost-Betrieb (Aufwärts-Wandler) beginnt ein Boost-Zyklus damit, dass der in IC1 integrierte Schalttransistor (Q4 in Bild

2) gegen Masse schließt und somit Strom über L1 zu fließen beginnt. C5 entlädt sich dabei über L2. Daher steigt auch der Stromfluss in L2. In **Bild 5** ist der Stromfluss durch L1 und L2 bei eingeschaltetem Transistor eingetragen. Die Ströme sind entgegengesetzt gerichtet, jedoch annähernd gleich groß. Nun schaltet IC1 den Transistor ab. Hierdurch liegt C5 nicht mehr über Q4 an Masse, sondern auf dem Niveau der positiven Eingangsspannung, welches durch die Selbstinduktionsspannung an L1 noch zusätzlich angehoben wird. Auch L2 möchte

den Stromfluss aufrechterhalten. Somit trägt sie zusammen mit C5 dazu bei, dass an D3 eine positive Spannung entsteht, die höher als die Betriebsspannung von IC1 (= Eingangsspannung der Schaltung) ist.

Bild 6 zeigt den Stromfluss bei abgeschaltetem Transistor.

C5 und L2 laden also gemeinsam den Pufferkondensator C6 auf. Dieser Zustand hält ca. 4,5 µs an, bis Q4 in IC1 erneut nach Masse durchschaltet. C5 kann sich nun wieder über L2 entladen und auch in L1 beginnt erneut Strom zu fließen. Dieses Wechselspiel dau-

Stückliste

Widerstände:

Alle SMD 0805, 1%
R1, R2, R4 = 10 k
R3 = 10 Ω (siehe Text)
R5 = 100 k
R6 = 560 k
R7 = 680 k

Kondensatoren:

C1, C6, C7 = 100 µF/25 V SMD (z.B. Farnell 1735335)
C2, C8 = 100 nF/100 V SMD (z.B. Reichelt SMD-1812 100N, siehe Text)
C3 = 1 µF/25 V SMD Tantal 0805 (z.B. Farnell 1135280)
C4 = 10 nF/100 V SMD (z.B. Reichelt SMD-1812 10N, siehe Text)
C5 = 220 µF/35 V SMD (z.B. Farnell 9695877)

Induktivitäten:

L1, L2 = 33 µH, 2 A, 0Ω12 SMD (z.B. Farnell 1612699, Reichelt L-PISM 33µ)
L3 = 27 µH, 0A8, 0Ω26, SMD (z.B. Farnell 1539570)

Halbleiter:

Alle SMD
D1, D2 = BAT54S (SOT-23, STMicroelectronics)
D3 = MBRS340 (SMC, ON Semiconductor)
T1 = BSS138N (SOT-23, Infineon)
IC1 = LT1302 (SO-8, Linear Technology)

Außerdem:

K1, K2 = 2-polige Stiftleiste
K3 = 5-polige Stiftleiste
Platine EPS 090719 (siehe Elektor-Shop-Anzeige oder www.elektor.de/090719)
Platinen-Layout-Download unter www.elektor.de/090719

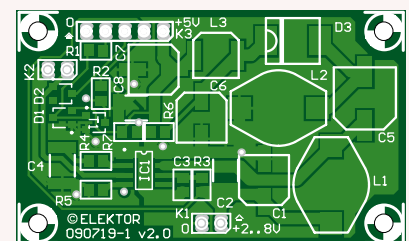


Bild 2. Die Bestückung der Platine erfolgt vollständig mit SMD-Bauteilen. Wegen der hohen Temperaturen beim bleifreien Reflow-Löten sollte man C2, C4, C8 und die Stiftleisten manuell bestücken

Aus dem Elektor-Labor

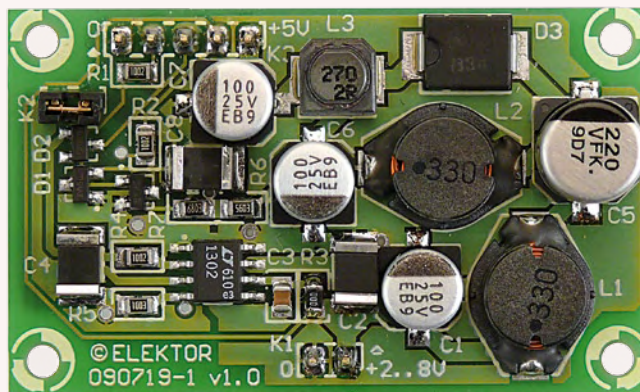
An der Schaltung von Daniel Goß haben wir nur wenig geändert. Als Schutz für das Gate von T1 wurde die Doppeldiode D1 mit R1 hinzugefügt. Auch die Idee mit dem 2,54-mm-Raster für das Aufstecken der Platine auf ein Experimentierboard wurde beibehalten. Die Befestigungsbohrungen der Platine sind nicht im Rastermaß, so kann die Platine etwas kleiner bleiben. Beim Aufstecken oder Auflöten auf ein Experimentierboard kommt man auch ohne Befestigungsschrauben aus.

Drei der SMD-Kondensatoren sind Folienkondensatoren (1812). Tatsächlich sind es MKTs mit geringerem Serienwiderstand und besseren dielektrischen Eigenschaften als beispielsweise keramische 0805-Kondensatoren. Es ist aber fraglich, ob Reflow-Löten in Kombination mit bleifreier Lötpaste möglich ist, da die maximale Temperatur der 1812-Serie aus dieser Wima-Familie lediglich 220 °C beträgt. Im Datenblatt sind 210 °C als maximal zulässige Kerntemperatur dieses Kondensators angegeben, und der Schmelzpunkt von Polyester liegt bei 245 °C.

Beim Elektor-Labormuster der Platine wurden alle Bauteile mit Ausnahme der Stiftleisten und der Kondensatoren C2, C4 und C8 in einem Elektor-SMD-Ofen bleifrei gelötet. Da die Temperatur dabei bis zu 260 °C erreichen kann, wurden C2, C4, C8 und die Stiftleisten anschließend von Hand gelötet.

Der Wirkungsgrad der Schaltung wurde von uns bei einem Ausgangsstrom von etwas über 150 mA ermittelt (33 Ω Lastwiderstand, Jumper „Test“ an K2 gesetzt).

Der Wirkungsgrad hängt etwas von der Eingangsspannung ab, mit einem Minimum von 74,8 % bei 2 V und einem Maximum von fast 77 % bei Eingangsspannungen zwischen 3,5 und 6,5 V. Bei höheren Eingangsspannungen geht der Wirkungsgrad geringfügig bis auf 76,2 % bei 8 V zurück.



Der Vorteil des Buck-Boost-Konzepts ist natürlich der große Eingangsspannungsbereich. Dafür muss man einen etwas geringeren Wirkungsgrad im Vergleich zur Standard-Applikation des LT1302 als reiner Boostkonverter in Kauf nehmen. Der erreicht als 5-V-Regler bei 3 V Eingangsspannung einen maximalen Wirkungsgrad von fast 87 %.

Im Datenblatt des LT1302 wird für Eingangsspannungen über 5 V eine zusätzliche Entkopplung der Betriebsspannung des ICs empfohlen, die aus einem 10- Ω -Widerstand (minimal 2 Ω) und einem 1- μ F-Tantalkondensator besteht. Bei unseren Messungen haben wir diesen Widerstand (R3) mit 0 Ω bestückt. C3 kann dann auch 100 nF (0805 SMD) sein. Bei niedrigen Eingangsspannungen im Bereich von 2 V kann ein höherer Wert für R3 durch seinen Spannungsabfall dazu führen, dass die Spannung am LT1302 zu weit absinkt. Werden z.B. nur zwei Mignonzellen als Spannungsquelle verwendet, kann man R3 einfach überbrücken und für C3 den Tantalelko ohne weiteres behalten.

Wenn Shutdown low ist, variiert die Ruhestromaufnahme im Bereich von 2 V bis 8 V zwischen ungefähr 0,4 und 1 mA. Das IC selbst nimmt nur ungefähr 0,2 mA auf, der Rest wird allein durch den Pull-up Widerstand R2 verursacht (Shutdown ist mit Masse verbunden). Die minimale Shutdown-Spannung beträgt 1,8 V, und der maximale Shutdown-Biasstrom ist 20 μ A. Daher wurde R2 mit 10 k gewählt. In der Praxis ist vielleicht auch ein etwas höherer Wert möglich, was besonders bei höheren Eingangsspannungen den Wirkungsgrad etwas verbessern würde. Bei Abschaltung über T1 (Gate von T1 über PowerHold mit Masse verbinden) nimmt die Schaltung lediglich 10 μ A auf.

Ton Giesberts

ert an, bis die Spannung an FB (Pin 4 von IC1) 1,245 V übersteigt. Sobald dies der Fall ist, schaltet der LT1302 den internen 220-kHz-Oszillator ab. Da nun über C5 überhaupt kein Strom mehr fließen kann, sinkt die Spannung wieder ab, bis 1,24 V an FB erreicht sind und der Oszillator wieder startet. Nach vier derartigen Schalt-Zyklen ist die Abschaltschwelle von 1,245 V erreicht und es tritt eine kurze Pause ein.

Im Buck-Betrieb (Abwärts-Wandler bei höherer Eingangsspannung) genügt schon ein einziger Schaltzyklus, um die Spannung an FB über die 1,245-V-Marke zu heben. Somit schaltet sich der Oszillator sofort wie-

der ab. Da der Eingang über C5 vom Ausgang getrennt ist, kann kein Strom mehr fließen und die Ausgangsspannung sinkt wieder ab. Erst nach Unterschreiten der 1,24-V-Schwelle startet ein neuer Zyklus. Da die Spannung durch die Arbeitsweise des Konverters etwas wellig ist, folgt auf C6 noch ein mit L3 und C7/C8 realisiertes Filter. Dieses Filter verringert die Restwelligkeit der Ausgangsspannung. Um trotzdem eine korrekte Regelung zu gewährleisten, ist der Spannungsteiler für FB mit R5, R6 und R7 etwas komplexer aufgebaut. R6 geht mit 55 % in die Regelung ein und sorgt für eine schnelle Regelung, wohingegen R7 den Spannungsfall über L3 kompensiert.

Ein Low-Pegel an SHDN (Shutdown-Eingang Pin 3) aktiviert den LT1302. Solange dieser Pin über R2 auf High gezogen wird, ist das IC im Ruhezustand. T1 zieht SHDN auf Low, sobald der Mikrocontroller ihn über einen High-Pegel ansteuert.

R3 entkoppelt zusammen mit C3 den LT1302 von Spannungsschwankungen und Störsignalen (Spikes) der Betriebsspannung.

Mit Mikrocontroller

Das Beispiel in **Bild 7** zeigt die Anbindung der Schaltung an einen Mikrocontroller vom Typ ATtiny24. Die Platine des 5-V-Power-Controllers wird über die Pins PowerOn und

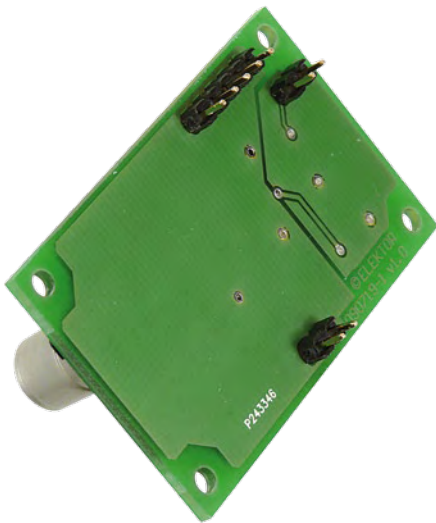


Bild 3. Dank der Stiftleisten im 2,54-mm-Raster lässt sich die Platine ohne weiteres auf ein Lochraster-Experimentierboard stecken.

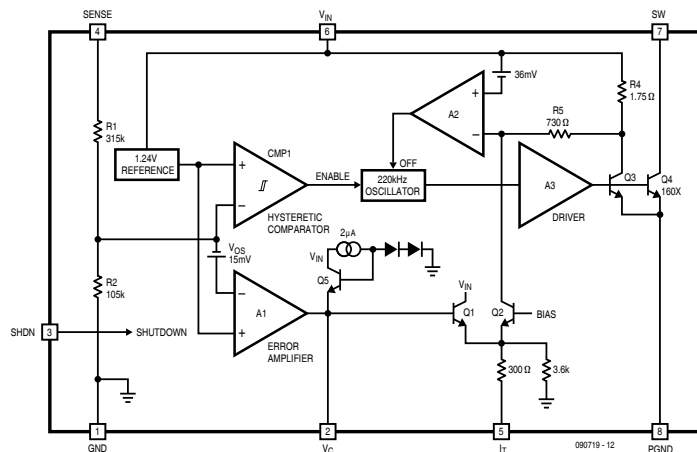


Bild 4. Blockschaltbild des LT1302. Q4 schaltet den Strom durch die externen Induktivitäten.

PowerHold von K3 mit dem Mikrocontroller verbunden. PowerHold sollte nie offen bleiben, da T1 sonst nicht vollständig sperrt

und so die Stromaufnahme der Schaltung unnötig ansteigt. Der Taster S1 kann vom Mikrocontroller

als normale Eingabetaste abgefragt werden, hierfür ist R1 als Pullupwiderstand vorgesehen. Da die Schottky-Diode D2 in

Anzeige

Schrittmotorsteuercarte
für PC-Positioniersysteme,
Bohr-, Gravier- und
Fräsanlagen!

- Steuerung von Schrittmotoren für 3 Achsen!
- Phasenströme einstellbar!
- Variable Stromversorgung = einfache Adaption an viele Motortypen!
- Ansteuerung auch über SPS oder Taktgenerator möglich!
- Inklusive Treibersoftware für MS Dos und Windows mit Beispiel Sourcen!
- Anpassung an Ihre Anforderungen möglich!

Nur € 79,-

über 4000 verkaufte Exemplare

Kostenloser Katalog

Technische Daten:

- Anschluss an PC mit Standard-Druckerkabel
- Stromchopperendstufen für Voll- und Halbschrittbetrieb
- optimal für 2- und 4-Phasen-Schrittmotoren
- Versorgungsspannung 15–28 V

EMIS

Zur Drehscheibe 4
92637 Weiden i. d. Opf.
Tel. (09 61) 3 20 40, Fax (09 61) 3 14 94
www.emisgmbh.de

ISA + PCI
RS-232/422/485
2/4/8-Port Karten und Konverter

Watchdog-, Analog-, Digital-,
Relais- Opto-, 8255-, Timer-,
TTL- I/O

USB I/O
DIN-Schiene - 8 bis 32 I/O
Relais oder Optoisoliert

MERZ
DECISION-COMPUTER

Decision-Computer Jürgen Merz e.K.
Lengericher Str. 21 - 49536 Lienen
Telefon 05483-77002
FAX 05483-77003
info@decision-computer.de

www.
elektor.
de

PCB-POOL
Beta LAYOUT

zertifiziert!
UL-Zulassung

dünnere!
1 mm Materialstärke

flacher!
SMD Pads
chemisch verzinkt

schneller!
1 AT Service

kostenlos!
Free Stencil

unabhängig!
Reflow-Kit Shop

NEU!

www.pcb-pool.com
HOTLINE 0800 7227665 · E-Mail: info@pcb-pool.com

Beta
LAYOUT

STROMVERSORGUNG

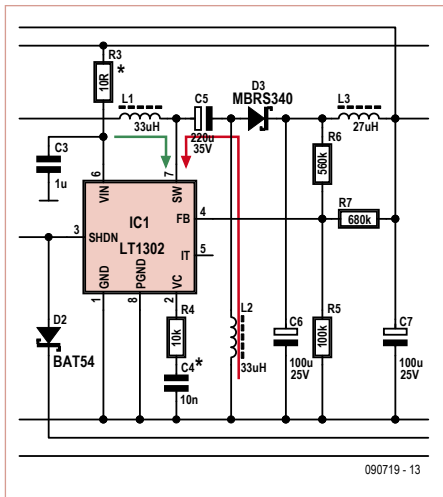


Bild 5. Der Stromfluss durch L1 und L2 bei eingeschaltetem Transistor.

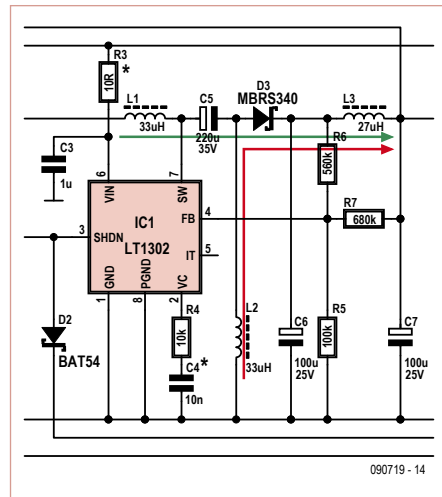


Bild 6. Stromfluss bei abgeschaltetem Transistor.

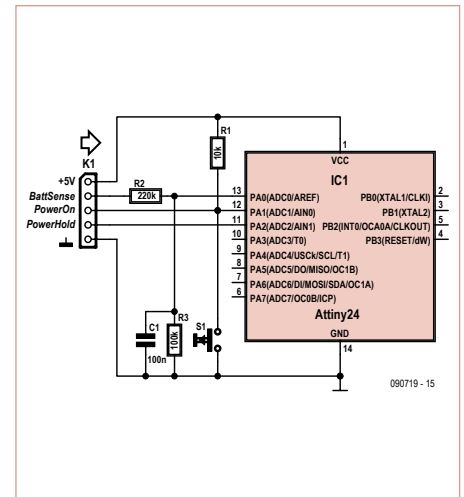


Bild 7. Beispiel für die Anbindung der Schaltung an einen Mikrocontroller.

der Wandlerschaltung für die Entkopplung von diesem Pull-Up sorgt, kann der Taster bei abgeschaltetem Spannungswandler als Start-Taster dienen. Wird der Taster betätigt, so startet der Wandler und liefert 5 V für den Controller. Dieser startet und zieht seinerseits PowerHold auf High. Der FET T1 in der Wandlerschaltung schaltet durch und hält die Schaltung auch nach dem Loslassen des Tasters aktiv. Der Controller kann nun - z.B. nach einiger Zeit der Inaktivität oder bei Auswahl eines Menüpunktes - die Energieversorgung deaktivieren, indem er PowerHold auf Low zieht. Da nun die gesamte Schaltung inklusive R1 und damit PowerHold nur noch mit Massepotential verbunden ist, sperrt T1 nun sicher, und die Stromaufnahme des PowerControllers sinkt auf unter 20 μ A.

Natürlich kann die Schaltung auch nur zur Versorgung von einzelnen Schaltungsteilen verwendet werden. Hierfür wird ausschließlich PowerHold mit dem μ C verbunden. Die-

ser kann die 5-V-Versorgung dann über diesen Pin aktivieren und deaktivieren.

Da ein Controller während des Programmiervorgangs den PowerHold-Pin nicht auf High ziehen kann, ist es möglich, den PowerController durch Stecken des Jumpers an K2 (Test) dauerhaft zu aktivieren. So kann während der Programmierung, zum Debuggen oder zum Testen des Wandlers die Spannungsversorgung permanent aktiviert werden, ohne dass Änderungen am Sourcecode des Programms notwendig sind.

Die Anbindung von BatSense an den A/D-Wandler des Mikrocontrollers sollte so hochohmig wie möglich erfolgen. Dieser Ausgang wird nicht durch den Output-Disconnect von der Batterie getrennt, wenn die Schaltung in den Standby-Modus wechselt. Daher muss der über den Spannungsteiler fließende Strom berücksichtigt werden. Da die Spannung auch anliegt, wenn der Wandler deaktiviert ist, kann sie auch zur Versorgung einer

Wakeup-Schaltung oder zum Speichererhalt genutzt werden. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die Spannung weder stabilisiert noch gefiltert ist.

Um die Messung hinreichend genau zu halten, kann ein Kondensator (ca. 100 nF) als Stützkondensator in den Spannungsteiler integriert werden. Dieser lädt die interne S&H-Kapazität des A/D-Wandlers problemlos auf und der Spannungsteiler kann hochohmiger ausfallen, als es die Eingangsimpedanz des A/D-Wandlers zulässt. Es ist zusätzlich darauf zu achten, dass durch diese Schaltung am A/D-Wandler-Eingang auch dann die Batteriespannung anliegt, wenn die restliche Schaltung stromlos ist. Normalerweise sollte dies jedoch dank des hochohmigen Spannungsteilers kein Problem darstellen.

(090719)

Der Autor

Daniel Goß ist staatlich geprüfter technischer Assistent für Informatik und Fachinformatiker für Systemintegration. Beruflich ist er als IT-Consultant mit Schwerpunkt technisches Lösungsdesign und IT-Sicherheit bei T-Systems tätig.

In seiner Freizeit beschäftigt er sich gerne mit der Schaltungsentwicklung - überwiegend auf Basis von AVR Mikrocontrollern - und mit der Programmierung für Windows in C++ und C#.

E-Mail-Adresse: flashback@flashsystems.de

Homepage mit Software und weiteren Projekten:
www.flashsystems.de

Links:

- [1] http://en.wikipedia.org/wiki/SEPIC_converter (SEPIC-Beschreibung)
- [2] www.maxim-ic.com/appnotes.cfm/appnote_number/1051/ (Applikationshinweise)
- [3] www.linear.com/designtools/software (Gratis-Download von LTSpice)
- [4] www.elektor.de/090719 (Projektseite mit den Gratis-Downloads zu diesem Artikel)

Von den Machern von Elektor!



Oder frei Haus unter www.elektor.de bestellen!

Laut und vernehmlich

Mobiles Lautsprechersystem mit Rückkopplungsunterdrückung

Von Ton Giesberts und Thijs Beckers (Redaktion Elektor)



Ob in lärmgefüllter Umgebung oder unter anderen ungünstigen Bedingungen, nicht immer hat die menschliche Stimme die nötige Lautstärke, um sich akustisch verständlich zu machen. Ein Verstärkersystem verhilft zu mehr Power, vorausgesetzt, es tritt keine akustische Rückkopplung auf.

Den Aktiven unseres Events „Elektor Live 2009“ [1] hatten wir mobile, stimmenscho-nende Lautsprechersysteme an die Hand gegeben, die klein und leicht genug sind, um am Hosengürtel getragen zu werden. Ein Problem, das zuvor gelöst werden musste, war die akustische Rückkopplung. Wenn der Abstand zwischen Lautsprecher und Mikrofon gering ist, gelangt das verstärkte Signal auf akustischem Weg zurück zum Mikrofon und wird noch einmal verstärkt. Diese Rückkopplung bringt das System zum Schwingen, es kommt zu einem durchdringenden Pfeifen. Ein probates Gegenmittel ist die Frequenzverschiebung des Nutzsignals um einen geringen Betrag, wie es bereits vor Jahren in einem Elektor-Projekt realisiert wurde.

Frequenz-Shifter

Für unser mobiles Lautsprechersystem ist das Unterdrücken der akustischen Rückkopplung ein wichtiger Aspekt, da sich der Lautsprecher nicht weit vom Mikrofon befindet. Ein steiler, einstellbarer Bandpass im Signalweg (Notchfilter) ist für stationäre Systeme eine bewährte Lösung, denn dort bleiben die akustischen Parameter konstant. Bei unserem mobilen System sind Lautsprecher und Mikrofon relativ zueinander in Bewegung, die Bandpass-Parameter müssten fortlaufend adaptiert werden. Solche Prozesse lassen sich zwar mit Digitalen Signalprozessoren (DSP) realisieren, doch für unser unkompliziertes mobiles Lautsprechersystem erschien uns dies zu hoch gegriffen.

Das ständige Adaptieren eines Bandpasses von Hand ist dem Benutzer nicht zumutbar. Auf der Suche nach einer praktikableren Lösung erinnerten wir uns an den „Feedback-Killer“ aus Elektor Februar 1990. Das dort beschriebene System verschiebt das Frequenzspektrum des Nutzsignals um einige Hertz nach oben oder unten, so dass das Ausgangssignal nicht mehr identisch mit dem Eingangssignal ist. Das Aufschaukeln auf der Rückkoppelfrequenz wird unterbunden, denn die Bedingungen für den Schwingungseinsatz sind nicht mehr erfüllt. Das Prinzip haben wir hier übernommen, nur die Schaltung von damals haben wir modifiziert und modernisiert. Der „Feedback-Killer“ arbeitet wie folgt: Das Eingangssignal wird von einem Allpass so

Eigenschaften

- Maximale Leistung 10 W an 8 Ω (bei 14 V Betriebsspannung)
- Rückkopplungsunterdrückung durch Frequenz-Shift
- Geeignet für Elektret- und dynamische Mikrofone
- Niedrige Stromaufnahme
- Auch ohne Frequenz-Shift mobil einsetzbar

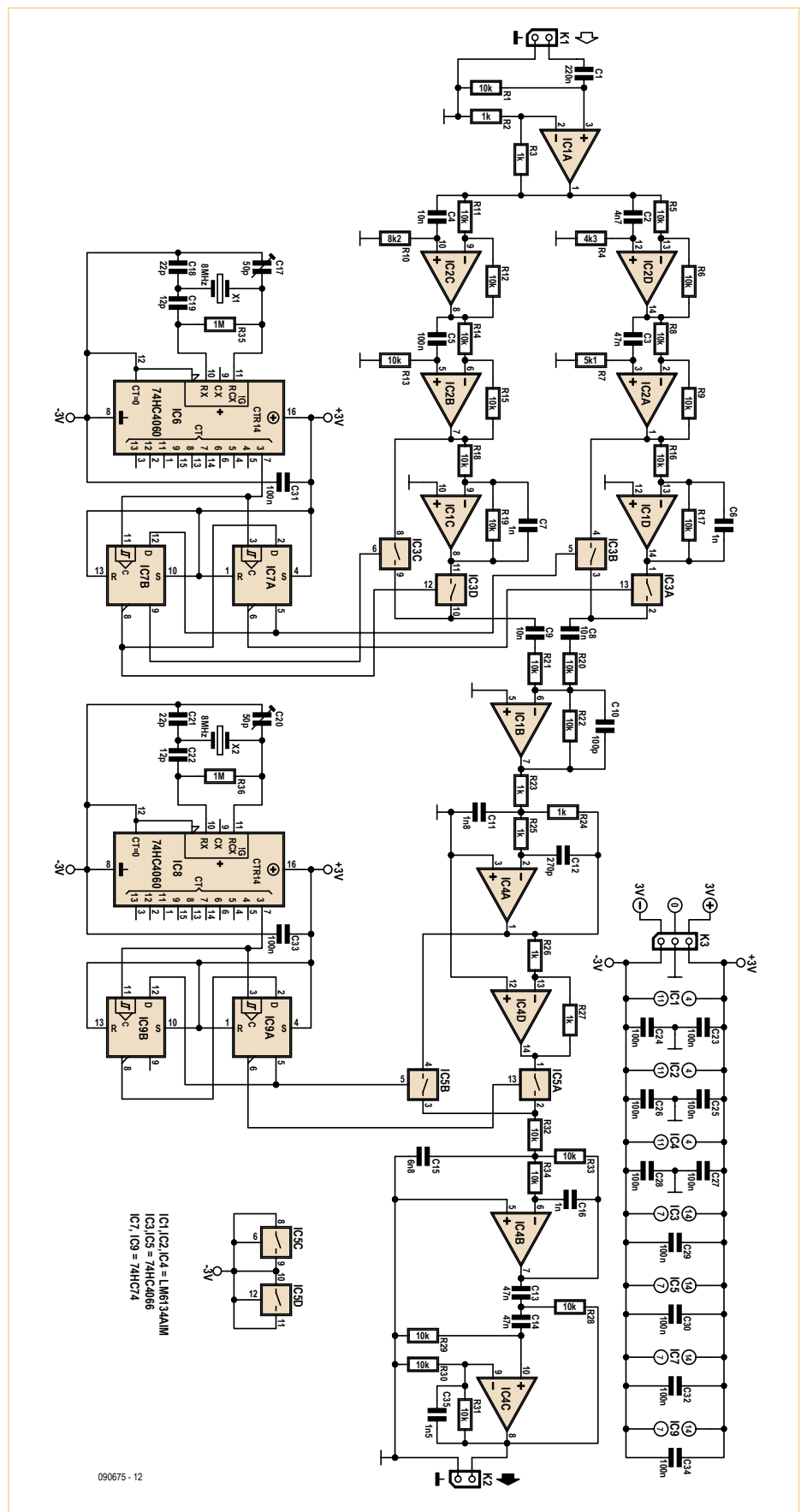
aufbereitet, dass zwei um 90° gegeneinander phasenverschobene Signale entstehen. Beide Signale werden mit Taktsignalen (Trägern) gemischt, wobei die Taktsignale ebenfalls 90° phasenverschoben sind. Anschließend werden die resultierenden Signale addiert. Auf diese Weise entsteht ein Signal, das gleich der Summe aus Eingangssignal und Träger ist.

Leider hat das beschriebene Verfahren einige Haken: Das gesteckte Ziel wird nur erreicht, wenn die Signale frequenzunabhängig um exakt 90° phasengedreht sind. Mit einem Allpass ist dies leider nicht zu machen. Hinzu kommt, dass die Träger eigentlich sinusförmig sein müssten, doch das Mischen mit Rechtecksignalen ist schaltungstechnisch wesentlich leichter realisierbar. Da Rechtecksignale aus Summen sinusförmiger Signale bestehen, lässt sich dieses Problem mit einem Tiefpass in der Weise beheben, dass nur das gewünschte Mischprodukt übrig bleibt.

Das Frequenzspektrum des Eingangssignals wird verschoben, indem das Summensignal mit einem Träger fast gleicher Frequenz gemischt wird. Nur ein bestimmtes Mischprodukt wird weiter verarbeitet, die übrigen Mischprodukte werden mit einem Filter ausgesiebt. Die resultierende Frequenzverschiebung hängt von der Frequenzdifferenz der Träger ab. Einen kurzen Abriss der mathematischen Zusammenhänge enthält der originale Beitrag vom Februar 1990.

Aus Alt wird Neu

Der neue Verstärker einschließlich Signalverarbeitung wird an Akkus oder Batterien betrieben, die Stromaufnahme muss



090675 - 12

Bild 1. Der Frequenz-Shift ist mit diversen Opamps und einigen ICs aus der 74HC-Familie aufgebaut.

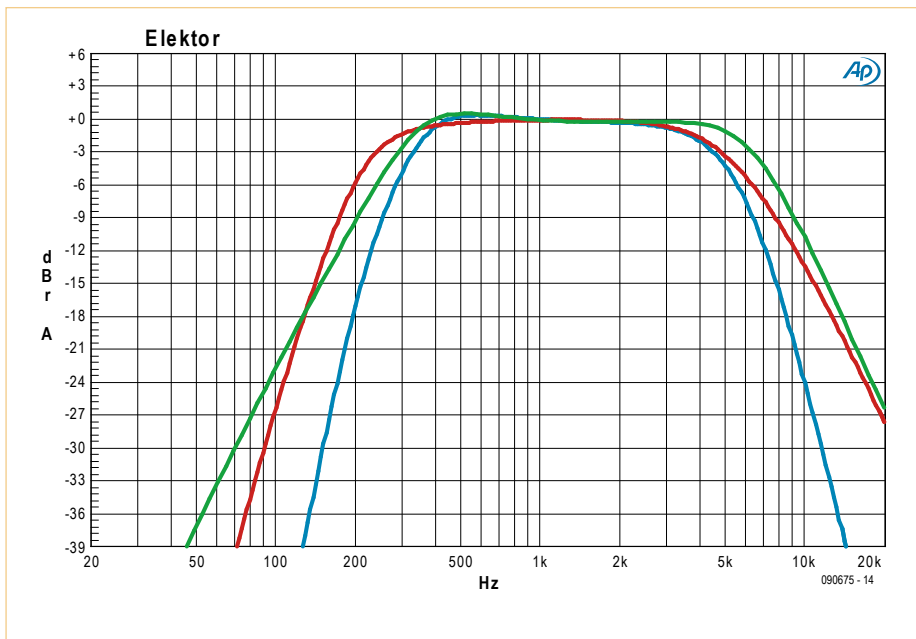


Bild 2. Frequenzgang des Frequenz-Shifters (grün), des Mikrofon- und Endverstärkers einschließlich Filter (rot) und des Gesamtsystems (blau).

deshalb möglichst niedrig sein. Dem wird bereits dadurch Rechnung getragen, dass die Anzahl der Allpässe halbiert ist, ein Vierfach-Opamp entfällt. Jetzt kommen Rail-to-Rail-Opamps von National Semiconductor zum Einsatz, die sich durch niedrigen Strombedarf (360 μ A) und hohe Bandbreite auszeichnen. Allein diese Maßnahme senkt die Stromaufnahme um 18 mA. Da die Betriebsspannung nur 6 V (vier 1,5-V-Zellen) statt ± 8 V beträgt, werden digitale Bausteine der schnelleren 74HC-Familie eingesetzt. Die Stromaufnahme der gesamten Schaltung beträgt im Ruhezustand statt 45 mA nur noch 15 mA. Wegen der 74HC-Bausteine sind Betriebsspannungen über 6 V nicht zulässig, auch wenn die Opamps Betriebsspannungen bis 24 V vertragen.

Auch die Dimensionierungen bestimmter Bauteile wurden geändert. Aus der Schaltung in **Bild 1** geht hervor, dass die Eingangsverstärkung mit IC1A auf 2 reduziert wurde. Die Allpässe sind mit den Opamps IC2A...IC2D aufgebaut. Der Frequenzbereich des Phasenschiebers reicht von 300 Hz bis 4 kHz (bei ± 2 % Abweichung), was für Sprachsignale völlig ausreicht.

Für die analogen Schalter wurde ein Typ von Texas Instruments gewählt, dessen Durchlasswiderstand extrem niedrig ist. Dadurch können die Widerstandswerte des als Addierer arbeitenden Opamp IC1B auf ein Zehntel herabgesetzt werden. Bessere Performance und niedrigeres Rauschen sind die Vor-

teile dieser Maßnahme. Kondensator C10 begrenzt die Bandbreite, so dass die beim Mischen entstehenden Harmonischen im Vorfeld reduziert werden. Dem Addierer ist ein Tiefpass nachgeschaltet, der die restlichen Harmonischen wirksam unterdrückt. Um das Rauschen zu minimieren, sind auch die Widerstände des anschließenden Inverters um eine Größenordnung reduziert. Auf den zweiten Mischer folgen zuerst der Tiefpass und dann der Hochpass, so dass der Hochpass die Harmonischen des zweiten Mixers nicht grundlos weiter geben muss.

Das Diagramm in **Bild 2** zeigt, dass die Eckfrequenz des Tiefpasses bei etwas mehr als 7 kHz liegt, während die Eckfrequenz des Hochpasses ungefähr 270 Hz beträgt. Kondensator C35 reduziert die Verstärkung höherfrequenter Signalanteile auf 1, zwischen 460 Hz und 4 kHz beträgt der Abfall 1,7 dB. Die Charakteristik ähnelt einem 1-dB-Chebyshev-Filter, die Eckfrequenz ist etwas schärfer ausgeprägt. Dadurch werden zwar die niedrigen Frequenzen etwas höher verstärkt, doch das wird durch die Filter des Mikrofon- und Endverstärkers mehr als ausgeglichen. Koppelkondensator C1 am Eingang hat praktisch keinen Einfluss auf den Frequenzgang, er verläuft innerhalb der 0,1-dB-Grenze nahezu gerade.

Die maximale Frequenzverschiebung lässt sich mit C17 und C20 auf ungefähr 30 Hz einstellen. Die Amplitudenmodulation, deren Frequenz gleich der Verschiebefre-

quenz ist, liegt bei 7,5 %. Hier wirken sich insbesondere die Bauteile-Toleranzen und die Vereinfachung der Allpässe aus. Die Durchgangsverstärkung beträgt bei kleinen Signalen ungefähr 2,7, bei größeren Signalen, zum Beispiel 100 mV, sinkt sie auf etwa 2,55. Die niedrigsten Verzerrungen, die wir gemessen haben, betrugen 0,23 % bei einem 10 mV großen Eingangssignal. Bei großen Eingangssignalen nehmen auch die Verzerrungen zu: Gemessen wurden 1 % bei 30 mV und 3,2 % bei 100 mV, beides bei einer Frequenzverschiebung $+13$ Hz.

Mikrofon- und Endverstärker

Damit die Mini-PA leicht und handlich bleibt, wird die Schaltung mit SMDs aufgebaut. Auf der Verstärkerplatine (**Bild 3**) haben der Mikrofonverstärker, der Hochpass und ein integrierter Klasse-D-Endverstärker einschließlich Tiefpass ihren Platz. Der Tiefpass ist mit der Eingangsstufe des Endverstärkers aufgebaut.

Ein angeschlossenes Elektret-Mikrofon wird über die Widerstände R1 und R2 mit Betriebsspannung versorgt. Bei ausschließlicher Einsatz dynamischer Mikrofone können R1, R2 und C1 entfallen.

Um den Mikrofonverstärker an symmetrischen ± 3 V betreiben zu können, ist der Batterie- oder Akkusatz in der Mitte angezapft. Kondensator C2 hält die Gleichspannung vom Verstärkereingang fern. Aufgebaut ist der Mikrofonverstärker mit dem Rail-to-rail-Opamp TS922ID (IC2) von Signetics-Thomson. Die Verstärkung lässt sich mit P1 im Bereich 1...21 an den Eingangspegel (Mikrofonempfindlichkeit) anpassen. Damit eignet sich das System beispielsweise auch als aktive Lautsprecherbox für MP3-Player, eventuell muss in diesem Fall R2 entfernt werden. Bei maximaler Verstärkung wird die Bandbreite durch C3 und C4 etwas reduziert.

Als Mikrofon ist ein Headset vorgesehen, das in Körpernähe des Benutzers getragen wird. Der Hochpass 3. Ordnung, der auf den Mikrofonverstärker folgt (seine Verstärkung ist 2), dämpft die hier typischen Störgeräusche niedriger Frequenz, um den relativ kleinen Lautsprecher nicht damit zu überlasten. Der Hochpass gehört dem Butterworth-Typ an, seine Eckfrequenz liegt bei 240 Hz.

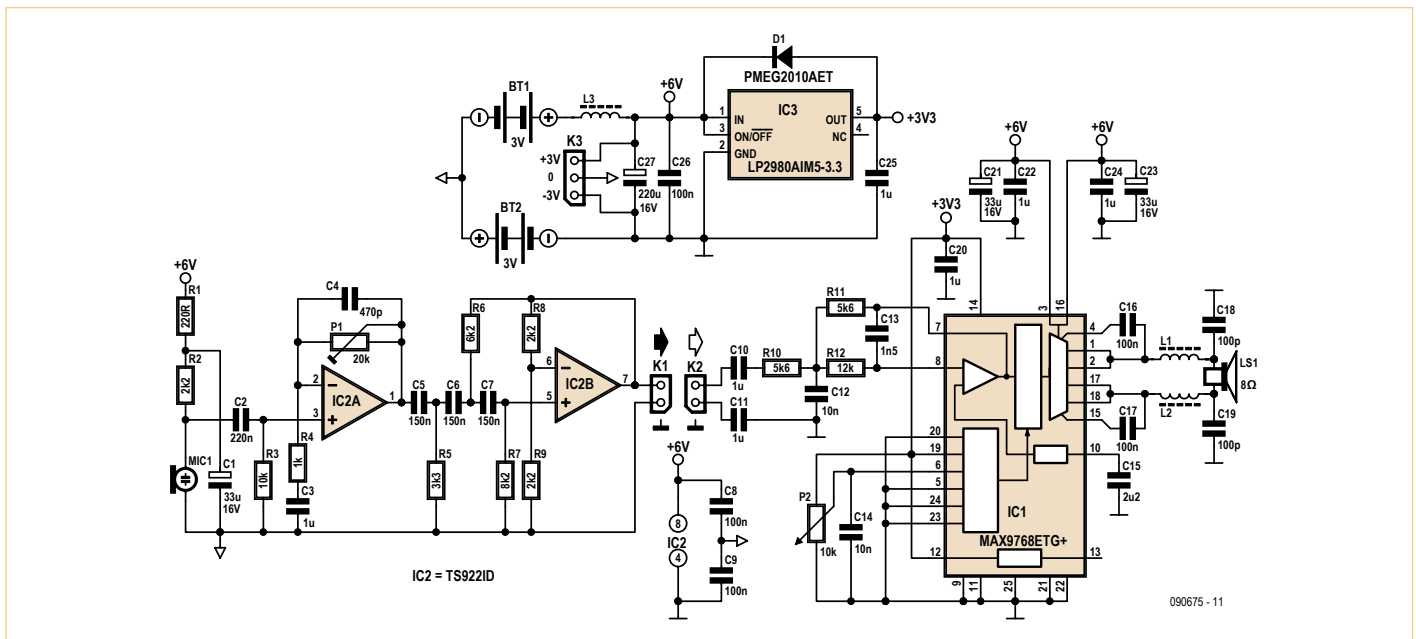


Bild 3. Die Platine für den Mikrofon- und Endverstärker ist auch ohne Frequenz-Shifter verwendbar. In diesem Fall muss K2 mit K1 verbunden werden.

Der Ausgang der Vorstufe liegt an Kontaktleiste K1, dort wird die Frequenz-Shifter-Platine angeschlossen. Auf der Platine befindet sich neben K1 der Eingang K2, der zum Endverstärker führt. Über einen einfachen Jumper kann der Mikrofonverstärker auch unmittelbar mit dem Endverstärker verbunden werden.

Die Masse des Mikrofonverstärkers liegt auf halber Betriebsspannung, während die Masse des Endverstärkers mit dem Minuspol der Betriebsspannungsquelle verbunden ist. Wegen der Spannungsdifferenz müssen die Massepotentiale für Gleichspannungen durch C11 getrennt werden.

Mit den von vier Mignon-Zellen gelieferten 6 V kann ein Brückenendverstärker 2 W an 8 Ω leisten. Wir haben nach einem integrierten Endverstärker Ausschau gehalten, der auch an 5 V noch zufriedenstellend arbeitet. Die Wahl fiel auf den äußerlich extrem kleinen Typ MAX9768ETG+ von Maxim. Dieser Klasse-D-Endverstärker ist in einem 4 $\times$ 4 mm kleinen TQFN-EP-Gehäuse untergebracht. Die Betriebsspannung der Leistungsstufe darf 4,5...14 V betragen. Trotz seiner winzigen Abmessungen ist das IC in der Lage, bei 14 V bis zu 10 W an 8 Ω zu leisten. Bei 6 V sinkt die Leistung auf 2 W an 8 Ω , an 4 Ω beträgt die Leistung bei dieser Spannung etwa das Doppelte. Die dank des hohen Wirkungsgrads der PWM-Endstufe relativ geringe Verlustwärme gibt das IC über einen *Exposed Pad* auf der Unterseite an die Kupferfläche der Platine ab.

Stromversorgung

Im Endverstärker-IC ist eine separate Vorstufe integriert, die mit niedriger Betriebsspannung (2,7...3,6 V) arbeitet. Diese Betriebsspannung macht einen eigenen 3,3-V-Spannungsregler erforderlich. Damit die Platine an hohen Betriebsspannungen arbeiten kann, muss der Spannungsregler hohen Eingangsspannungen gewachsen sein. Einer von wenigen geeigneten Typen ist der LP2980AIM5-3.3 von National Semiconductor. Er ist im SOT23-5-Gehäuse untergebracht, seine maximale Eingangsspannung beträgt 16 V. Trotzdem ist die maximale Betriebsspannung der Mikrofon- und Endverstärkerplatine auf 12 V begrenzt, der TS922ID verträgt keine höheren Spannungen. Schottky-Diode D1 schützt den Spannungsregler, falls seine Eingangsspannung kleiner als die Ausgangsspannung ist, beispielsweise bei Kurzschluss der Akkus oder Batterien.

Die Dropout-Spannung dieses Spannungsreglers liegt extrem niedrig, sie beträgt nur 60 mV bei 10 mA Ausgangsstrom. Das bedeutet, dass die gesamte Schaltung auch bei absinkender Betriebsspannung noch zuverlässig arbeitet. Sinkt die Betriebsspannung des Endverstärkers im MAX9768ETG+ (IC1) unter 4 V, schaltet die integrierte Unterspannungssicherung (*Undervoltage Lockout*) den Baustein ab. Über weitere bemerkenswerte Fähigkeiten wie die patentierte *Spread-Spectrum-Modulation* gibt das Datenblatt Auskunft.

Die Lautstärke wird hier mit einem Potentiometer (P2) eingestellt. Als Betriebsart wurden *Spread Spectrum* und *Filterless* gewählt. Wir haben uns die *Typical Application* im Datenblatt zum Vorbild genommen und unser Platinenlayout an die Platine des Entwickel-Kits angelehnt. Da die Lautsprecher-Anschlussleitungen unseres Systems weniger als 20 cm lang sind, kann das normalerweise notwendige passive Ausgangsfilter entfallen. In die Leitungen wurden lediglich kleine Ferrit-Drosseln (L1 und L2) eingefügt. Die Kondensatoren C18 und C19 ergänzen die Filterung hochfrequenter Signalkomponenten. Der Verlustwiderstand der verwendeten SMD-Drosseln (Bauform 0805) beträgt nur 50 m Ω , der maximale Strom liegt bei 2 A. Das entspricht dem maximalen Ausgangsstrom des MAX9768ETG+, bei diesem Wert liegt sein *Soft Output Current Limit*.

Die Leistungsstufen des MAX9768ETG+ haben zwei Zuleitungen für die Betriebsspannung. Beide Anschlüsse sind mit eigenen Elkos (C21 und C23) entkoppelt. Die ESR-Werte dieser Elkos des Herstellers Nichicon liegen besonders niedrig, die Elko-Ströme können bis zu 1,9 A betragen. Ein dritter Elko (C27) mit ebenfalls niedrigem ESR-Wert, durch den sogar Ströme bis 3,4 A fließen dürfen, liegt unmittelbar am Anschluss der Batterien oder Akkus. In die Plusleitung ist zusätzlich eine Drossel (L3) eingefügt. Die gehobene Elko-Qualität ist notwendig, damit dem Lautsprechersys-

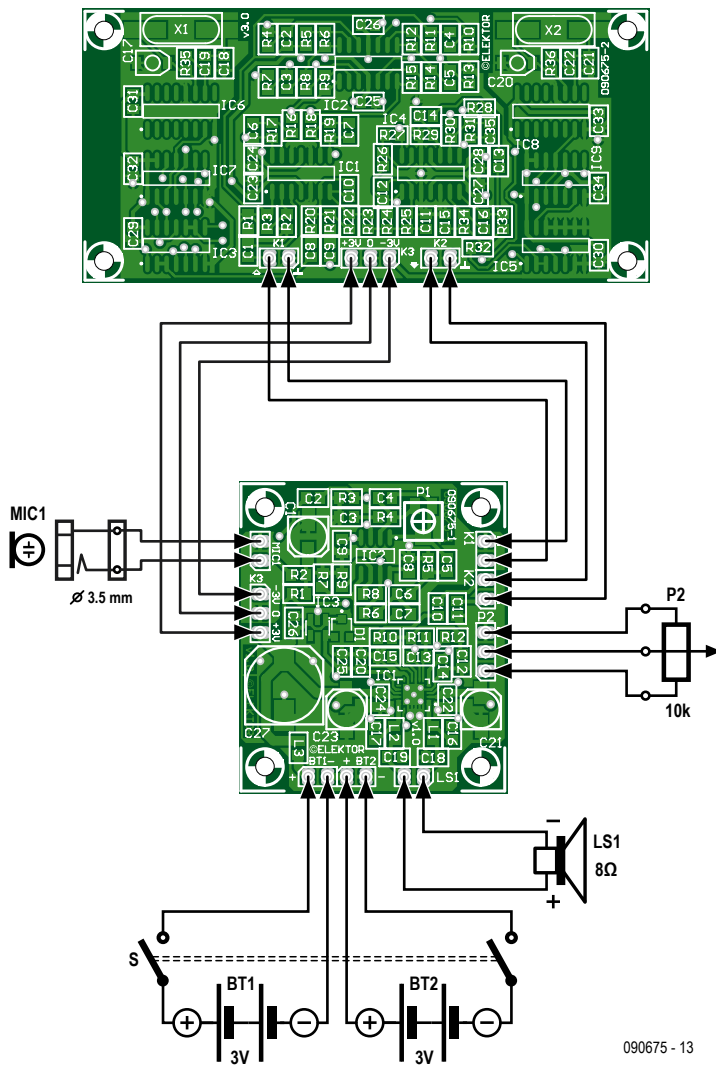


Bild 4. Das Anschlussschema zeigt, wie das System zusammengeschaltet werden muss.

tem eine lange Lebenserwartung beschieden ist. Für die hohe Schaltfrequenz von $300 \text{ kHz} \pm 7,5 \text{ kHz}$ sind durchschnittliche Elkos nicht geeignet.

Der Eingang der Lautstärke-Einstellung ist mit C14 entkoppelt. Die Anschlüsse für das Potentiometer sind zu einer Kontaktleiste geführt, so dass das Potentiometer an beliebiger Stelle in das Gehäuse eingebaut werden kann. Die Lautstärke lässt sich in 64 Stufen einstellen, der Einstellbereich umfasst ungefähr 100 dB. Die Lautstärke-Einstellung des MAX9768ETG+ verstärkt das Signal um bis zu 9,5 dB (siehe Tabelle 6 des Datenblatts), die Verstärkung der Ausgangsstufe beträgt 20 dB, so dass die maximale Gesamtverstärkung bei rund 30 dB liegt.

Die Vorstufe des MAX9768ETG+ kann das Signal zusätzlich verstärken. Die Verstärkung lässt sich wie bei einem invertierenden Opamp mit zwei Widerständen einstellen. Wir haben hier die Vorstufe genutzt, um einen zweiten Tiefpass aufzubauen, ohne einen weiteren Opamp hinzufügen zu müssen. Über den invertierenden Eingang lässt sich ein Multifeedback-Filter 2. Ordnung realisieren.

Damit das Signal innerhalb der gewünschten Bandbreite möglichst linear verstärkt wird, wurde der Tiefpass als Butterworth-Filter 2. Ordnung aufgebaut. Die Eckfrequenz dieses Tiefpasses liegt bei 5 kHz, die Verstärkung ist -1. Höhere Verstärkungen sind eventuell mit einer Rückkopplung über die Betriebsspannung erreichbar.

Aufbau

Das für das Labormuster verwendete Gehäuse hat die Maße $32 \cdot 100 \cdot 162 \text{ mm}$. Der verfügbare Raum ist mit dem Lautsprecher, dem Batteriehalter und den beiden Platinen voll ausgefüllt. An einer Seite befinden sich die 3,5-mm-Klinkenbuchse, das Potentiometer P2 und ein zweipoliger Schalter. Der Lautsprecher, den wir für den Musteraufbau zur Hand hatten, war für den Einbau zu tief. Wir haben ihn von außen montiert.

Die Platine des Mikrofon- und Endverstärkers ist so an der Seitenwand angebracht, dass die Anschlüsse (Mikrofon, Poti P2 und Schalter) leicht zugänglich sind. Wenn der verfügbare Raum wie vorgesehen genutzt wird, berührt die Lautsprecher-Rückseite die Frequenz-Shifter-Platine noch nicht. Zur Befestigung am Gürtel des Trägers dient ein flacher Haken, angefertigt aus Alublech ($20 \cdot 50 \text{ mm}$). Der Haken ist auf der Rückseite in Höhe des Lautsprechers angeschraubt.

Alle Anschlüsse sind auf Kontaktleisten geführt, so dass die Verbindungen zum Testen über passende Stecker hergestellt werden können. Nach dem Einbau können die Leitungen natürlich auch angelötet werden. Leitungspaare werden verdreht, dreifache Leitungen werden einzeln verflochten, was die Störeinflüsse reduziert. Der Querschnitt der Lautsprecherleitungen darf nicht zu knapp bemessen sein. Aus dem Anschlussschema in **Bild 4** geht hervor, wie die Komponenten miteinander verbunden werden müssen.

Die Wahl des Gehäuses und des Lautsprechers ist natürlich frei. Wichtig ist der Wirkungsgrad des Lautsprechers. Bei dem von uns gewählten Typ beträgt er laut Herstellerangaben 88 dB/W. Viele Lautsprecher mit gleichen Abmessungen haben wesentlich niedrigere Wirkungsgrade. An solchen Lautsprechern kann die Endstufe nicht effizient arbeiten. Es fehlt an Leistung, oder es sind höhere Betriebsspannungen aus zusätzlichen Batterien oder Akkus notwendig. Achtung: Die Frequenz-Shifter-Platine ist für 6 V ausgelegt. Wenn die Anzahl der Batterien oder Akkus erhöht wird, ist der Einbau zusätzlicher Spannungsregler zwingend notwendig.

Stückliste Frequenz-Shifter

Widerstände: (0805)

R1,R5,R6,R8,R9,R11...R22,R28...R34 = 10 k, 1 %, 125 mW SMD
 R2,R3,R23...R27 = 1 k, 1 %, 125 mW SMD
 R10 = 8k2, 1 %, 125 mW, SMD
 R4 = 4k3, 1 %, 250 mW, SMD
 R7 = 5k1, 1 %, 250 mW, SMD
 R35,R36 = 1 M, 1 %, 125 mW, SMD

Kondensatoren: (0805, außer C17, C20)

C1 = 220 n / 25 V, 10 %, X7R, SMD
 C2 = 4n7 / 50 V, 10 %, X7R, SMD
 C3,C13,C14 = 47n / 50 V, 10 %, X7R, SMD
 C4,C8,C9 = 10 n / 50 V, 10 %, X7R, SMD
 C5,C23...C34 = 100 n / 50 V, 10 %, X7R, SMD
 C6,C7,C16 = 1 n / 50 V, 10 %, X7R, SMD
 C11 = 1n8 / 50 V, 10 %, NP0, SMD
 C12 = 270 p / 50 V, 5 %, NP0, SMD
 C15 = 6n8 / 50 V, 10 %, X7R, SMD

C10 = 100 p / 50 V, 5 %, NP0, SMD
 C17,C20 = 50 p / 25 V, SMD Trimmer, AVX
 CTZ3E-50C-W1-PF
 C18,C21 = 22 p / 50 V, 5 %, NP0, SMD
 C19,C22 = 12 p / 50 V, 5 %, NP0, SMD
 C35 = 1n5 / 50 V, 10 %, X7R, SMD

Halbleiter:

IC1,IC2,IC4 = LM6134AIM SMD (SO-14)
 IC3,IC5 = 74HC4066 SMD (SO-14)
 IC6,IC8 = 74HC4060 SMD (SO-16)
 IC7,IC9 = 74HC74 SMD (SO-14)

Außerdem:

X1,X2 = Quarz 8 MHz, SMD, AVX

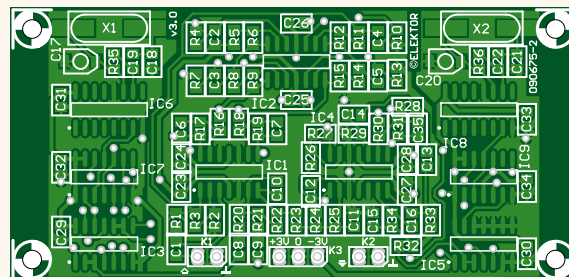
CX49GFWB08000H0PESZZ

K1,K2 = Stiftleiste 2-polig, abgewinkelt (SIL)

K3 = Stiftleiste 3-polig, abgewinkelt (SIL)

Platine 090675-2,

siehe www.elektor.de/090675



Betrieb

In der Praxis ist das Verhindern der akustischen Rückkopplung durch den Frequenz-Shifter die wichtigste Funktion. Der Frequenz-Shifter wird bei seiner Aufgabe durch ein geeignetes Headset unterstützt. Das Mikrofon soll keine Rundum-Charakteristik haben, es soll möglichst dicht vor dem Mund getragen werden. Von dem Schall, den der Lautsprecher abstrahlt, soll das Mikrofon möglichst wenig empfangen. Wir empfehlen, den Frequenz-Shifter auf eine positive Frequenzverschiebung einzustellen. Das Optimum ist nach einigen Ver-

suchen schnell gefunden. Wenn ein genauer Frequenzmesser verfügbar ist, kann die Differenzfrequenz an den Ausgängen der D-Flipflops IC7 und IC9 gemessen werden. Eine Frequenzverschiebung um 13 Hz scheint ein guter Kompromiss zwischen Roboter-Stimme und vollständiger Feedback-Unterdrückung zu sein. Da die Verstärkung mit höheren Frequenzen leicht sinkt, wird die Rückkopplungsneigung in diesem Bereich etwas stärker gedämpft. Bei negativen Frequenzverschiebungen tritt das Feedback etwas früher ein. Zu hohe Lautstärken haben keinen kontinuierlichen Pfeifton

zu Folge, sondern der Ton wird periodisch verschoben.

Wenn das System beispielsweise für einen MP3-Player als aktiver Lautsprecher dienen soll, wird der Frequenz-Shifter natürlich nicht benötigt. Ohne Frequenz-Shifter sinkt die Stromaufnahme im Ruhezustand auf rund die Hälfte.

(090675)gd

Weblinks

[1] www.elektor.de/elektorlive2009

[2] www.elektor.de/090675

Stückliste Mikrofon- und Endverstärker

Widerstände: (0805, außer P1, P2)

R1 = 220 Ω , 1 %, 125 mW SMD
 R2,R8,R9 = 2k2, 1 %, 125 mW SMD
 R3 = 10 k, 1 %, 125 mW SMD
 R4 = 1 k, 1 %, 125 mW SMD
 R5 = 3k3, 1 %, 125 mW SMD
 R6 = 6k2, 1 %, 250 mW SMD
 R7 = 8k2, 1 %, 125 mW SMD
 R10,R11 = 5k6, 1 %, 125 mW SMD
 R12 = 12 k, 1 %, 125 mW SMD
 P1 = 20 k, 20 %, 250 mW SMD, Vishay Sfernice TS53YJ203MR10
 P2 = 10 k, 20 %, 250 mW, SMD, Bourns 3310Y-001-103L

Kondensatoren:

(0805, außer C1, C21, C23, C27)
 C1,C21,C23 = 33 μ / 16 V, 20 %, SMD (Chiptyp 5 · 6 mm)
 C2 = 220 n / 50 V, 10 %, X7R, SMD
 C3,C10,C11,C20,C22,C24,C25 = 1 μ / 16 V, 10 %, X7R, SMD
 C4 = 470 p / 50 V, 5 %, NP0, SMD
 C5,C6,C7 = 150 n / 50 V, 10 %, SMD
 C8,C9,C16,C17,C26 = 100 n / 50 V, 10 %, X7R,

SMD

C12,C14 = 10 n / 50 V, 10 %, X7R, SMD
 C13 = 1n5 / 50 V, 10 %, X7R, SMD
 C15 = 2 μ 2 / 50 V, 10 %, X7R, SMD
 C18,C19 = 100 p / 50 V, 5 %, NP0, SMD
 C27 = 220 μ / 16 V, 20 %, SMD (Chiptyp 10 · 10 mm)

Induktivitäten: (0805)

L1,L2 = 220 Ω bei 100 MHz, 50 m Ω , 2 A, SMD, Murata BLM21PG221SN1D
 L3 = 60 Ω bei 100 MHz, 25 m Ω , 3 A, SMD, Murata BLM21PG600SN1D

Halbleiter:

D1 = Schottky-Diode 1 A / 20 V, SMD, PMEG2010AET (SOT-23)
 IC1 = MAX9768ETG+ (TQFN-EP)
 IC2 = TS922ID (SO-8)
 IC3 = LP2980AIM5-3.3 (MA05B)

Außerdem:

K1,K2,MIC1 = Stiftleiste 3 · 2-polig, abgewinkelt (SIL)
 K3,P2 = Stiftleiste 2 · 3-polig, abgewinkelt (SIL)

LS1,BT1,BT2 = Stiftleiste 3 · 2-polig (SIL)

2 Batteriehälter für 2 Mignon-Zellen (AA)

Lautsprecher 2 W/8 Ω , z.B. Eurotec International 59-F67.00-01FR

Gehäuse 165 · 100 · 32 mm, z.B. MULTICOMP

MCRH3165, Farnell 1520395

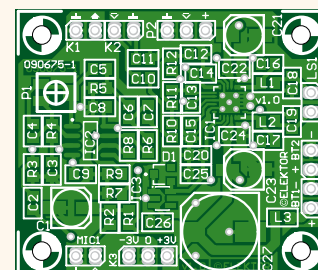
Schalter 2 A zweipolig, DPDT

Klinkenbuchse 3,5 mm Stereo, für

Gehäusemontage

Platine 090675-1,

siehe www.elektor.de/090675



Blindleistung beleuchtet...

Power Factor bei Lampen messen

Von Ton Giesberts (Elektor Labor) & Clemens Valens (Elektor Frankreich)

Wenn die Last eines Netzteils nicht nur rein „ohmsch“ ausfällt, sondern auch induktiv oder nichtlinear ist, folgt der Stromfluss nicht direkt und proportional der angelegten Spannung. Meist hat man es mit einer Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom zu tun. In diesem Fall muss dann mehr Leistung bereit stehen, als in Form von Wirkleistung vom Netzteil und der versorgten Elektronik aufgenommen wird. Das Verhältnis von Wirkleistung zu Scheinleistung ist der Leistungsfaktor λ , Englisch „power factor“. Und wenn λ klein ist, fangen die Probleme an.

Vorweg: Ein niedriger Leistungsfaktor ist nur für die Versorgungsunternehmen ein Problem, nicht für den privaten Kunden. Otto Normalverbraucher bezahlt lediglich den Realanteil der elektrischen Energie, die er verbraucht. Energieversorger hingegen müssen sicherstellen, dass sie den gesamten nachgefragten Bedarf decken können. Und da die Scheinleistung größer als die Wirkleistung ausfällt, müssen Kraftwerke und Netz überdimensioniert sein, was Geld kostet und den Wirkungsgrad verschlechtert. Nichtlineare Lasten stören potentiell auch andere Geräte. Demnach ist nur eine 1 eine gute Zahl für den Power-Factor, denn dann gibt es keine Blindleistung.

Anders als private müssen industrielle Kunden mit hohem Energiebedarf auch für Blindarbeit bezahlen. Von daher ist es hier üblich, spezielle Anlagen zur Kompensation von Blindleistung zu installieren. Diese Maßnahme nennt man im Englischen PFC (Power Factor Correction) - ein Kürzel, was auch auf modernen PC-Netzteilen zu finden ist. Der europäische Standard IEC 61000-3-2^[1] regelt detailliert die Anforderungen an Consumer-Geräte, die mit Anschlusswerten von bis zu 16 A pro Phase mit dem Netz verbunden sind. **Tabelle 1** zeigt die Unterteilung in die vier Klassen A bis D, wovon vor allem die letzten beiden alltagsrelevant sind.

Lineare und nichtlineare Lasten

Glühlampen kommen dem Ideal einer rein ohmschen Last schon ziemlich nahe, aber bei einer Vielzahl anderer Verbraucher handelt es sich um komplexe Impedanzen. Bei Motoren zum Beispiel hat man es mit einer typischen induktiven Last zu tun. Hier eilt der Strom der Spannung hinterher. Der Winkel der Phasenverschiebung (klein Φ) im Zeigerdiagramm korrespondiert mit dem Power-Factor. Bei perfekten Sinuswellen von Strom und Spannung entspricht der Power-Factor exakt dem Cosinus von Φ (**Bild 1** zeigt die Zusammenhänge). Darum wird häufig der Leistungsfaktor synonym zu $\cos \Phi$ verwendet, was natürlich nicht ganz korrekt ist. Aber wenn Strom und Spannung sinusförmig sind und die Gleichsetzung stimmt, dann kann man die Blindleistung induktiver Lasten gut mit parallel geschalteten Kondensatoren kompensieren. Doch je moderner die Zeiten, desto anspruchsvoller werden die Lasten, weshalb man es

heute vielfach mit Nichtlinearitäten zu tun hat. Schon wenn ein harmloser Gleichrichter ins Spiel kommt, wird es nichtlinear. Bei Schaltnetzteilen, die nicht nur in PCs, sondern in fast allen modernen elektronischen Geräten und in Energiesparlampen vorkommen, ist die Stromaufnahme ebenfalls nicht linear. Die Nichtlinearitäten produzieren harmonische Oberwellen und diese werden problematisch, wenn zur PFC Kondensatoren verbaut sind. Dann nämlich können in ungünstigen Fällen Resonanzen entstehen, die zu Überspannungen oder auch zu höheren Verlusten führen und Bauteile gefährden.

Eine so genannte „passive“ PFC nutzt Filter, die bei entsprechenden Leistungen durchaus voluminös (und teuer) ausfallen können. Von daher gibt es auch „aktive“ Ansätze der PFC, die zusätzliche aktive Bauteile so einsetzt, dass die gesamte Last einen mehr ohmschen Charakter bekommt.

Leistungsfaktor messen

Hierzu muss man die Wirkleistung mit einem Wattmeter und zusätzlich den fließenden Effektivstrom I_{eff} und den Effektivwert der Spannung V_{eff} messen. Das Produkt $I_{\text{eff}} \times V_{\text{eff}}$ ist die Scheinleistung und der Power-Factor ist der Quotient aus Wirk- und Scheinleistung. Im Elektor-Labor wurden etliche Messungen an Geräten der Klasse C (Beleuchtung) nach der Prinzipschaltung von **Bild 2** vorgenommen. Zur Netztrennung wurde ein Stell-Trenntrafo eingesetzt und die Spannungen wurden mit einem Oszilloskop gemessen, das mit einer spannungsfesten, abschwächenden Prüfspitze (100:1) ausgestattet war. Der 10- Ω -Widerstand war mit 5 W belastbar. Ohne eine solche Ausstattung sollte man derartige Messungen nicht durchführen, denn **jeder Fehler kann tödlich sein!**

Das verwendete Oszilloskop 9410 von LeCroy erlaubte außerdem die Darstellung der Spektren der registrierten Kanäle in Echtzeit. Speziell beim Strom sind die Spektren interessant, da man die Oberwellen als Maß für die Nichtlinearität betrachten kann. Zusätzlich wurde I_{eff} mit einem „True RMS“-Multimeter vom Typ Fluke 187 erfasst.



Messresultate

Zur Demonstration der Auswirkungen des Power-Factors wurde zu Vergleichszwecken zunächst eine gewöhnliche 100-W-Glühlampe gemessen. Als nahezu ideale ohmsche Last sollte der PF (Power-Factor) nahezu 1 sein. **Bild 3** zeigt die Ergebnisse: Der Strom ist geradezu perfekt in Phase mit der Spannung und die Kurvenform ist identisch. Von daher gilt: $PF = 1$. Im Spektrum zeigen sich interessanterweise zwei winzige Peaks bei der 3. und 7. Harmonischen. Grund hierfür ist, dass die Netzspannung nicht perfekt sinusförmig, sondern leicht verzerrt ist. Der Strom ist das folglich auch.

Der nächste Kandidat war eine 36-W-Leuchtstofflampe vom Typ TL-D von Philips. In **Bild 4** sieht man die Phasenverschiebung des Stroms. Außerdem weicht die Kurvenform des Stroms von der Spannung ab. Bei den Nulldurchgängen kann man kleine Störungen sehen. Im Spektrum ist dann auch eine deutliche 3. und eine winzige 5. Oberwelle zu erkennen. Da die Abweichung der Kurvenform recht gering ausfällt, könnte man eine PFC leicht mit einem passenden Parallelkondensator realisieren (was hier nicht erfolgte). Wenn man die Verzerrungen ignoriert, wird hier ein PF von etwa 0,5 erreicht, da der Strom der Spannung um etwa 60° nacheilt und $\cos(60^\circ) = 0,5$.

Bei einer als „Energiesparlampe“ gehandelten CFL (Compact Fluorescent Lamp) wird die Sache schon spannender. Drei verschiedene Modelle wurden untersucht, darunter zwei neuere Exemplare (Philips PLE-C PRO und eines von Ikea mit unbekanntem Hersteller) mit je 11 W sowie eine einige Jahre alte aber voll funktionsfähige 20-W-Lampe des Typs 10112 von Isotronic. Die **Bilder 5 bis 7** zeigen ungewöhnliche, aber ziemlich ähnliche Kurven. Man kann also davon ausgehen, dass diese Kurvenformen typisch für Energiesparlampen sind.

Es ist nicht ganz trivial, bei diesen Kurven den PF bestimmen zu wollen. Ohne Spektren geht das kaum. Der Trick ist, zunächst den Effektivwert der in Phase befindlichen Grundwelle des Stroms zu erfassen und dann dessen Teil am gesamten Effektivstrom I_{eff} zu berechnen. Für das Modell Philips PLE-C beträgt die Amplitude der Grundwelle 700 mV über $10\ \Omega$. Die Phasendifferenz zur Spannung beträgt 20° . Der phasengleiche Strom der Grundwelle beträgt daher $700\text{ mV} / 10\ \Omega \times \cos(20^\circ) = 66\text{ mA}$. Der Effektivwert davon ist $66\text{ mA} / \sqrt{2} = 47\text{ mA}$. I_{eff} dieser Lampe beträgt gemessene 67 mA, was einen PF von $47\text{ mA} / 67\text{ mA} = 0,7$ ergibt. Mit diesem Verfahren erhält man einen PF von 0,73 für die Lampe von Ikea und von immerhin 0,76 für die alte Isotronic-Röhre.

Bei LED-Lampen muss man sich nicht mehr sehr umstellen. LED-Lampen konnten in letzter Zeit zwar deutlich ihren Marktanteil steigern, doch in absoluten

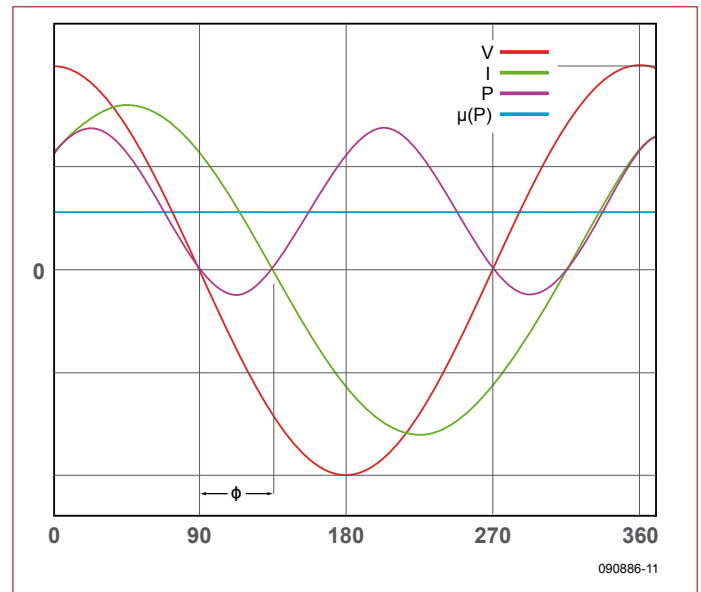


Bild 1. Das Verhältnis von Spannung, Strom und Leistung bei der Phasenverschiebung ϕ . $\mu(P)$ ist die durchschnittliche Leistung. (Quelle: Wikipedia)

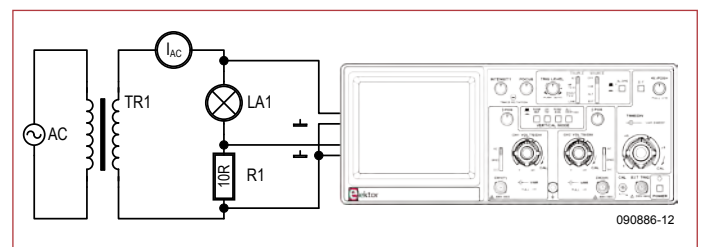


Bild 2. Experimenteller Messaufbau zur Bestimmung des Power-Factors.

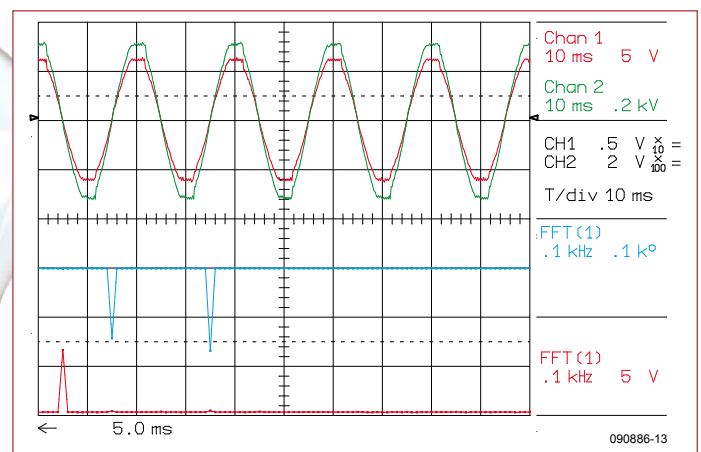


Bild 3. Die Kurven einer 100-W-Glühlampe. Der Strom dieser 230-V-Ausführung betrug $440\text{ mA}_{\text{eff}}$.

POWER FACTOR CORRECTION

Tabelle 1. Geräte-Klassifikation	
Klasse	Beschreibung
A	Symmetrische dreiphasige Geräte; Haushaltsgeräte außer Geräte der Klasse D; Werkzeuge außer portable Werkzeuge; Dimmer für Glühlampen; Audio-Geräte. Geräte, die nicht in eine der Klassen B bis D fallen, werden der Klasse A zugeordnet.
B	Portable Werkzeuge, nicht-professionelle Lichtbogen-Schweißgeräte. (Professionelle Ausrüstung fällt nicht in den Consumer-Bereich.)
C	Beleuchtung
D	Geräte mit einer Nennleistung von ≤ 600 W der folgenden Typen: Personal Computer und Computer-Monitore; Fernsehgeräte.

Quelle: IEC 61000-3-2

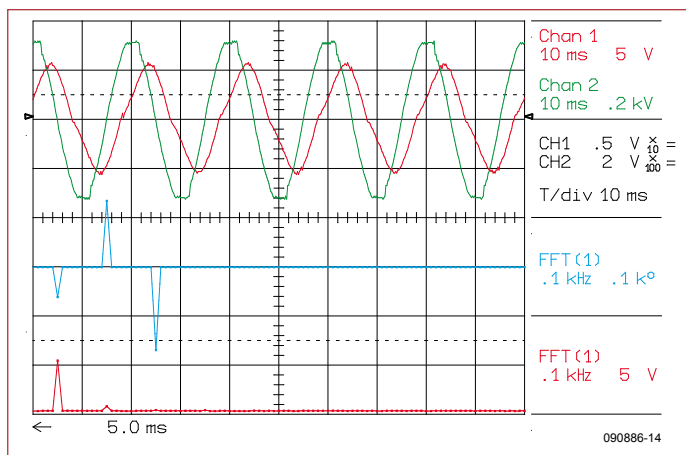


Bild 4. Die 36-W-Leuchtstofflampe zeigte induktives Lastverhalten; $\cos(\phi) = 0,5$. $I_{\text{eff}} = 352$ mA.

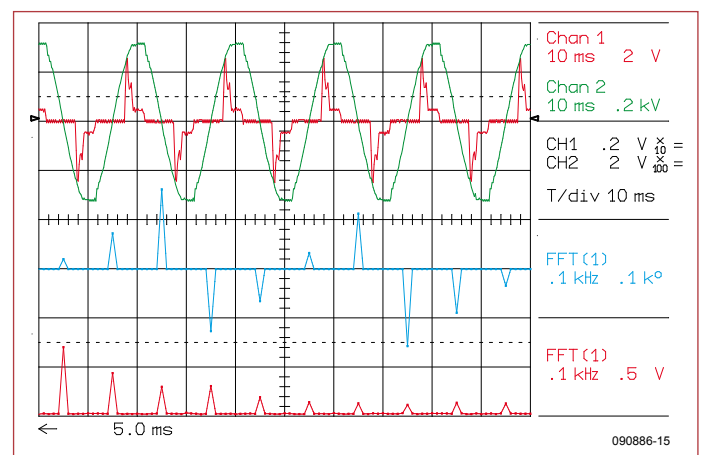


Bild 5. Eine 11-W-Energiesparlampe von Philips. $I_{\text{eff}} = 67$ mA.

Zahlen ist ihr Anteil noch recht gering. Die Kurven **Bilder 8 und 9** geben einen Eindruck der Verhältnisse von zwei LED-Lampen, die im Elektor-Labor gerade greifbar waren. Es handelt sich um eine einfar-

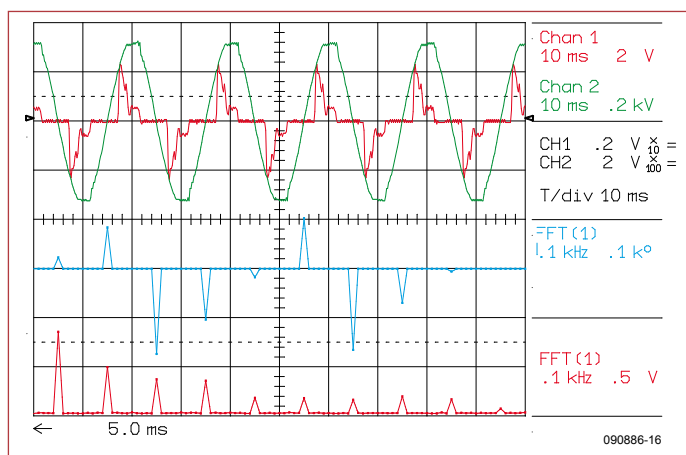


Bild 6. Wie Bild 5, aber mit einer Lampe von Ikea. $I_{\text{eff}} = 76$ mA.

bige LED-Lampe und eine zweite, bei der sich die Farben individuell einstellen lassen. Der Herstellerdruck lautete bei beiden „Made in China“. Die Stromkurven sind sehr diskontinuierlich und bestehen im Wesentlichen aus Nadelimpulsen, was ein ziemlich breites Spektrum zur Folge hat. Die PF-Werte errechnen sich zu $20 \text{ mA}/34 \text{ mA} = 0,59$ für die einfarbige und $12 \text{ mA}/28 \text{ mA} = 0,43$ für die RGB-LED-Lampe.

IEC-konform?

Der Standard IEC 61000-3-2 teilt die Klasse C in zwei Sub-Klassen mit dem Schwellwert der Leistungsaufnahme von 25 W ein. Für beide Sub-Klassen sind in **Tabelle 2** spektrale Grenzwerte für Oberwellen festgelegt. Die drei Energiespar- und die beiden LED-Lampen weisen alle zahlreiche Oberwellen auf, deren Intensitäten nicht unbedingt den Grenzwerten in der dritten Spalte von Tabelle 2 entsprechen. Sind sie deshalb in Europa illegal? Nicht wirklich, denn da gibt es noch eine zweite Bedingung für die Lampen kleiner Leistung in Spalte 4, nicht ganz einfach zu verstehen ist. Hier werden

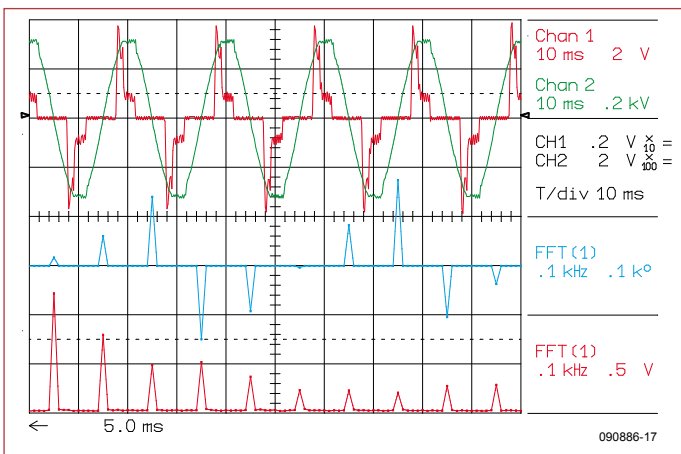
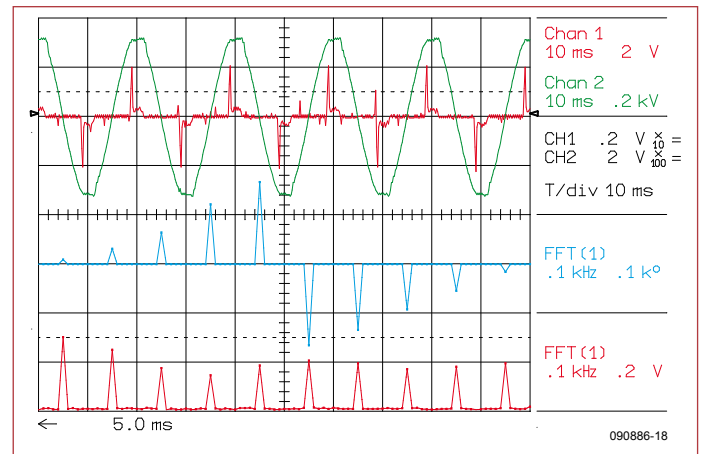


die

Tabelle 2. Grenzwert für Gerät der Klasse C

Maximaler erlaubter Strom harmonischer Oberwellen			
Oberwelle	Nennleistung > 25 W		Nennleistung ≤ 25 W
n	% des Stroms der Grundwelle	mA/W	Die Ströme der 3. und 5. Oberwelle, ausgedrückt als Prozentsatz des Stroms der Grundwelle, soll nicht über 86% und 61% betragen; außerdem sollte der Strom bei Winkeln ≤ 60° anfangen und sein letzter Peak (bei mehreren Peaks pro Halbwelle) soll bei Winkeln ≤ 65° auftreten und nicht vor 90° aufhören. Vorausgesetzt ist der Nulldurchgang der Versorgungsspannung bei 0°.
2	2	-	
3	30 λ	3,4	
5	10	1,9	
7	7	1,0	
9	5	0,5	
11	3	0,35	
13 ≤ n ≤ 39 (ungerade Oberwellen)	3	3,85/n	

Quelle: IEC 61000-3-2

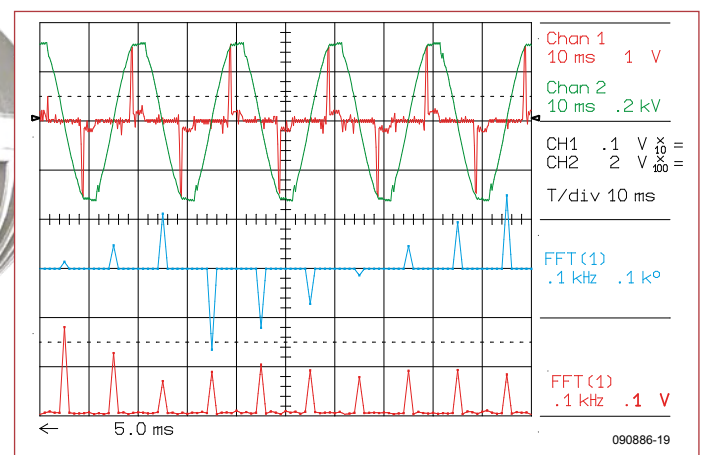
Bild 7. Ähnlich wie die Bilder 5 und 6; Daten einer älteren 20-W-Lampe von Isotronic. $I_{\text{eff}} = 107 \text{ mA}$.Bild 8. Diese preiswerte einfarbige LED-Lampe hat ein fast flaches breites Spektrum und ist dennoch konform zu IEC 61000-3-2. $I_{\text{eff}} = 34 \text{ mA}$.

lediglich die 3. und die 5. Oberwelle explizit erwähnt und diesen dann sehr viel höhere Anteile erlaubt. Dank dieser Klausel sind also alle unsere hier gemessenen Lampen konform mit dem Standard. Man kann über die Herkunft dieser merkwürdigen Klausel nur spekulieren (EU...), denn sie führt die Spalte 3 ad absurdum.

Auch wenn unsere Messanordnung nicht genau den Vorgaben von IEC 61000-3-2 folgt und weder unsere Messgeräte kalibriert waren noch die Spannungsquelle voll sinusförmig war, ergaben sich doch einige interessante Aspekte, die auch mit Präzisionsmessungen nicht viel anders ausgefallen wären. Sollte man sich jetzt Sorgen wegen der eher schlechten PF-Werte von Nicht-Glühlampen machen? Unserer Einschätzung nach kaum, denn ihr Einfluss auf den PF des gesamten Haushalts ist relativ gering. Trotzdem werden sie mit ihren Nichtlinearitäten das Netz HF-mäßig „verschmutzen“...



(090866-I)

[1] IEC 61000-3-2 2005-11 (Dritte Ausgabe). www.iec.chBild 9. Das Spektrum der RGB-LED-Lampe ist auch nicht schöner als das der einfarbigen LED-Leuchte von Bild 8. $I_{\text{eff}} = 28 \text{ mA}$.

Power-Loader

Vom preiswerten Schaltnetzteil zum Ladegerät

Von Uwe Hofmann, Günter Gerold und Dr. Thomas Scherer (D)

Das Elektor-Forum provoziert Kreativität: Drei ElektorWheelie-Fans haben ein vollautomatisches Schnell-Ladegerät für das selbst balancierende Elektrogefährt konzipiert. Der Lader, der sich auch an viele andere Akkus anpassen lässt, wurde auf Basis eines preiswerten Industrie-Schaltnetzteils entwickelt. Das hält den Nachbauraufwand und die Kosten schön niedrig!

Im Septemberheft 2009 wurde ein Komplett-Bausatz für den ElektorWheelie [1] beschrieben, ein einachsiges, selbst balancierendes E-Fahrzeug. Das dazu gehörende Elektor-Unterforum [2] enthält mittlerweile weit

über tausend Postings. In diesem Forum haben sich auch unsere drei Autoren kennen gelernt – alle hatten den gemeinsamen Wunsch, die beiden Wheelie-Akkus schnell und mit gutem Wirkungsgrad zu laden. Eine

der diskutierten Optionen [3] war eine simple Modifikation eines vorliegenden, preiswerten 12-V-60-W-Industrie-Schaltnetzteils (Bild 1). Dieses musste aber zuerst einmal analysiert werden, denn ein schnelllade-

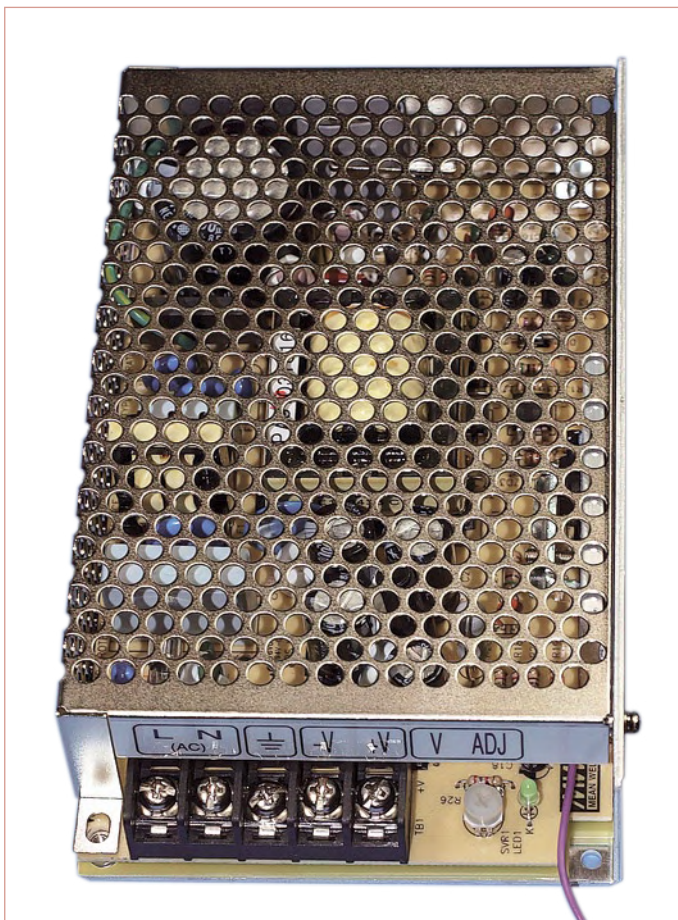


Bild 1. Das eingesetzte Schaltnetzteil. Unglaublich, wie viel Elektronik man für unter 20 € kaufen kann.



Bild 2. Die Ausgangsspannung des Schaltnetzteils bestimmt ein integrierter Parallelregler vom Typ TL431 (SHR1).

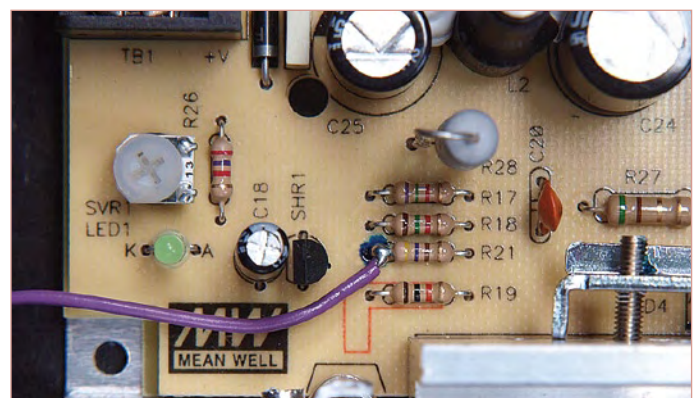


Bild 2a. Um die Ausgangsspannung des Schaltnetzteils von außen zu manipulieren, wurde an den linken Anschluss von R21 ein Stück Litze angelötet.

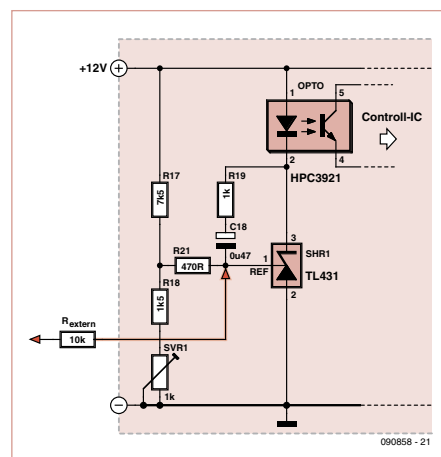


Bild 3. Und so sieht das Ganze im Schaltplan aus.

Eigenschaften

- für schnellladefähige 12-V-Bleiakkus
- Schnellladung in 3,5 Stunden
- Geschützt gegen Kurzschluss und Verpolung
- Optimierte Ladekurven
- Tuning eines preiswerten Industrie-Schaltnetzteils
- Hoher Wirkungsgrad von 76 %
- Erkennung defekter Akkus
- Firmware für 9-Ah-Akkus, kann an andere Kapazitäten angepasst werden
- Anpassbar für andere Blei-Akkus und LiPo-Akkus

fähiger 12-V-Bleiakku benötigt eine Ladeschluss-Spannung von 14,4 bis 14,8 V. Außerdem sollte das Netzteil auch noch bei weniger als 10 V am Ausgang stabil sein. Beim Öffnen des Netzteils zeigte sich, dass es sich um eine gewöhnliche primär getaktete Ausführung handelte, deren Ausgangsspannung mittels eines dreibeinigen einstellbaren Parallel-Reglers (SHR1 in **Bild 2**) vom Typ TL431 [4] konstant gehalten wurde. Solche Regler sind auch als „einstellbare Z-Diode“ bekannt; der Wert der Z-Spannung kann über einen Spannungsteiler eingestellt werden (siehe **Bild 3**). Der Regler beeinflusst dann über einen Optokoppler das Steuer-IC auf der Primärseite. In den Bildern 2 und 3 ist der entsprechende Trimmer zu erkennen, mit dem eine Feineinstellung der Ausgangsspannung vorgenommen werden kann. Dieses Grundprinzip ist in hunderten ähnlichen Netzteilen zu finden. Man ist also nicht auf das hier verwendete Modell festgelegt.

Um ein Schaltnetzteil in einen Laderegler zu verwandeln, muss man also lediglich etwas Zusatz-Elektronik aufbauen, um die Verhältnisse am Reference-Pin des TL431 in der gewünschten Art und Weise zu beeinflussen. Ein Mikrocontroller plus ein paar zusätzliche Bauteile genügen.

Tuning-Experimente

Wie Bild 3 zeigt, müsste man zur Manipulation der Z-Spannung lediglich einen Extrawiderstand passender Größe an den Reference-Pin löten, und schon ließe sich das Netzteil mit einer Spannung an diesem Widerstand steuern. Aus den Werten der im Netzteil eingesetzten Spannungsteiler-Widerstände ergab sich, dass mit einer Spannung von 0...5 V an einem externen

10-k Ω -Widerstand ein Bereich der Ausgangsspannung von gut 9,5...15,5 V einstellbar sein müsste.

Auf der Platine des Schaltteils war ein Ende des Widerstands R21 mit Pin 1 des TL431 verbunden und bot sich daher zum Anlöten einer Litze an (siehe **Bild 2a**). Ein Test mit angeschlossenem 10-k Ω -Widerstand ergab, dass das Netzteil 9,5 V lieferte, wenn man ihn an 5 V legte. Leider aber kam das Netzteil auf nicht mehr als 14,7 V, wenn man den 10-k Ω -Widerstand mit Masse verband (und das war zu knapp zum Laden eines 12-V-Akkus). Es musste also eine Sicherheitsmaßnahme in Form einer zusätzlichen Spannungsbegrenzung eingebaut sein.

Ein zweiter Blick entlarvte den Übeltäter: Unter dem Trafo verbarg sich eine 13-V-Z-Diode, die in Serie mit der Sende-LED eines Optokopplers über das Steuer-IC die Spannung begrenzte. Die Abhilfe war simpel: Eine zusätzliche Silizium-Diode vom Typ 1N4148 in Serie mit der Z-Diode erhöhte die maximale Spannung des Netzteils auf ausreichende 15,4 V (siehe **Bild 4**).

Schaltung

Mit einem Mikrocontroller und etwas Zusatzelektronik ließ sich nun auf einfache Weise ein vollautomatisches Ladegerät bauen (**Bild 5**). Ein ATtiny24 hat alles Nötige an Bord: ADC-Eingänge zum Messen von Strom und Spannung, einen 16-bit-PWM-Ausgang zur Erzeugung der nötigen Steuerspannung von 0...5 V sowie digitale Ausgänge zur Abschaltung der Ausgangsspannung und zur Ansteuerung einer RGB-LED, die mit ihren sieben Grundfarben die Betriebsmodi des Ladegeräts signalisiert. Ein interner 8-

MHz-Oszillator spart den Quarz. Und die Referenzspannung von nur 1,1 V ermöglicht einen niederohmigen Shunt zum Messen des Stroms und somit geringe Verluste.

Ein 5-V-Spannungsregler versorgt Controller und LED. Der Power-MOSFET T2 schaltet bei Fehlern die Ausgangsspannung ab. Um einen Stromfluss zwischen Drain und Source des MOSFETs (über die parasitäre Diode) bei versehentlich verpoltem Akku zu verhindern, ist die Power-Schottky-Diode D1 vorgesehen. Die Doppeldioden D4 und D5 schützen die Eingänge des Controllers vor negativen Spannungen bei verpoltem Akku.



Bild 4. Unter dem Trafo steckt ein Überspannungsschutz aus Z-Diode und Optokoppler. Eine zusätzliche Silizium-Diode in Serie mit der Z-Diode erhöht die maximale Ausgangsspannung um 0,7 V.

Tabelle 1. Betriebsmodi				
Modus	Bezeichnung	Spannung	Strom	LED
1	Kein Akku	< 1 V	-	weiß
2	Tiefentladen	1...10 V	-	gelb
3	Vorladung	10...12 V	1/20 C	cyan
4	Start Power-Ladung	>12 V	Anstieg	violett
5	Power-Ladung	12...14,6 V	max. 3/10 C	blau
6	Erhaltungsladung	13,8V	max. 1/50 C	grün
7	Fehler	-	-	rot
8	TO (time-out)	-	-	blinkt

Tabelle 3. Bedrahtete Bauteilversion	
Bauteil	Bezeichnung
IC1	ATtiny24, DIL14
IC2	78L05
D1	SB540
D2	1N4148
D4,D5	SB140
T1	BC547
T2	IRF540

Tabelle 2. Fehlermodi			
Modus	Bezeichnung	wenn...	LED
A	Überspannung	> 15 V	rot
B	TO-Vorladung	Modus 3 >1 h	blinkt cyan
C	TO-Start-PL	Modus 4 > 10 s	blinkt violett
D	TO-Power-Ladung	Modus 5 > 4 h	blinkt blau

IC1 misst den Strom als Spannungsabfall über R9. Für die vorkommenden Ströme von bis zu 3,6 A genügt eine 2-W-Ausführung. Dank 10-bit-A/D-Umsetzung und 1,1-V-Referenz beträgt die Auflösung rund 10 mA.

Die Spannung wird über R10, R12 und P1 gemessen. Wegen des Spannungsabfalls von maximal 0,36 V über R9 bleibt von 1,1 V (Referenzspannung) noch ein Spannungsbereich von 0,74 V übrig. Bei 10 bit

und maximal 15,5 V beträgt die Auflösung also nicht 15 mV, sondern nur rund 22 mV. Die notwendige Korrektur des Spannungsfehlers bei Stromfluss wird in der Firmware vorgenommen.

Der Controller generiert an Pin 7 ein 10-bit-PWM-Signal von einigen kHz. Der Tiefpass aus R3 und C2 filtert daraus eine Gleichspannung von 0...5 V, die über R2 an den TL431-Referenz-Pin des Schaltnetzteils gelegt wird. R3 und R2 addieren sich zu 9,5 kΩ - das reicht für eine zwischen 9,5 V und 15,4 V einstellbare Ausgangsspannung des Schaltnetzteils. Andernfalls kann man den Wert von R2 verändern.

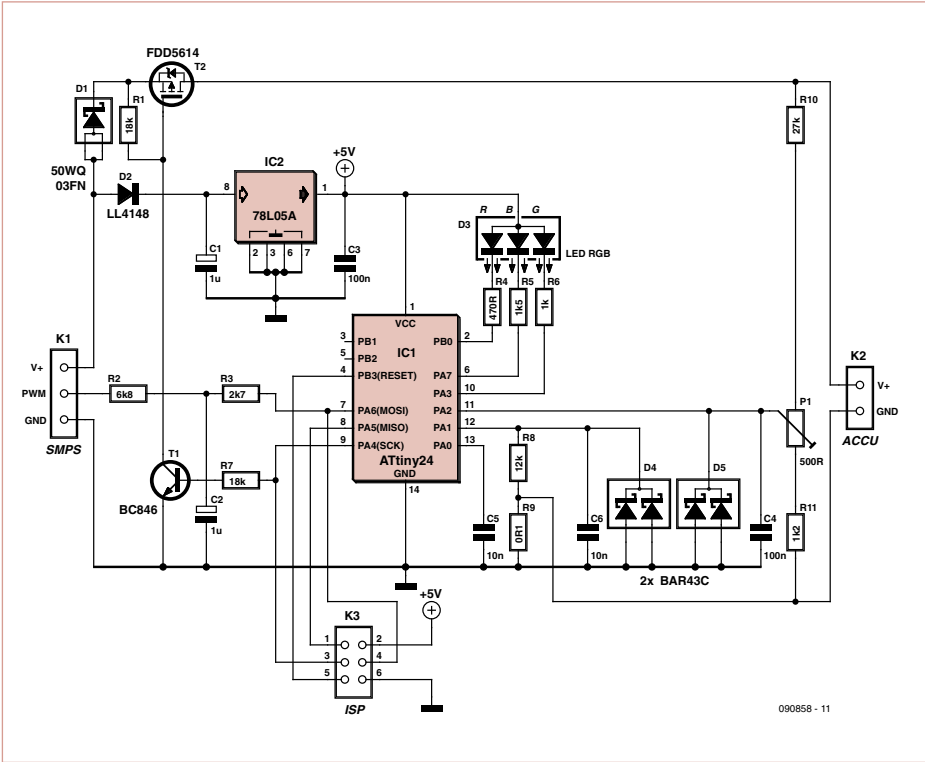


Bild 5. Zwei ICs und einige andere Bauelemente genügen, um ein Schaltnetzteil in ein effizientes Ladegerät zu verwandeln.

Betriebs-Modi

Die folgende Beschreibung bezieht sich auf einen 12-V-Akku mit 9 Ah (1 C = 9 A). Die Betriebs- und Fehlermodi sind in den Tabellen 1 und 2 aufgelistet.

- Nach dem Einschalten wird die Spannung am Ausgang gemessen und in Modus 1 geschaltet, wenn kein Akku angeschlossen ist. Die Spannung des Schaltnetzteils wird auf unter 10 V eingestellt.
- Bei einem angeschlossenen Akku wird die Spannung gemessen. Ist sie unter 10 V, wird von Tiefentladung oder einem Zellendefekt ausgegangen und in Modus 2 geschaltet.
- Liegt sie im Bereich 10...12 V, wird ein Vorladeversuch unternommen. Dabei wird maximal eine Stunde lang mit 1/20 C (= 450 mA) geladen. Ist der Akku „schlecht“, wird nach einer Stunde der Fehler-Modus C signalisiert.
- Andernfalls wird zügig die 12-V-Schwelle überschritten und mit Modus 4 der Ladestrom innerhalb weniger Sekunden auf 3/10 C = 2,7 A erhöht.
- Mit diesem Strom geht es maximal vier Stunden mit Modus 5 weiter, bis 14,6 V erreicht werden. Dann reduziert sich bei

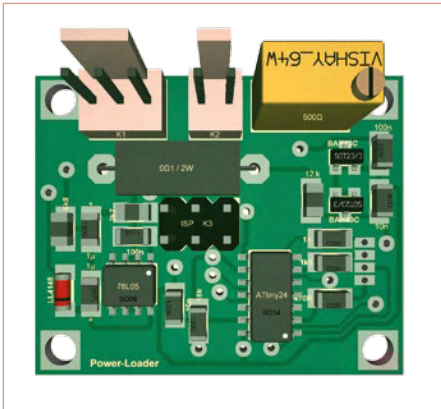


Bild 6. 3D-Simulation der Oberseite der Mini-Platine in Target 3001. Die doppelseitige Platine kommt ohne Durchkontaktierungen aus.

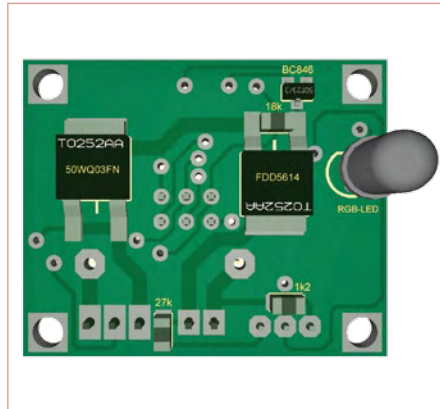


Bild 7. 3D-Simulation der Unterseite der Mini-Platine in Target 3001. Diode und MOSFET sollten nicht verwechselt werden.

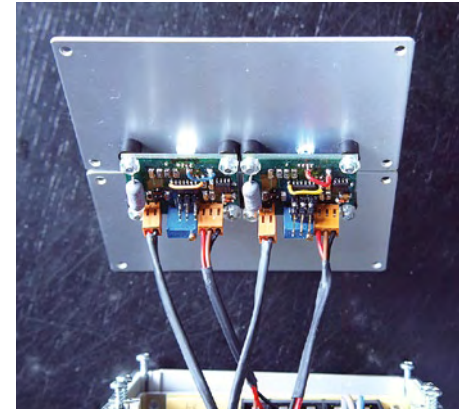


Bild 8. Geöffneter Prototyp des Doppel-Power-Loaders (Vorversion) für den ElektorWheelie mit 2 x 12-V-Ausgang.

konstanter Spannung der Strom.

- Unterschreitet der Strom $1/50 C = 180 \text{ mA}$, wird im Modus 6 solange mit einem Maximalstrom von $1/50 C$ und einer maximalen Spannung von $13,8 \text{ V}$ weitergeladen, bis der Akku abgetrennt wird.

Aufbau

Dank der Miniaturisierungsfähigkeiten von Uwe Hofmann ist eine Platine entstanden, die mit nur $3 \times 3,7 \text{ cm}$ so winzig ausgefallen ist (**Bild 6**), dass sie fast direkt in das Gehäuse des Schaltnetzteils eingebaut werden könnte. Der Nachteil ist die konsequente SMD-Bestückung. Doch wurde darauf geachtet, dass man die Bauteile noch

gut von Hand löten kann. Auch die Platine kann man selbst herstellen, da sie sich mit Drahtstücken manuell durchkontaktieren lässt. Die Platine und die Schaltung im Target-3001-Format, das Platinen-Layout im EPS-Format und die Firmware als Source-Code plus Hex-Datei kann man von der Webseite dieses Artikels [5] kostenlos herunterladen.

Bei manueller Bestückung sollten T2 und D5 auf der Unterseite der Platine (**Bild 7**) zuerst verlötet werden, da die Platine hier ziemlich heiß werden kann. In einem Löt-ofen kommen natürlich die Bauteile der Oberseite zuerst an die Reihe. Die wenigen Bauteile der Unterseite kann man dann von Hand bestücken. Steckverbinder und Poti

sind zum Schluss dran, da deren Kunststoff hohe Temperaturen nicht mag. Nach Bestückung aller Bauteile verbleiben noch ein paar offene Bohrlöcher. In die kommen kleine Drahtstückchen als manuelle Durchkontaktierungen.

Die RGB-LED muss eine Ausführung mit vier Pins und gemeinsamer Anode sein. Gut geeignet sind die diffusen 5-mm-LEDs von A-BRIGHT [6].

Natürlich muss man nicht zwingend diese kleine Platine verwenden. Die Schaltung ist übersichtlich genug, um sie komplett mit bedrahteten Bauteilen auf einem Stück Lochrasterplatine zu realisieren. **Tabelle 3** schlägt hierfür Bauteiltypen vor.

Stückliste

Widerstände:

(SMD 1206)
 R1, R7 = 18 k
 R2 = 6 k
 R3 = 2 k
 R4 = 470Ω
 R5 = 1 k
 R6 = 1 k
 R8 = 12 k
 R9 = 0Ω , 2 W
 R10 = 27 k
 R11 = 1 k
 P1 = 500Ω , Mehrgang-Trimpoti

Kondensatoren:

(SMD 1206)
 C1, C2 = $1 \mu\text{F}/25 \text{ V}$, Elko oder Vielschicht
 C3, C4 = 100 n
 C5, C6 = 10 n

Halbleiter:

D1 = 50WQ03FN, Schottky, SMD TO252AA
 D2 = LL4148, SMD MINIMELF
 D3 = 4-pol. RGB-LED, 5 mm, gemeinsame Anode*, z.B. LED-Seller.de Art.Nr. 220230
 D4, D5 = BAR43C, Schottky, SMD SOT23
 T1 = BC846, SMD SOT23
 T2 = FDD5614, SMD TO252AA
 IC1 = ATtiny24, SMD SO14

IC2 = LM78L05A, SMD SO8

Außerdem:

K1 = 3-pol. Platinenstecker, RM 2,54, z.B. Reichelt PSS254/3G
 K2 = 2-pol. Platinenstecker, RM 2,54, z.B. Reichelt PSS254/2G
 K3 = 6-pol. zweireihiger Pfostenstecker (3x2) Schaltnetzteil 12V/5A, z.B. Reichelt SNT MW60-12*
 Silizium-Diode für Schaltnetzteil, z.B. 1N4148*
 Platine*
 Firmware* für IC1
 * siehe Text

Abgleich

Nach Aufbau der Zusatzelektronik wird K1 an ein einstellbares Labornetzteil (minimal 8...14 V, 1 A) angeschlossen. Dann die folgenden Schritte abarbeiten:

- Modus 1: Labornetzteil auf 8 V einstellen und einschalten. Leuchtet die LED weiß, ist die Schaltung vermutlich in Ordnung.
- Modus 2: Nun V+ von K1 mit V+ von K2 verbinden. Damit wird T2 und D1 überbrückt. An K2 sollten jetzt 8 V zu messen sein und die LED sollte gelb leuchten.
- Modus 3: Spannung am Labornetzteil auf genau 10 V einstellen. Mit P1 kann man jetzt den Punkt einstellen, wo die LED von gelb auf cyan umschaltet.
- Modus 4 & B: Dreht man die Spannung langsam hoch, leuchtet die LED ab 12 V violett. Nach 10 s wird die LED violett blinken, da die Zeit für die Stromerhöhung auf 3/10 C überschritten wird.
- Modus 5: Das Labornetzteil auf 13,5 V einstellen und eine Last von 0,2...0,3 A anschließen (z.B. zwei 100 Ω /4 W-Widerstände parallel). Labornetzteil kurz aus und wieder einschalten. Jetzt sollte die LED blau leuchten.
- Modus 6: Belastung auf 100...150 mA reduzieren (einen 100- Ω -Lastwiderstand entfernen). Jetzt wird das Power-Laden beendet und auf Erhaltungsladung geschaltet. Die LED leuchtet grün. Entfernt man nun die Verbindung zwischen den V+-Pins von K1 und K2 und dann die Last komplett, wird der minimale Strom für einen angeschlossenen Akku unterschritten und auf Modus 1 umgeschaltet.

Nun K1 mit dem Schaltnetzteil verbinden. Die Litze vom Schaltnetzteil kommt an Pin „PWM“ von K1. Nach dem Einschalten sollte die LED weiß leuchten. Jetzt den Abgleich-Poti (SVR1) des Schaltnetzteils so verstellen, dass am Eingang des Vorsatzes 9,5...9,9 V zu messen sind. Die LED des Schaltnetzteils sollte gerade nicht pulsen. Damit ist der Power-Loader fertig abgeglichen und einsatzbereit. Strom kann man gut als Spannung über R9 messen.

Variationen

Die Schaltung ist mit den angegebenen Bauteilen für hochstromfeste 12-V-Bleiakku mit bis zu 12 Ah ausgelegt.

Die Firmware bezieht sich auf 9-Ah-Akkus, wie sie im ElektorWheeler Verwendung fin-

den. Für letztere benötigt man zwei Loader in Serie (**Bild 8**), damit die beiden Akkus unabhängig geladen werden.

Die Steckerbelegung entnimmt man dem Artikel zum zugehörigen Akkulader [7].

Die Schaltung kann leicht an andere Anwendungen und andere Akkus angepasst werden. Wichtig ist, dass das Schaltnetzteil ausreichend Strom liefern kann. Seine nominale Ausgangsspannung sollte in etwa der Nennspannung des Akkus entsprechen. Das angegebene 12-V-Netzteil fängt bei Spannungen unterhalb von 9,5 V un schön (aber ungefährlich) zu pumpen an, was am Flackern der LED auf seiner Platine zu erkennen ist. Die Zusatzschaltung eignet sich nur für Schaltnetzteile mit realen Ausgangsspannungen von 8...20 V.

Wenn man die Schaltung für andere Spannungen auslegt, muss man den Spannungsteiler aus R10 und R11 anpassen und natürlich auch in der Firmware die entsprechenden Konstanten verändern. Letzteres ist leicht, denn der Source-Code ist gut kommentiert und in Bascom geschrieben. Er kann dank geringer Größe sogar mit der kostenlosen Demoversion verändert und neu kompiliert werden.

Man kann den Power-Loader auch für die im Modellbau üblichen 4-Ah-LiPo-Akkus anpassen. Legt man den Ladestrom auf 4 A = 1 C fest, dann hat man einen LiPo-Akku in knapp über einer Stunde geladen. **Tabelle 4** gibt Auskunft darüber, welche Werte dann für die verschiedenen Betriebsmodi gelten.

(090858)

Tabelle 4. Werte für LiPo-Akkus

Modus	Bezeichnung	3 Zellen	4 Zellen	Strom
1	Kein Akku	< 1 V	< 1 V	-
2	Tiefentladen	< 9 V	< 12 V	-
3	Vorladung	9...11 V	12...14,3 V	1/10 C
4	Start Power-Ladung	> 11 V	> 14,3 V	Anstieg
5	Power-Ladung	12,6 V	16,8 V	1 C
6	Erhaltungsladung	12 V	16 V	1/50 C
A	Überspannung	>13 V	>17,2 V	-
-	Schaltnetzteil	12 V	15 V	4 A
-	R10	27 k Ω	36 k Ω	-

Weblinks

- [1] www.elektor.de/090248
- [2] www.elektor.de/wheeler-forum
- [3] www.elektor.de/wheeler-forum-loader
- [4] www.fairchildsemi.com/ds/TL%2FTL431.pdf
- [5] www.elektor.de/090858
- [6] www.a-bright.com.tw/fullclamp/AL-513RGBW-A-004.pdf
- [7] www.elektor.de/090582
- [8] www.miniatur-wunderland.de
- [9] www.gerold-online.de/cms

Über die Autoren

Uwe Hofmann ist Techniker und Mitarbeiter im Miniatur-Wunderland Hamburg [8].

Günter Gerold ist selbstständiger Radio- und Fernsehtechnik-Meister [9].

Dr. Thomas Scherer arbeitet unter anderem als technischer Autor und entwickelt Labortechnik.

Lauter ist besser

Von Ton Giesberts (Elektor-Labor) und
Thijs Beckers (Redaktion NL)

Das Event „Elektor Live 2009“ war ein Publikumserfolg. Während der Wochen zuvor hatte Ton Giesberts auch damit zu tun, genügend viele „Portable PAs“ (so wurden sie intern genannt) zu bauen und zu testen. Zehn Exemplare wurden gebraucht, sie mussten in etwas mühsamer Handarbeit produziert werden. Beim Bestücken der Platinen mit den SMDs erwiesen sich unser SMD-Ofen und unsere geschickten Praktikanten wieder einmal als unverzichtbare Hilfen.

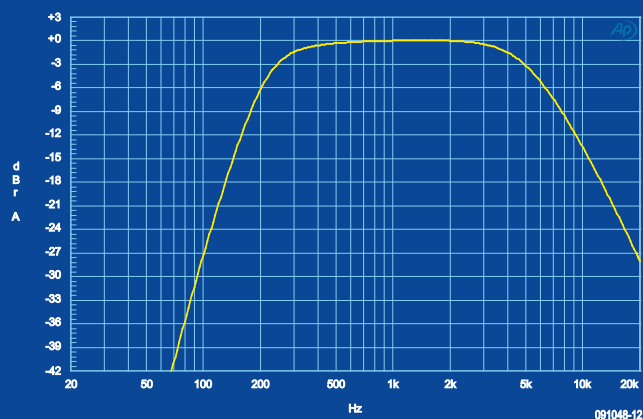
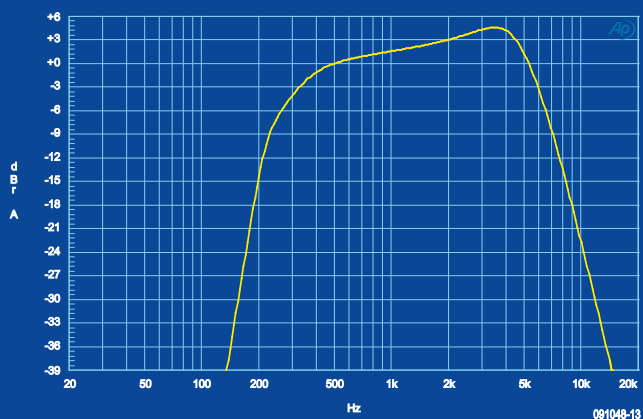
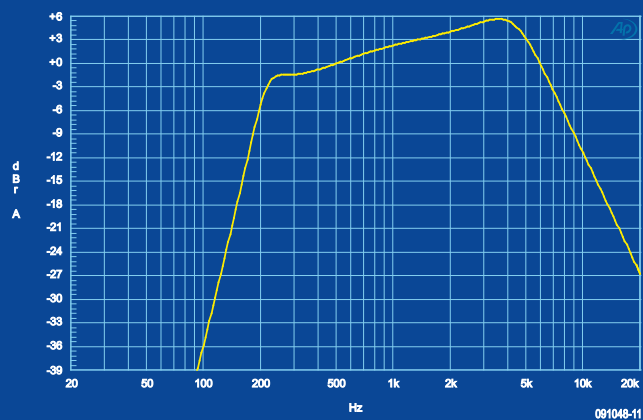
Wir hatten die Idee, die höheren Frequenzen anzuheben, damit die Sprache heller klingt und unsere Referenten vom Publikum noch besser verstanden werden. Gesagt - getan, das Ergebnis spiegelt sich in nebenstehendem Diagramm wider. Die obere Kurve ist die Frequenzcharakteristik der „Portable PAs“ ohne Frequenz-Shifter, nur bestehend aus Mikrofonverstärker und Endstufe. Über die gesamte Bandbreite von ungefähr 200 Hz bis 5 kHz steigt die Charakteristik um etwa 7,5 dB an. Die mittlere Kurve stellt die Frequenzcharakteristik der Geräte mit zwischengeschaltetem Frequenz-Shifter dar, wie sie auf dem Event zum Einsatz kamen.

Veranlasst durch den „Breitentest“ auf unserem Event haben wir uns im Labor noch einmal mit den Geräten befasst. Bei unseren Experimenten war zuerst der Frequenz-Shifter eingebaut, später haben wir den Mikrofonverstärker über einen Jumper von K1 nach K2 direkt mit der Endstufe verbunden (siehe Schaltung im zugehörigen Projekt-Beitrag an anderer Stelle in dieser Elektor-Ausgabe). Offenbar setzte die akustische Rückkopplung mit oder ohne Frequenz-Shifter stets bei etwa gleicher Lautstärke ein, manchmal klang nur die Wiedergabe ziemlich hohl. Das Phänomen war einigermaßen befremdlich, es ließ sich mit der zugrunde liegenden Theorie nicht recht erklären.

Da die Rückkopplungsfrequenz ziemlich hoch lag, haben wir die Filter des Mikrofon- und Endverstärkers so modifiziert, dass die Frequenzcharakteristik nicht um 7,5 dB ansteigt, sondern vollkommen eben verläuft. Nun entsprach die Frequenzcharakteristik der unteren Kurve. Als Filter-Typ wählten wir die Butterworth-Konfiguration.

Beim Vergleich einer „Originalversion“ vom Elektor-Event mit einer modifizierten Version waren wir positiv überrascht. Es war nicht zu überhören, dass das modifizierte Gerät deutlich lauter eingestellt werden konnte, bevor die Rückkopplung einsetzte. Auch mit dem Frequenz-Shifter haben wir noch einige Experimente durchgeführt. Verschiebungen nach unten (die Signalfrequenzen werden in Relation zum Original in Richtung niedriger Frequenzen verschoben) ergaben weniger überzeugende Resultate als Verschiebungen nach oben. Im zweiten Fall klang die Sprache vernehmlich heller, einfach aus dem Grund, weil das gesamte Signal nach oben verschoben war.

Die modifizierte Dimensionierung, die sich aus unseren Experimenten ergeben hatte, ist im zugehörigen Projekt-Beitrag an anderer Stelle in dieser Elektor-Ausgabe wiederzufinden. Wir sind davon überzeugt, dass sie den besten Kompromiss darstellt. Infolge der ebenen Frequenzcharakteristik ist die Sprachwiedergabe voller als bei der ursprünglichen Version, der helle Klang hat allerdings Einbußen hinnehmen müssen. Ob dies tatsächlich eine Verbesserung ist, unterliegt natürlich der subjek-



tiven Beurteilung. Wir meinen, es war der Mühe wert. Für interessierte Leser, die unsere erste Version ausprobieren möchten, ist nachfolgend die ursprüngliche Dimensionierung angegeben:

R5 = 2k2	R6 = 6k8
R7 = 12 k	C2 = 100 n
C5,C6,C7 = 100 n	C12 = 22 n
C13 = 1 n	

(091048)

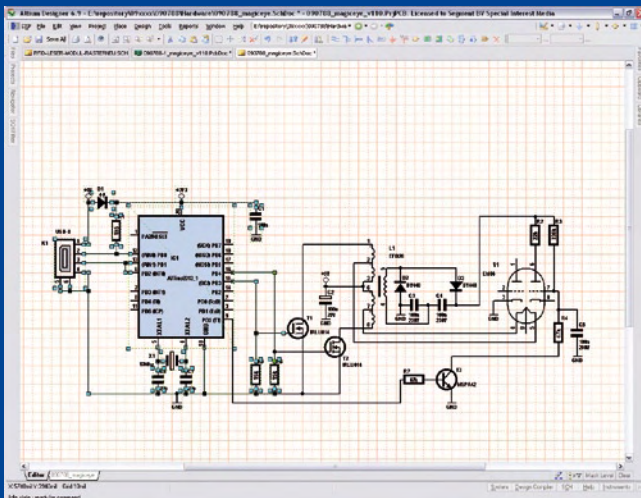
Platinen-Design ist kein Hexenwerk!

So mancher Elektroniker ist ziemlich fit, wenn es darum geht, den richtigen Transistor zu finden, einen passenden Kondensatorwert zu berechnen oder Logik-ICs in der gewünschten Art und Weise zusammen zu schalten. Die Schaltung ist dann schnell auf einem Steckbrett aufgebaut oder auf einer Lochrasterplatine zusammengelötet. Das Design einer passenden Platine fällt vielen Elektronikfans schon schwerer. Unter Umständen muss eine Vielzahl von Bauelementen sinnvoll angeordnet werden, darüber hinaus sind Mindest-Abstände, eine Minimalgröße der Lötinseln und manch andere Dinge zu beachten. Doch keine Angst, das Design einer Platine ist kein Hexenwerk. Im Elektor-Labor werden im Jahr mehrere Dutzend „PCBs“ entwickelt, sowohl für die SMD- als auch für die Through-Hole-Bestückung. Zwar steht den Männern um Laborchef Antoine Authier mit Altium Designer ein mächtiges CAD-Paket zur Seite, das aufwendige Simulationen und ein komfortables Autorouting erlaubt. Doch werden diese Funktionen eher selten genutzt, berichtet Chris Vossen, der

Check auf Knopfdruck aus.

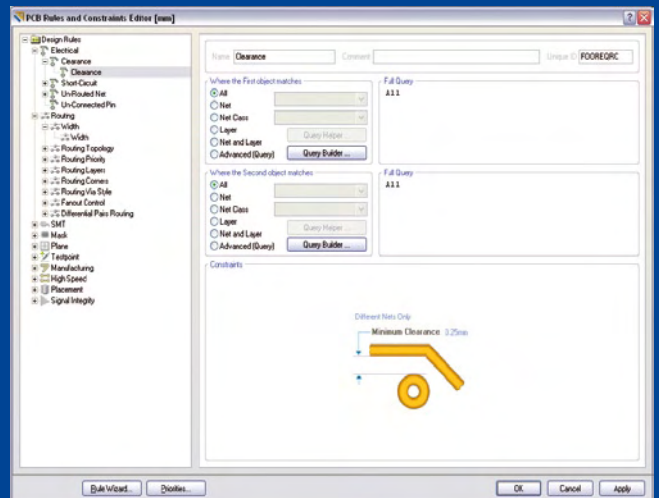
Bei SMD-Platinen, die (teilweise) vorbestückt im Elektor-Shop angeboten werden, muss der Elektor-Entwickler einen Mindestabstand von 0,15 mm einhalten. Dies schreiben die Vorgaben des Platinenproduzenten Eurocircuits für die von Elektor verwendete „Class 6“ vor [1]. „Bei Platinen zur Selbstbestückung gehe ich auf 0,3 mm hoch, dann haben es die Leser leichter“, so Chris. Für viele gebräuchliche Bauteile haben die Mitglieder des Elektor-Labors außerdem in der Komponenten-Bibliothek die Pads auf 2 mm und mehr vergrößert, auch das erhöht die Nachbaufreundlichkeit.

„Wenn es nicht auf eine besonders kompakte Platine ankommt, mache ich auch die Traces etwas breiter als gebräuchlich“, erklärt Chris. Beim „Magischen Auge mit USB“ [2] (siehe Bilder) sind das fast durchgängig 0,7 mm. Eine Ausnahme bilden die Leitungen, die zwischen zwei Pins des Mikrocontrollers hindurchführen, sie wurden manuell etwas schmaler gemacht.



im Labor vor allem Mikrocontroller- und Messtechnikprojekte betreut. „Beim Anordnen der Bauteile versuche ich die Funktionsgruppen im Schaltplan als Ganzes auf die Platine zu übertragen“, so Chris. Die Spannungsversorgung, der Mikrocontroller mit der notwendigen Beschaltung sowie die Analogelektronik sind solche Baugruppen, die man nur in seltenen Fällen auseinander reißen sollte. Altium erlaubt das gleichzeitige Markieren mehrerer Bauteile im Schaltplan (siehe Bild), auf der Platine können diese dann gemeinsam bewegt werden. Doch mit dem händischen Anordnen der einzelnen Bauteile ist Chris fast genauso schnell.

Ein anderes Feature des CAD-Pakets ist wichtiger: Das Einstellen eines Mindestabstands zwischen den Leitungen (Traces), zwischen den Lötinseln (Pads) und schließlich zwischen Pads und Traces. In der Platinenansicht symbolisiert der Altium Designer durch Farben, ob alle diese Vorgaben auch beim manuellen Routen eingehalten werden. Bei diesem Programm geht das sogar interaktiv, viele andere CAD-Programme führen den Design-



Wenn hohe Ströme im Spiel sind, nutzt Chris gern kostenlose Berechnungsprogramme im Internet, wie zum Beispiel unter [3]. Hier kann man Parameter wie die Dicke der Kupferlage (bei Eurocircuits sind das im Allgemeinen 35 µm), den Strom, die Spitzenspannung und mehr einstellen.

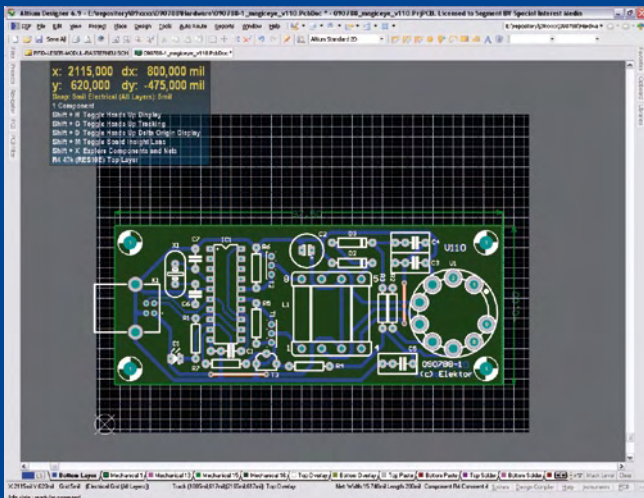
Wo das Platinendesign zum täglichen Handwerk gehört, werden natürlich so manche Erfahrungen gemacht. Die Elektor-Entwickler und -Redakteure haben im Folgenden eine Reihe von Tipps für die Anordnung der Bauteile, das Routing und mehr zusammengestellt.

(090873)

- [1] www.eurocircuits.de/images/stories/klassifizierung%20januar%202009.pdf
- [2] www.elektor.de/090788
- [3] <http://desmith.net/NMds/Electronics/TraceWidth.html>
- [4] www.elektor.de/sicherheit

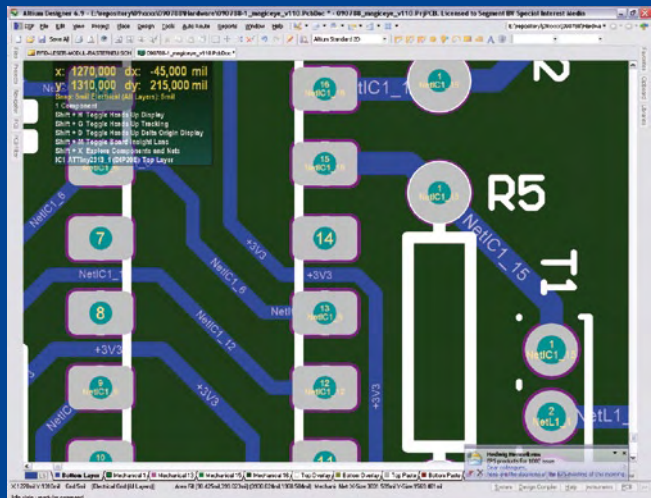
Tipps für das Platinendesign

- Wo es nicht auf Kompaktheit ankommt und manuell bestückt werden soll, sind Through-Hole-Komponenten die bessere Wahl. In diesem Fall lassen sich die Pins der Bauteile als Vias benutzen...
- ...doch können SMD-Komponenten bei selbst geätzten Platinen eine Menge Bohrer sparen. Vorgaben wie möglichst kurze Leitungen, kleine Flächen innerhalb von Leiterschleifen und mehr sind ebenfalls besser einzuhalten.
- Bei der Anordnung der Bauteile sollte man nicht nur an eine einfache Bestückung denken, sondern auch an einen einfachen Test. Hierzu gehören auch Testpunkte!
- Schalter, Taster, Steckverbinder, LEDs und weitere Bauteile des User-Interfaces gehören natürlich nach außen. Alles, was später einfach zugänglich sein soll, muss auf die Seite der Frontplatte.
- Die Bauteile, bei denen die richtige Polarität beachtet werden muss, sollten alle gleich orientiert werden.
- Lieber manuell routen als mit Autorouter. Dieser kann aber hilfreich sein, um „Bottlenecks“ und andere kritische Stellen zu entdecken.
- Beim Routen niemals ans Aufgeben denken! Manche Boards sehen anfangs „unroutbar“ aus, doch nach einer Weile stellt sich meist heraus, dass eine Menge Platz übrig ist.
- Wenn etwas nicht zufrieden stellend gelungen ist, lieber noch mal einen oder mehrere Schritte zurückgehen, als einfach weiter wursteln.



- Die Funktionsgruppen der Schaltung sollte man zuerst für sich genommen routen, später dann die Gruppen miteinander verbinden.
- Kurze Leitungen sind besser als lange. Hochohmige Verbindungen sind störfähiger und sollten deshalb besonders kurz sein.
- Wo Leitungen eine Schleife bilden, sollte deren Fläche immer minimal sein.
- Entkoppelkondensatoren gehören so nah wie möglich an den Schaltungsteil, der entkoppelt werden soll.
- Die Signalleitungen sollte man zuerst routen (zuerst die kurzen, dann die langen). Ausnahme: Wenn die Stromversorgung besonders kritisch ist.
- Busleitungen sollte man gemeinsam führen.
- Wenn möglich, sollte man einen analogen Schaltungsteil vom digitalen trennen.

- Bei mehrlagigen Platinen kann man die Signalleitungen so aufteilen, dass eine der Lagen die vertikalen, eine die horizontalen Leitungen beherbergt.
- Falls möglich, kann man eine Lage oder Seite ausschließlich für eine durchgehende Massefläche reservieren. Nur in Ausnahmefällen, etwa beim Einsatz von High-Speed-OpAmps, empfiehlt sich dies nicht.
- Leitungen mit höheren Strömen gehören nicht in die Nähe von empfindlicher Sensorik und ähnlichem.
- Netz- und Hochspannung sind nichts für Anfänger! Normalerweise gilt: Zwischen einer Netzspannung führenden Leitung zu einer anderen Leitung und auch dem Gehäuse sind bei Schutzklasse I [4] mindestens 3 mm Abstand erforderlich. Bei Schutzklasse II sind es mindestens 6 mm (zwischen Netzspannung führenden Leitungen und dem Gehäuse sowie zwischen Netzspannung führenden Leitungen und dem Niederspannungsteil der Schaltung). Zu weiteren Vorschriften siehe [4]!
- Den Masseleitungen sollte man genauso viel Sorgfalt schenken wie den Versorgungsleitungen. Elektromagnetische Störungen kann man minimieren, indem man die Versorgungsleitung und die Masseleitung parallel (oder noch besser deckungsgleich auf einer doppelseitigen Platine) verlegt.
- Knicke möglichst nur bis 45°! Spitze Winkel zwischen den Leitungen und den Pads sind ebenfalls zu vermeiden!
- Die Vorgaben des Platinenherstellers sollte man unbedingt

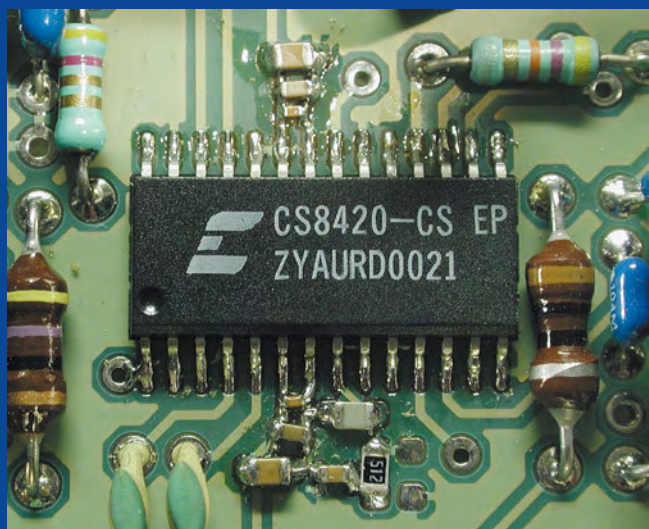


- beachten, um unangenehme Überraschungen zu vermeiden.
- Wo Software zum Check der Vorgaben eingesetzt wird, sollte man diesen Check mehrmals in verschiedenen Phasen des Designs laufen lassen.
- 0,1" (also rund 3 mm) am Platinenrand sind für die Bestückung tabu.
- Wenn maschinell bestückt werden soll, muss man mindestens drei Positionsmarken (Locators) vorsehen.
- Befestigungslöcher nicht vergessen!
- Mit Text sollte man nicht sparen: Polarität, Spannungen, Funktionen auf dem Board, ein Datum oder eine Versionsnummer...
- Dass die Bauteile auch wirklich passen, sollte man doppelt und dreifach checken!
- Am Ende kann man etwas Zeit dafür verwenden, noch ein wenig aufzuräumen beziehungsweise alles zu optimieren.

Oje, da schwingt's!

Von Jens Nickel (D)

Die Mannschaft des Elektor-Labors ist eine gute Mischung aus jungen Entwicklern und „alten Hasen“. Zu Letzteren gehört Ton Giesberts, inzwischen über 20 Jahre bei Elektor. Tons unumstrittener Schwerpunkt sind die Audioprojekte, und bei fast allem, was in den letzten zwei Elektor-Jahrzehnten mit gutem Klang zu tun hatte, war er zumindest beteiligt. Da verwundert es nicht, dass bei Ton die Déjà-vu-Erlebnisse nicht ausbleiben. Die portable „PA-Anlage“ (in diesem Heft) [1] gab wieder einmal Anlass dazu. In der Schaltung wird ein Class-D-Verstärker MAX9768 des Herstellers Maxim verwendet, wobei die Versorgungsspannung der integrierten Endstufe laut Application Note gleich mit vier Kondensatoren entkoppelt werden sollte. Jeweils ein 33- μ - und ein 1- μ -Kondensator sind parallel an beide Betriebsspannungs-Pins anzuschließen, um einen größeren Frequenzbereich abzu-

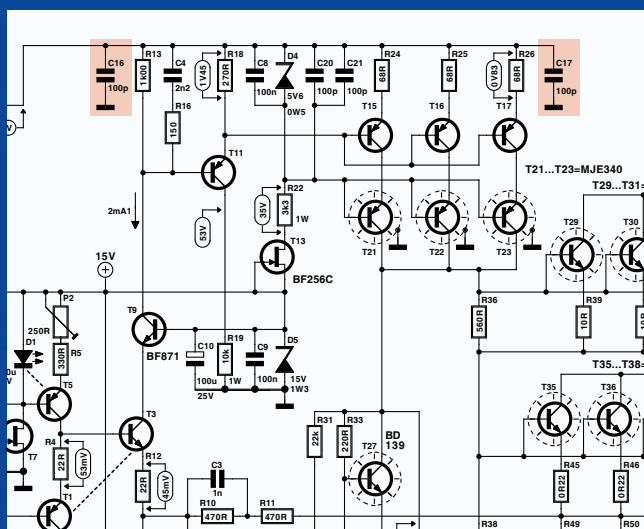


decken. „Vermutlich sind hier intern zwei Ausgangsstufen vorhanden“, erklärt Ton die Doppelung des Versorgungspins. Das Ganze erinnerte ihn spontan an den 96-kHz-Upsampling-Converter aus dem Aprilheft 2001 [2]. Damals wurden gleich zwei Tripel von Kondensatoren empfohlen, die jeweils aus einem 1- μ -, einem 100-n- und einem 1-n-Kondensator bestanden. Wenn man genau auf das Foto des Prototyps schaut, erkennt man die drei verschieden großen SMDs auf jeder Seite des Converter-ICs CS8420. „Falls so eine Beschaltung vom Hersteller angegeben wird, sollte man sich auch danach richten“, rät Ton. „Und auch wenn ein Low-ESR-Kondensator oder ein strombelastbarer Typ gefordert wird, passiert das sicher nicht ohne Grund!“ Dass man bei Elkos nicht nur auf die Spannungsfestigkeit, sondern auch auf die Belastbarkeit achten muss, hat Ton einmal (fast) am eigenen Leib erfahren. Einer seiner frühen Elektor-Entwürfe war ein 650-W-Gleichspannungswandler für den Kfz-Audioverstärker „Car Booster“, der im Oktober/November 1994 veröffentlicht wurde. „Für C18 und C19 hatte ich zuerst die bekannten radialen 10.000- μ F-Standardelkos verwendet“,

erzählt der Ingenieur. „Beim ersten Dauertest bin ich dann fürchterlich erschrocken. Die Dinger wurden so heiß, dass ich die Wärme schon in etwas Abstand spüren konnte...“

Viel hätte nicht gefehlt, und die Elkos wären dem jungen Entwickler mit einem lauten Knall um die Ohren geflogen. So schnell es ging, wurden sie durch 8.800- μ F-„Sikurel“-Elkos von Siemens ersetzt, und diese finden sich schließlich auch in der Stückliste des veröffentlichten Artikels.

Viel kleiner waren die Kondensatoren, die Ton einmal über ein Jahr harter Entwicklungs-Arbeit retteten. Der Gigant 2000 - ein symmetrisch aufgebauter Mono-Endverstärker, der in Brückenschaltung bis zu 2 Kilowatt Musikleistung abgeben konnte - war einer der aufwendigsten Elektor-Entwürfe überhaupt [3]. Nicht weniger als 52 Transistoren waren hier verbaut, von denen einige über den damaligen Lieferanten Avera direkt in Japan geordert wurden. Nach dem Bestücken der 25 mal 10 cm



großen Platine kam für Ton ein Schock: „Der Ausgang hing je nach Lust und Laune mal bei +70, mal bei -70 Volt“. Schnell dämmerte es ihm, dass da etwas fürchterlich am Schwingen war, und zwar so hochfrequent, dass der Spannungsverstärker nicht mehr mitkam. Man kann sich leicht vorstellen, dass Ton die nächste Nacht etwas unruhig verbrachte...

Doch zum Glück gibt es ja diese kleinen 100-p-Kondensatoren, die schon manches Design gerettet haben! Mit einem Oszillographen ging der Elektor-Entwickler erst einmal der Schwingung auf den Grund. Dann kamen die kleinen Bauteile zum Einsatz – wobei, so gibt es Ton unumwunden zu, probieren über studieren ging. Mit einem der kleinen Kondensatoren auf jeder Seite der symmetrisch aufgebauten Schaltung hatte der Entwickler noch keinen Erfolg, nachdem er jedoch vier davon an ganz bestimmten Stellen platziert hatte, funktionierte alles tadellos!

(090876)

[1] www.elektor.de/090675

[2] www.elektor.de/010014

[3] www.elektor.de/990001

Embedded Electronics 2



Der 2. Band der neuen Buchreihe

Die Bände dieser Reihe wenden sich an jene, die sich – als Auszubildende, Studierende oder Berufseinsteiger – von A bis Z in die professionelle Schaltungs- und Systementwicklung einarbeiten wollen. Und sie wenden sich an den Allround-Entwickler, der gar keine Zeit hat, zum echten Spezialisten auf irgendeinem der vielen Teilgebiete zu werden, der aber weiß, dass er mit einfachen Kochbuch- oder Bastellösungen nicht weit kommt. Sie bieten, was Praktiker und Lernende brauchen: Eine Auffrischung und Vertiefung der Grundlagen, Anregungen zu eigenen Gedanken und Zugänge zu Einzelheiten, Querverbindungen und Spitzfindigkeiten. Nachdem der 1. Band passive Bauelemente behandelt hat, befasst sich dieser neue 2. Band mit den theoretischen Grundlagen und den Grundschaltungen der Digitaltechnik.



NEU!

384 Seiten (kart.)
Format 17 x 23,5 cm
ISBN 978-3-89576-186-7
€ 49,00 • CHF 77,00

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

Seminar

CC2-ATmega

NEU!



auf der Basis des Elektor/CC2-ATM18-Testboards

In diesem Seminar mit u. a. Wolfgang Rudolph werden die grundsätzlichen Kenntnisse der Programmierung und des Anschlusses von Peripherie an Mikrocontrollern vermittelt. Dazu sind Grundlagen der Teilnehmer erforderlich. Sowohl im Bereich der Programmerstellung wie auch über den Umgang mit Mikrocontrollern. Am Beispiel der Testboards werden theoretisches und auch praktisches Wissen gelehrt. Die Grundlagen eines Mikrocontrollersystems werden mit den notwendigen Komponenten wie Stromversorgung, Schnittstellen, (USB, Seriell, ISP/SPI), Beschaltung von Ports sowie AD/DA und PWM-Anschlüsse erarbeitet. In vier Beispielen wird ein Konzept entwickelt, von der Idee über die Hardwareumsetzung bis zur Programmentwicklung und Kodierung. Diese Beispiele werden aus vorhandenen Projekten und Artikeln aus den Elektor-Heften entnommen.

Geplante Themen:

- Von der Idee zur Hardware – Das ATM18-Testboard.
- Die Ausgabe – Ein LC-Display wird angeschlossen.
- Extern steuern – Mit Relais die Umwelt schalten.
- Komplexe Anwendung – Ein Schweberegler mit einfachen Mitteln.
- Ausblick – Das Minimod18 als Konzept der Zukunft.

Veranstaltungsorte/-termine:

Frankfurt am Main	30.01.2010
Leipzig	20.03.2010
Luzern (Schweiz)	29.05.2010
München	25.09.2010
Hannover	06.11.2010

Teilnehmergebühr (zzgl. MwSt.):

299,00 Euro (469,50 CHF)

Die für die Durchführung des Workshops benötigte Hardware wird Ihnen leihweise zur Verfügung gestellt.

388,00 Euro (609,20 CHF)

inkl. Hardware-Erwerb

Die für die Durchführung des Workshops benötigte Hardware bleibt Ihr Eigentum.

**Elektor-Abonnenten
erhalten 5% Rabatt auf
den Workshop-Preis!**

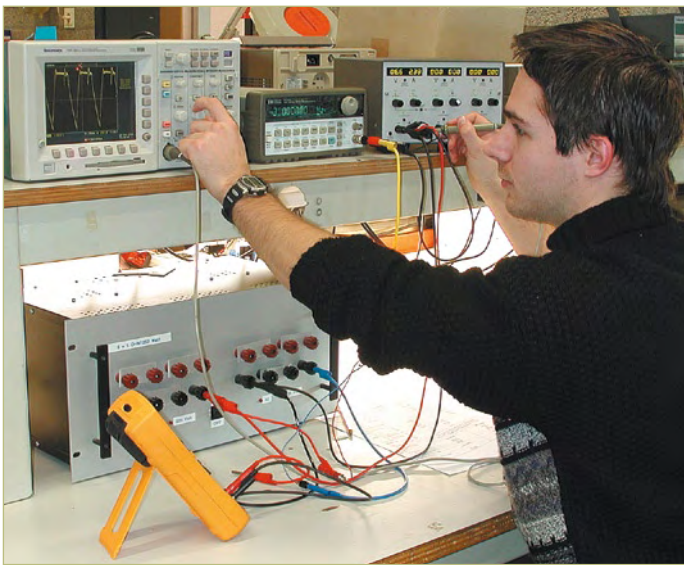
Weitere Infos & Anmeldung unter www.elektor.de/cc2-atmega

Folterbank

Netzteile dynamisch testen

Von Harry Baggen (Redaktion NL) und Ton Giesberts (Elektor-Labor)

Wie lässt sich herausfinden, ob ein (Labor-)Netzteil wirklich stabil arbeitet? Die Beurteilung des Kurzzeit-Regelverhaltens ist durch dynamische Ausgangsbelastung möglich. Das ist mit wenigen Bauteilen getan.



Zu den wichtigen Größen von Netzteilen gehören nicht nur Spannung, Strom, Ausgangswiderstand, Brummen und Rauschen, auch das Regelverhalten bei wechselnden Lasten ist entscheidend. Das lässt sich durch Belasten des Ausgangs mit einer Widerstandsreihe testen, die zwischen zwei Werten umschaltet. Hersteller von Netzteilen dimensionieren die wechselnde Last gern so, dass sie 10 % und 90 % der maximalen Ausgangsleistung beträgt. Die Schaltfrequenz liegt bei einigen 10 Hz, ein gängiger Wert ist 40 Hz. Aus dem Schaltverhalten, das mit einem Oszilloskop beobachtet werden kann, lassen sich Rückschlüsse auf die Netzteil-Stabilität ziehen. Meistens zeigt die Rechteck-Vorderflanke ein mehr oder weniger ausgeprägtes Überschwingen. Die Ursachen sind im Regelverhalten der Stabi-

lisierung, in den Induktivitäten der internen und externen Leitungen und in dem eventuell vorhandenen Ausgangsfilter zu suchen.

Das Elektor-Labor hat im Lauf der Jahre schon einige Netzteile und Netzgeräte getestet. Normalerweise wird das dynamische Verhalten von Netzteilen nur bei einer festen Frequenz untersucht. Unsere Tester haben sich etwas mehr Mühe gemacht und das Verhalten auch bei höheren Schaltfrequenzen untersucht. Nötig ist dazu nur ein gebräuchlicher Funktionsgenerator, der ein Rechtecksignal erzeugt, sowie die Schaltung in **Bild 1**. So gerüstet lassen sich Schaltfrequenzen bis in den Megahertz-Bereich realisieren, was recht genaue Aufschlüsse über die Eignung des Testobjekts für vorgesehene Einsatzzwecke erlaubt. Vielen Netzteilen und Netzgeräten ist eine Art Wechsellast-Resonanzfrequenz zu eigen, bei der sie nicht stabil arbeiten. Es kann durchaus nützlich sein, diese Frequenz zu kennen.

Die Testschaltung erfordert nur wenig Aufwand. Der Power-MOSFET schaltet bis zu 80 V/75 A, der On-Widerstand beträgt nur 10 mΩ bei $U_{GS} = 10$ V. Widerstand R2 belastet den Netzteil-Ausgang kontinuierlich, er wird so dimensioniert, dass durch ihn 1/10 des maximalen Ausgangsstroms fließt:

$$R2 = U_{max} / 0,1 I_{max}$$

Durch R1 sollen 80 % des maximalen Ausgangsstroms fließen, hier gilt:

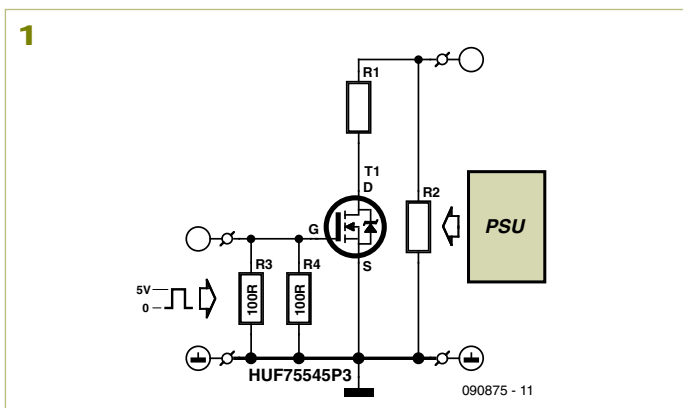
$$R1 = U_{max} / 0,8 I_{max}$$

Immer wenn der MOSFET durchschaltet, sind am Netzteil-Ausgang 90 % der maximalen Last angeschaltet, in den Pausen sind es 10 %. Die Widerstände, deren Werte auf die nächsten Werte der E12-Normreihe gerundet werden, müssen genügend belastbar sein (eventuell aktiv kühlen!). Bei hohen Ausgangsströmen ist auch für den MOSFET ein Kühlkörper notwendig. Am Gate des MOSFETs liegen zwei 100-Ω-Widerstände parallel nach Masse, so dass der Funktionsgenerator mit 50 Ω belastet wird.

Stellen Sie das Rechtecksignal auf 5...10 V_{SS} ein. Steigern Sie die zu Testbeginn niedrige Schaltfrequenz allmählich, behalten Sie ständig die Anzeige des Oszilloskops im Auge. Es ist nicht ausgeschlossen, dass Sie die eine oder andere Überraschung erleben...

Bitte denken Sie daran, dass Elektor nicht für eventuelle Schäden an Ihrem Testobjekt haften kann. Sie führen den Test in eigener Verantwortung durch!

(090875)gd



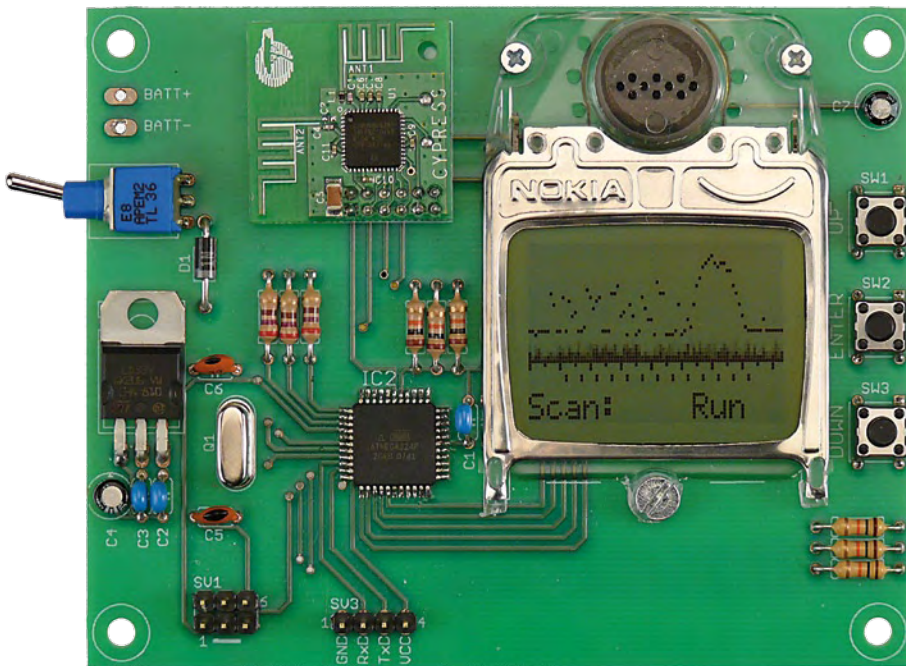
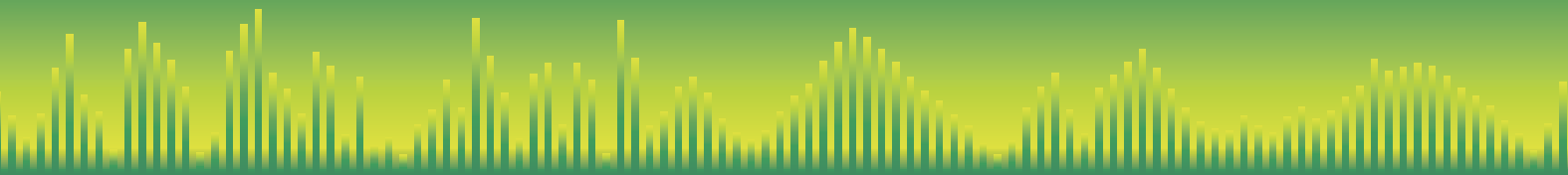
Von den Machern von Elektor!



Oder frei Haus unter www.elektor.de bestellen!

2,4-GHz-Scanner

Spürnase für WLAN, Bluetooth & Co.



Von Marcel Romijn (NL)

Im 2,4-GHz-ISM-Band tummeln sich heute zahllose funkende Geräte und Systeme. Durch die dichte Belegung können Kollisionen entstehen, zum Beispiel wenn räumlich benachbarte Drahtlosnetzwerke auf gleichen Kanälen arbeiten. Dieser handliche Scanner gibt Aufschluss über die örtliche Belegung des stark strapazierten Frequenzbands. Ein Blick auf das grafische Display genügt, um gezielt auf einen störungsarmen Kanal ausweichen zu können.

Die Welt ist durchdrungen von elektromagnetischen Wellen, die Informationen drahtlos von Ort zu Ort tragen. Leider sind von dem breiten Wellenspektrum nur wenige Teilbereiche für die Nutzung ohne besondere Erlaubnis freigegeben. Den ISM-Bereich (*Industrial, Scientific and Medical*, siehe [1]) bei 2,4 GHz müssen sich zahllose funkende Anwendungen wie WLAN, Bluetooth, Modellbau-Fernsteuerungen und auch drahtlose Signalübertragungsstrecken für Audio- und Video-Installationen teilen. Doch damit nicht genug, auch der Mikrowellenofen, der zum Inventar nahezu jeder Küche gehört, erzeugt starke elektromagnetische Strahlung in diesem Bereich. Mit der zunehmenden Belegung des 2,4-GHz-ISM-Bandes wächst die Gefahr, dass sich Geräte und Anwendungen gegenseitig beeinflussen oder sogar stören. Wenn WLAN oder Bluetooth beeinträchtigt sind,

hilft ein Spektrum-Analyser weiter, wie er bereits vor einigen Jahren in Elektor [2] veröffentlicht wurde. Von jener Version unterscheidet sich der hier beschriebene Scanner dadurch, dass PC oder Notebook zum Darstellen des gemessenen Spektrums nicht erforderlich sind. Der interne Mikrocontroller scannt das 2,4-GHz-ISM-Band und zeigt die Belegung als Grafik auf einem eigenen Display an. Auch die hier vorgestellte Version arbeitet mit dem WLAN-Transceiver-Baustein CYWUSB6935 von Cypress Semiconductors. Da der Baustein unmittelbar über die SPI-Schnittstelle des Mikrocontrollers gesteuert wird, läuft der Scan-Vorgang verglichen mit der früheren Version noch etwas schneller ab.

Konzept

Die Arbeitsweise dieses 2,4-GHz-Scanners ist mit der Arbeitsweise der ersten Ver-

sion [2] nahezu identisch. Ebenso wie dort wird nur die Funktion RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) des WLAN-Transceiver-Bausteins CYWUSB6935 (Bild 1) genutzt. Der Mikrocontroller stimmt den Frequenzsynthesizer schrittweise auf die Kanäle des 2,4-GHz-Bandes ab. Bei jedem Kanal wartet er, bis die Intensität des empfangenen Signals gemessen ist. Nach Abtasten aller Kanäle wird das Gesamtergebnis in Form eines Säulendiagramms auf dem LC-Display ausgegeben. Damit schnelle Änderungen einer Kanalbelegung nicht verloren gehen, kann jeder Kanal auch mehrfach nacheinander gemessen werden.

Hardware

Die Schaltung des 2,4-GHz-Scanners in Bild 2 besteht im Wesentlichen aus dem Mikrocontroller ATmega324 (IC2), dem WLAN-Transceiver-Baustein CYWUSB6935

Eigenschaften

- Scannen der 84 Kanäle im 2,4-GHz-Band etwa 20 Mal in der Sekunde
- Anzeigen des maximalen Messwerts für jeden einzelnen Kanal
- Schnelles wiederholtes Messen einzelner Kanäle möglich
- Schnelles wiederholtes Messen des gesamten Frequenzbandes möglich
- Betriebsspannung 3,3 V über Low-drop-Spannungsregler
- Serielle Schnittstelle für Erweiterungen
- Hardware auch für andere Drahtlos-Anwendungen einsetzbar

(MOD1), dem LC-Display eines Mobiltelefons Nokia 3310 sowie den Bedientastern S2...S4. Da sowohl der Transceiver-Baustein als auch das LC-Display mit 3,3 V Betriebsspannung arbeiten, wurde ein Mikrocontroller mit identischer Betriebsspannung gewählt, die ein Low-drop-Spannungsregler LD-1117V33 (IC1) bereitstellt. Der erhält seine Eingangsspannung von vier Mignon- oder Mikro-Batterien, natürlich sind auch Akkus gleicher Bauform verwendbar. Alternativ kann auch eine 9-V-Batterie angeschlossen werden.

Wie schon erwähnt, steuert der Mikrocontroller den Transceiver-Baustein und das LC-Display über seine SPI-Schnittstelle. Die Firmware wird über Steckverbinder K1, an dem ebenfalls der SPI-Bus liegt, in den Mikrocontroller geladen. K2 stellt die Verbindung mit dem seriellen Port des Mikrocontrollers her. Über diese Schnittstelle kann der Mikrocontroller mit der Außenwelt kommunizieren. Beim 2,4-GHz-Scanner ist eine solche Kommunikation bisher noch nicht vorgesehen.

Auch die serielle Schnittstelle arbeitet mit 3,3 V Signalpegel. Bei Bedarf hebt ein an K2 angeschlossener MAX3232 als externer Pegelwandler den Signalpegel an. Es ist auch möglich, der Schaltung über K2 eine externe stabilisierte Betriebsspannung von 3,3 V zuzuführen. Bei dieser Konfiguration muss Spannungsregler IC1 entfallen.

Mit zwei Exemplaren der Schaltung in Bild 1 lässt sich eine bidirektionale drahtlose Datenübertragungsstrecke realisieren. Die Mikrocontroller übernehmen die komplexen Funktionen wie das Steuern der Transceiver-Bausteine, und für die seriellen Schnittstellen wird ein passendes Übertragungsprotokoll implementiert. Während das erste, eventuell ohne Display betriebene System zum Beispiel in einen Roboter eingebaut ist, dient das zweite System zur Fernabfrage und zum Fernsteuern der Roboter-Parameter. Dies ist nur eine von vielen denkbaren Einsatzmöglichkeiten.

Aufbauen

Für den 2,4-GHz-Scanner wurde eine Platine entworfen (Bild 3). Der Schaltungsaufbau

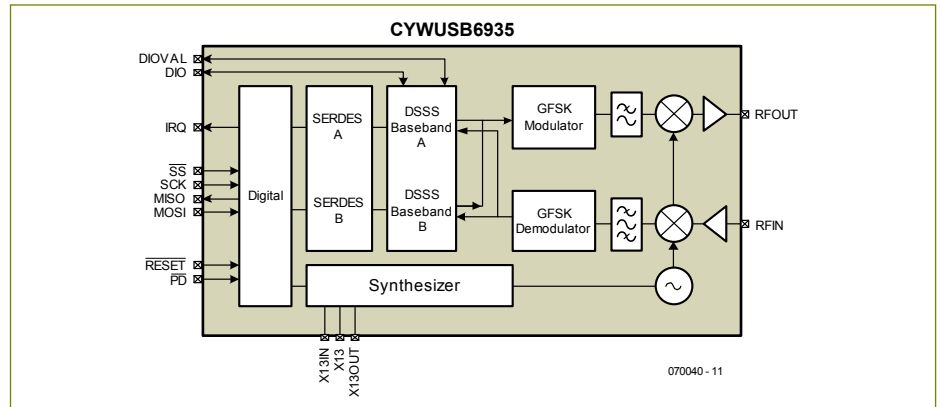


Bild 1. Funktionsschema des WLAN-Transceivers CYWUSBB6935 von Cypress.

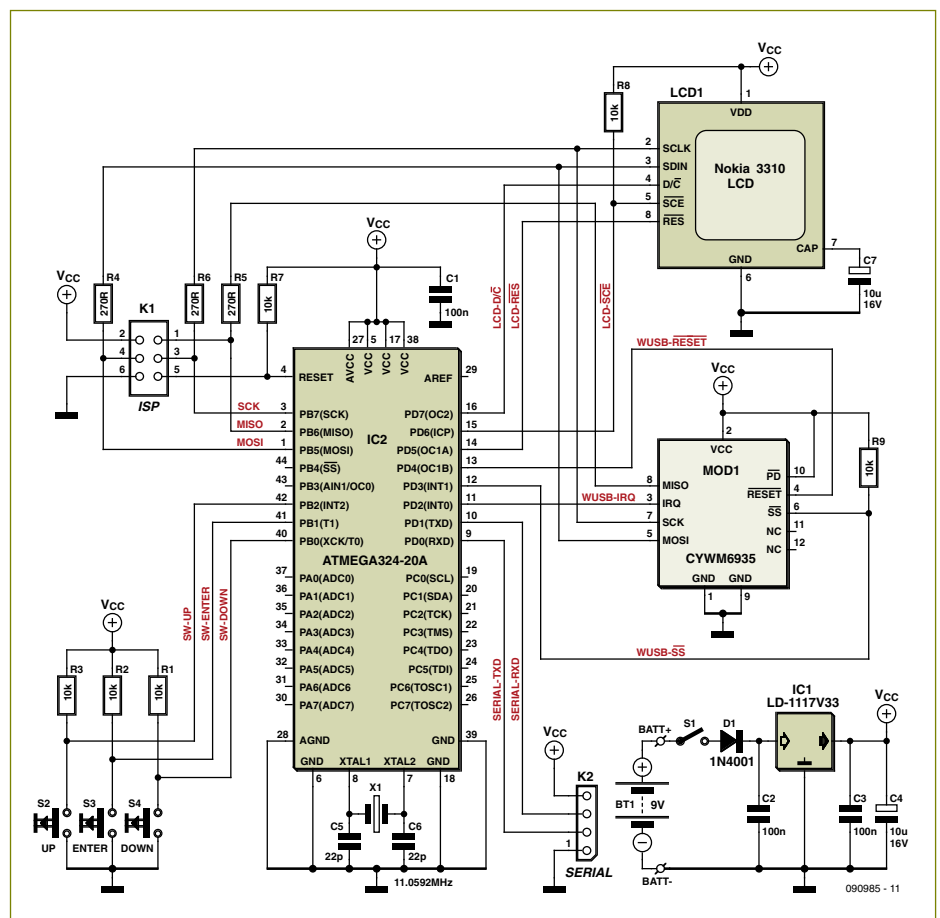


Bild 2. Die wichtigsten Komponenten sind der ATmega324, das WLAN-Modul von Cypress und das grafische LC-Display eines ausgemusterten Handys Nokia 3310.

Stückliste

Widerstände:

R1...R3, R7...R9 = 10 k
R4...R6 = 270 Ω

Kondensatoren:

C1...C3 = 100 n
C4, C7 = 10 µ/16 V stehend
C5, C6 = 22 p

Halbleiter:

D1 = 1N4001
IC1 = LD-1117V33 (ST Microelectronics)
IC2 = ATmega324-20A (programmiert, EPS 090985-41)
MOD1 = Modul CYWM6935 (Farnell 1319925/1321748, RS Components 382-620)

Außerdem:

X1 = Quarz 11,0592 MHz
K1 = Stiftleiste 2 · 3 Kontakte
K2 = Stiftleiste 4 Kontakte
S1 = Minischalter
S2...S4 = Drucktaster 5 mm für Platinenmontage
Fassung für Modul MOD1, 2 · 6 Kontakte, Raster 2 mm (!)
LC-Display aus Handy Nokia 3310 (z. B. eBay-Suche nach „Nokia 3310 Display“)
4 AA- oder AAA-Zellen mit Halter, alternativ Batterie 9 V mit Anschlussclip
Software 090985-11 und Layout der Platine 090985-1 inklusive Eagle-Files, herunterzuladen von [4]

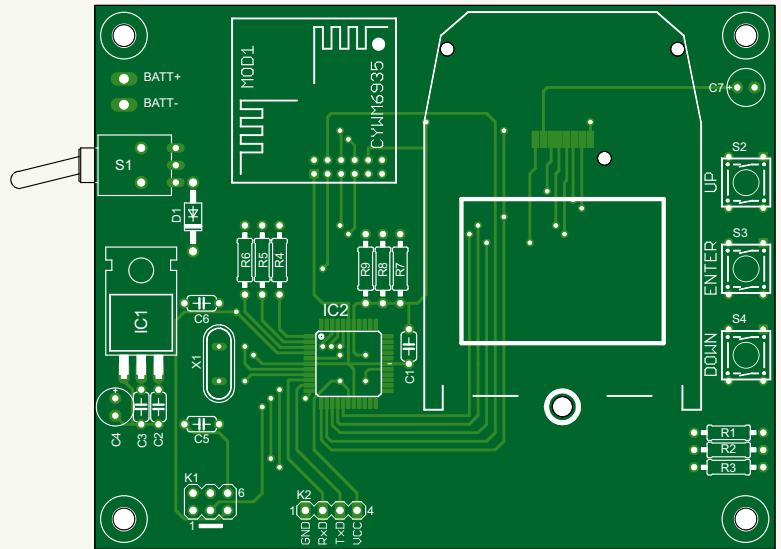


Bild 3. Das Platinenlayout wurde so gestaltet, dass die Bauelemente leicht montierbar sind.



Bild 4. Am ausgebauten LC-Display hängt noch der untere Teil der Handy-Tastatur.

auf der Platine ist wegen der relativ großflächigen Gestaltung nur mäßig schwierig. Lediglich der Mikrocontroller ATmega324 ist ein SMD-IC im 44-Pin-TQFP-Gehäuse. Das WLAN-Transceiver-Modul CYWUSB6935 wird einsatzbereit geliefert, es muss nur noch in eine Fassung mit 2 mm Pinabstand (und nicht wie meist üblich 2,54 mm) eingesetzt werden. Das LC-Display, das einem ausgemusterten Handy Nokia 3310 entnommen wird, kann zum Beispiel via eBay erstanden werden.

Zuerst wird die Platine mit dem Mikrocontroller bestückt, denn seine Montage erfordert das größte Fingerspitzengefühl. Gefragt sind ein Lötkolben mit möglichst feiner Spitze sowie Geduld und eine ruhige Hand. Zuerst wird ein Pin angelötet, der sich an einer Gehäuseecke befindet. Das IC wird nun präzise ausgerichtet, erst dann folgen die übrigen Pins. Eventuelle Lötbrücken zwischen den Pins sind nicht weiter tragisch, sie lassen sich später mit Entlötlitze entfernen. Bei der Montage der Diode D1 und der Elkos C4 und C7 ist unbedingt auf korrekte Polarität zu achten.

Das Nokia-Handy-Display ist meist noch mechanisch mit der Trägerplatte verbunden, die im Originalzustand zur Handy-Tastatur gehört (Bild 4). Nach Entfernen der

losen, nicht benötigten Teile wird die Trägerplatte entlang der roten Markierungen in Bild 5 auseinander gesägt. Die unter dem Display befindliche Bohrung muss erhalten bleiben, sie wird für die Montage auf der Platine gebraucht.

Damit die Display-Kontakte ihre korrekte Lage auf der Platine einnehmen, ist am Display eine Nase vorhanden, die in eine zugehörige Platinenbohrung passt. Zwei M2-Schrauben an der Oberseite und eine M3-Schraube an der Unterseite verschaffen dem Display auf der Platine den nötigen Halt (Bild 6).

Nachdem das WLAN-Transceiver-Modul in seine Fassung eingesteckt wurde, muss nur noch der Batteriehalter mit den Batterien oder Akkus (oder der Clip der 9-V-Batterie) angeschlossen werden.

Firmware

Über Steckverbinder K1 wird die Firmware in den Mikrocontroller geladen. Achtung: Da der Mikrocontroller mit 3,3 V Betriebsspannung arbeitet, beträgt auch die Programmiervoltage 3,3 V! Das Entwicklungssystem STK500 von Atmel lässt sich auf 3,3 V einstellen, der ATmega324 ist mit diesem Kit problemlos programmierbar. Falls lediglich ein Programmer für 5 V zur Verfügung

steht, müssen die Spannungspegel angepasst werden. Das kann zum Beispiel wie in [3] beschrieben mit einem MAX3392 geschehen, eine andere Lösung sind diskret aufgebaute Level-Shifter. Die Firmware steht auf der Elektor-Website [4] zum kostenlosen Download bereit. Gebrauchsfertig programmiert ist der Mikrocontroller unter der Nummer 090985-41 im Elektor-Shop erhältlich.

Benutzeroberfläche

Wenn die Firmware in den Mikrocontroller geladen ist, erscheint nach dem Einschalten das Hauptmenü auf dem Display. Der Benutzer kann mit den Drucktastern durch das Menü navigieren. Die Taster „Up“ und „Down“ bewegen den Cursor, mit dem „Enter“-Taster wird die im Menü gewählte Funktion aktiviert. Aus dem Hauptmenü wird der Scanner gestartet, ferner lassen sich die Display-Einstellungen wie zum Beispiel der Kontrast anpassen, und auch die Firmware-Version und die Daten des WLAN-Moduls CYWUSB6935 sind abrufbar. Die Display-Einstellungen werden im EEPROM des Mikrocontrollers abgelegt, sie sind auch bei späteren Scanner-Einsätzen wirksam. Das Zurücksetzen der Display-Einstellungen ist



Bild 5. Die Trägerplatte muss entlang der roten Markierungen durchtrennt werden.



Bild 6. Das Display wird mit zwei M2-Schrauben und einer M3-Schraube auf der Platine befestigt.

möglich, indem beim Einschalten der „Up“-Taster gedrückt gehalten wird. Der Scanner startet im Menü „Contrast“, wenn beim Einschalten die „Enter“-Taste gedrückt ist. In diesem Menü kann mit den Tastern „Up“ und „Down“ der Kontrast angepasst werden. Es hat sich gezeigt, dass die Standard-Einstellung wegen der Exemplarstreuungen nicht bei allen Displays zu befriedigenden Ergebnissen führt.

In der Betriebsart „Scannen“ wird auf dem Display das Spektrum des 2,4-GHz-Bandes

dargestellt. Eine Orientierungshilfe zur Zuordnung der Kanäle und Frequenzen bieten so genannte „Tick-marks“, die unter dem Säulendiagramm stehen. Das 2,4-GHz-Band ist in 84 Kanäle unterteilt (2,400...2,4835 GHz), und wie es der Zufall will, sind auch auf dem Display des Nokia-Handys 84 Spalten darstellbar. Die Mittenfrequenzen der 13 WLAN-Kanäle sind ebenfalls markiert.

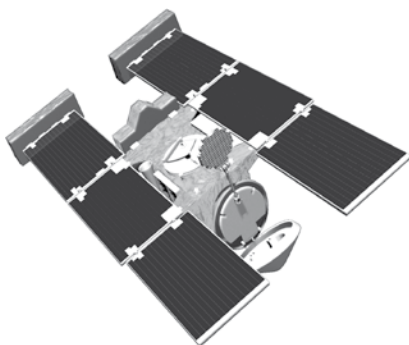
Unten im Display erscheint ein einzeliges Menü, mit dem die Scan-Parameter einge-

Weblinks und Literatur

- [1] „DBPSK-OFDM-DVB-QAM“, Elektor Januar 2009
- [2] „2,4-GHz-Spektrum-Analyser“, Elektor Juni 2007

- [3] „Universelles µC-Bedienmodul“, Elektor Dezember 2008
- [4] www.elektor.de/090985

Anzeige



Entwickeln Sie Elektronik für die Raumfahrt!

Als mittelständisches Raumfahrtunternehmen entwickeln und fertigen wir seit über 35 Jahren wissenschaftliche Raumfahrt- und Raketenexperimente sowie robotische Fahrzeuge (Rover) und deren Steuerungen für Institute und Raumfahrtagenturen im In- und Ausland. Weiterhin führen wir Sonderentwicklungen und Studien für die Industrie durch. Für neue interessante Projekte in der Raumfahrt Elektronik und für die Projektleitung suchen wir:

Ingenieure (m/w) Elektronik

Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. (FH) Dr.-Ing.

Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung. Weitere Infos: <http://www.vh-s.de/jobs>

von Hoerner & Sulger GmbH D-68723 Schwetzingen · Schloßplatz 8 · <http://www.vh-s.de>

Menüführung

Das Hauptmenü ist nebenstehend oben zu finden.

Die Menü-Auswahlen „Setup“ und „About“ haben jeweils ein Untermenü.

Das Untermenü „Setup“ umfasst fünf Menüpunkte. Die oberen drei davon betreffen das Display, hier können der Kontrast, der Arbeitspunkt und der Temperaturkoeffizient eingestellt werden. Bei Auswahl von „EEPROM Store“ werden die eingestellten Werte in das Mikrocontroller-EEPROM übernommen. Beim nächsten Scanner-Start sind die im EEPROM gespeicherten Werte aktiv.

Die Menü-Auswahl „Back“ führt zurück zum Hauptmenü.

Wenn im Hauptmenü „About“ gewählt wird, kann man aus drei Untermenüpunkten auswählen.

Nach der Auswahl „Transceiver“ werden die Daten des WLAN-Transceivers CYWUSB6935 einschließlich der individuellen Seriennummer angezeigt.

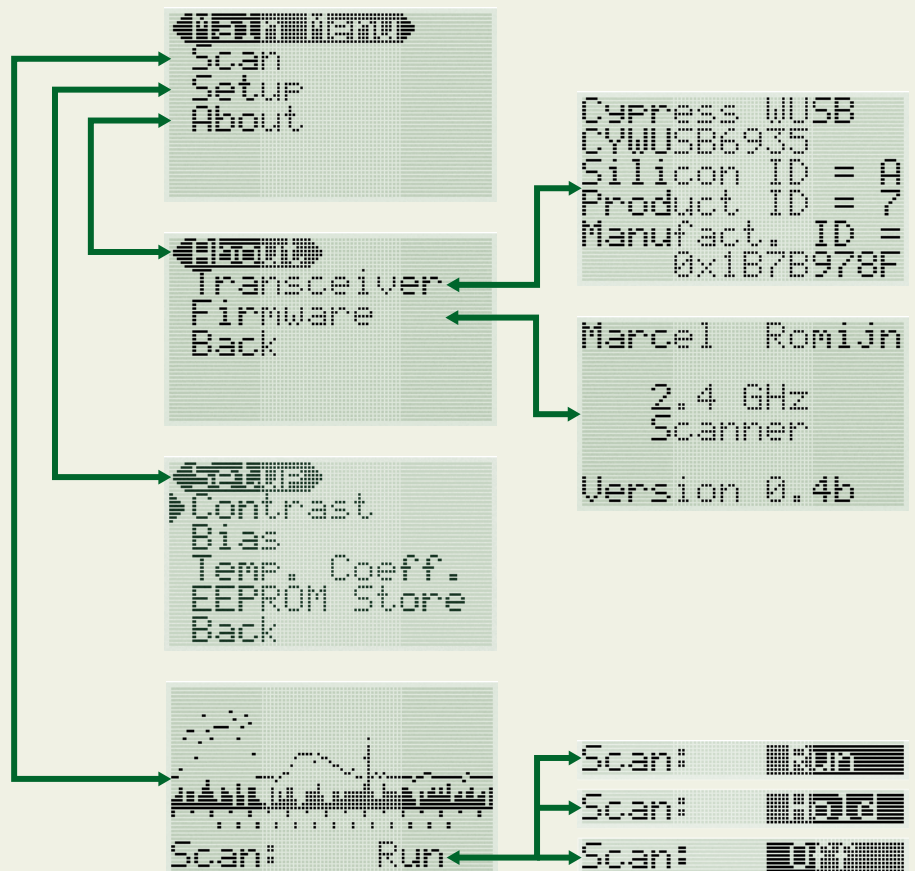
Auf die Auswahl „Firmware“ folgt die Versionsanzeige der Firmware.

Mit „Scan“ im Hauptmenü wird der Scanner gestartet (unterstes Bild).

Der Scanner startet im Modus „Run“. In diesem Modus wird das gesamte 2,4-GHz-Band abgetastet und das Ergebnis nach einigen Sekunden auf dem Display ausgegeben. Die maximalen Feldstärken der einzelnen Kanäle werden als Säulendiagramm dargestellt.

Im Scan-Bild unten ist zu erkennen, dass eine Anwendung im unteren Teil des Spektrums etwa 20 Kanäle belegt. Hier findet die drahtlose Übertragung eines Audio-Signals statt. Kanal 6 ist mit einem schwächeren Signal belegt, es stammt vermutlich von einem WLAN in der Nachbarschaft. Auf Kanal 51 steht ein schmalbandiges kontinuierliches Signal. Die Herkunft dieses Signals konnte leider nicht ergründet werden.

Oberhalb von Kanal 52 sind keine Signale vorhanden, sichtbar ist hier nur das



Hintergrundrauschen.

Durch das Untermenü des Modus „Scan“ (unten im Display) kann mit den Tastern „Up“ und „Down“ navigiert werden. Abhängig von der Auswahl wird mit „Enter“ entweder eine Aktion gestartet, oder es wird ein Wert eingestellt.

Das Untermenü bietet die Auswahlen „Run“, „Hold“ und „Off“ an. Nach Aktivieren einer Auswahl erscheint der Begriff in invertierter Schrift. Mit den Tastern „Up“ und „Down“ können die zugehörigen Werte eingestellt werden.

Nach Drücken von „Enter“ ist der eingestellte Wert gespeichert, danach ist wieder das Navigieren durch das Untermenü von „Scan“ möglich.

Mit der nächsten Menü-Auswahl wird festgelegt, ob die Maxima („Limits“) darge-

stellt oder verborgen werden („Show“ oder „Hide“).

Die folgende Auswahl erlaubt das Rücksetzen der Maxima. Beim Drücken von „Enter“ werden die Maxima auf Null gesetzt.

In der nächsten Auswahl lässt sich einstellen, wie oft jeder Kanal gescannt wird, bis der nächste Kanal folgt. Bei mehreren Messungen des gleichen Kanals wird der höchste gemessene Wert angezeigt.

Es folgt eine Menü-Auswahl, die der vorangegangenen Auswahl ähnlich ist. Hier werden jedoch nicht die einzelnen Kanäle mehrfach gescannt, die Wiederholungen beziehen sich auf das gesamte 2,4-GHz-Band.

Über die letzte Menü-Auswahl ist die Rückkehr vom Scan-Untermenü in das Hauptmenü möglich.

stellt werden können. Auch durch dieses Menü kann der Benutzer mit den Tastern „Up“ und „Down“ navigieren. Mit „Enter“ wird die gewählte Funktion aktiviert oder der eingestellte Wert übernommen.

Die Fotos geben einen Überblick über die im 2,4-GHz-Scanner implementierte Menüführung.

(090985)gd

PCB Spezialist für Prototypen & Kleinserien



PCB proto	spezieller Prototypen Service
STANDARD pool	große Auswahl 1-8 Lagen
Neu TECH pool	100µ Technologie
Neu IMS pool	aluminium Prototypen im Pooling
On demand	alle Optionen bis 16 Lagen

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

Besuchen Sie uns auf der Embedded World 2010 – Halle 12 – Stand 255

ALLE SERVICES

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

www.eurocircuits.de

Termine für Elektor Nr. 4 / 2010

Anzeigenschluss ► 16.02.2010

Erscheinungstermin ► 15.03.2010

Anzeigen:
Verlagsbüro ID
Telefon: (0511) 61 65 95-0

E-Mail: service@id-medienservice.de
Internet: www.id-medienservice.de



Seminar CC2-ATmega

NEU!

➔ auf der Basis des Elektor/CC2-ATM18-Testboards

In diesem Seminar mit u. a. Wolfgang Rudolph werden die grundsätzlichen Kenntnisse der Programmierung und des Anschlusses von Peripherie an Mikrocontrollern vermittelt. Dazu sind Grundlagen der Teilnehmer erforderlich. Sowohl im Bereich der Programmerstellung wie auch über den Umgang mit Mikrocontrollern. Am Beispiel der Testboards werden theoretisches und auch praktisches Wissen gelehrt. Die Grundlagen eines Mikrocontrollersystems werden mit den notwendigen Komponenten wie Stromversorgung, Schnittstellen, (USB, Seriell, ISP/SPI), Beschaltung von Ports sowie AD/DA und PWM-Anschlüsse erarbeitet. In vier Beispielen wird ein Konzept entwickelt, von der Idee über die Hardwareumsetzung bis zur Programmentwicklung und Kodierung. Diese Beispiele werden aus vorhandenen Projekten und Artikeln aus den Elektor-Heften entnommen.

Geplante Themen:

- Von der Idee zur Hardware – Das ATM18-Testboard.
- Die Ausgabe – Ein LC-Display wird angeschlossen.
- Extern steuern – Mit Relais die Umwelt schalten.
- Komplexe Anwendung – Ein Schweberegler mit einfachen Mitteln.
- Ausblick – Das Minimod18 als Konzept der Zukunft.

Veranstaltungsorte/-termine:

Frankfurt am Main	30.01.2010
Leipzig	20.03.2010
Luzern (Schweiz)	29.05.2010
München	25.09.2010
Hannover	06.11.2010

Teilnehmergebühr (zzgl. MwSt.):

299,00 Euro (469,50 CHF)

Die für die Durchführung des Workshops benötigte Hardware wird Ihnen leihweise zur Verfügung gestellt.

388,00 Euro (609,20 CHF)

inkl. Hardware-Erwerb

Die für die Durchführung des Workshops benötigte Hardware bleibt Ihr Eigentum.

**Elektor-Abonnenten
erhalten 5% Rabatt auf
den Workshop-Preis!**

Weitere Infos & Anmeldung unter www.elektor.de/cc2-atmega

Multitasking für den ATmega

Femto OS - ein kleines Betriebssystem für Mikrocontroller

Von Wolfgang Rudolph (D), Clemens Valens (Elektor Frankreich) und Jerry Jacobs (Elektor Labor)

Die Multitasking-Fähigkeit ist nicht nur auf große Mikroprozessoren beschränkt, mit einem entsprechenden Betriebssystem beherrschen dies auch Mikrocontroller. Aber wofür benötigt man so etwas auf solch kleinen Systemen? Und wie arbeitet ein multitasking-fähiges OS? Dies zeigen wir am Beispiel des Betriebssystems Femto OS und natürlich unserem ATM18.



Für uns Menschen ist es selbstverständlich, dass wir telefonieren und dabei fernsehen. Oder uns unterhalten und gleichzeitig stricken und noch Musik hören. Aber das sind nur die bewussten „Prozesse“, im Unterbewusstsein laufen noch viel mehr dieser Funktionen gleichzeitig ab. Durch Training gelingt es einigen Zeitgenossen sogar, gleichzeitig etwas Gehörtes aufzuschreiben und Rechenaufgaben im Kopf zu lösen. Unser massiv parallel arbeitendes Gehirn kann sich durch seine synaptische Plastizität an solche Aufgaben anpassen – sich also quasi selbst umprogrammieren.

Ganz anders ist es bei unseren Computern. Wenn sie in ihren Chips nur ein Rechenwerk und eine „Verwaltung“ haben, so können sie immer nur eine Sache zur gleichen Zeit erledigen. Erst Multicore-Prozessoren bieten die Möglichkeit, an getrennten Aufgaben gleichzeitig zu arbeiten. Allerdings gibt es noch nicht allzu viel Software, die diese Kerne optimal ausnutzt. Ein Singlecore-Prozessor- oder -Controller sollte sich aber jeweils immer nur mit einer Aufgabe beschäftigen können. Und doch kann man diese kleinen Rechenknechte multitasking-fähig machen. Aber wie?

Multitasking im Alltag

Stellen wir uns vor, dass ein Büroarbeiter an seinem Schreibtisch sitzt, viele Aktenordner offen hat und etliche Papiere zu einem Vorgang bearbeitet. Plötzlich kommt ein Auftrag mit höherer Priorität! Jetzt muss der Sachbearbeiter zuerst seinen Schreibtisch frei machen. Er heftet also Merkzettel in die Ordner, bevor er sie zuschlägt, und legt die Sachen ordentlich und sortiert in ein Register. Erst danach beginnt er mit der neuen Aufgabe auf seinem leeren Schreibtisch.

Sollte er dann eine Aufgabe mit noch höherer Priorität zugeteilt bekommen, beginnt das Ganze noch einmal. Allerdings benutzt der Büroarbeiter jetzt weitere Fächer in seinem Register und merkt sich dabei, welche Fächer wozu gehören.

Hat er nun seine wichtigste Aufgabe erledigt, so räumt er die Ergebnisse weg und macht seinen Schreibtisch wieder leer. Danach stellt er den Zustand vor der Unterbrechung der vorherigen Aufgabe auf seinem Schreibtisch wieder her.

Auf diese Weise kann der Sachbearbeiter zwar niemals mehrere Aufgaben parallel erledigen, es sei denn, er hätte mehrere Schreibtische (mehrere Prozessorkerne). Dennoch wird er abends seiner Frau erzählen, wie viel er heute wieder „gleichzeitig“ machen musste.

Jetzt wissen Sie schon, auf welche Weise ein Prozessor oder Controller so tut, als ob er „Multitasking“ könnte. Bei einer Unterbrechungsanforderung speichert er den Inhalt seiner Arbeitsregister und den Programmzähler und beginnt mit dem höher priorisierten Prozess. Ist er mit dieser Aufgabe fertig, stellt er die ursprünglichen Registerinhalte wieder her und macht exakt an der Stelle weiter, wo er seine Arbeit vorher unterbrochen hat. Dieses abstrakte Beispiel ist stark vereinfacht, der wirkliche Ablauf im Controller ist wesentlich komplexer.

Das Femto OS

Ein leistungsfähiges und dennoch winziges OS, das Femto OS, hat der Niederländer Dr. Ruud Vlaming als Hobbyprojekt entwickelt. Das Femto OS ist ein portables Multitasking-Echtzeit-Betriebssystem (RTOS) für Embedded-Mikrocontroller. Es kommt mit nur 8 KB Flash-Speicher und 512 Byte RAM aus und ist damit wahrscheinlich

Aller Anfang ist schwer

Wer mit Femto OS auf dem ATmega88 beginnen will, hat grundsätzlich zwei Möglichkeiten. Zuerst muss das Femto OS von der Webseite seines Autors [2] geladen werden. Im Zip-File befindet sich eine ReadMe-Datei, sie ist sehr verständlich gehalten und enthält eine Menge nützliche Informationen.

1. Bei der einfachen Variante wird AVR Studio [6] und WinAVR [7] verwendet, dieser Weg kommt somit nur für Windows-Nutzer in Frage. Zur Femto OS Distribution gehört eine Batch-Datei mit der

Bezeichnung: install_avrstudio_workspace.bat.

Wenn man diese ausführt, ist man bereits fertig. Unser Programm-Beispiel erscheint im AVR Studio als Projekt.

2. Apple- und Linux-Benutzer haben es nicht so einfach, sie müssen die Femto OS Toolchain selbst zusammenbauen. Aber auch dieser ungleich härtere Weg ist in der ReadMe beschrieben. Hier sollten sich allerdings nur die wirklichen Freaks rantrauen, das Ganze kostet viel Zeit und es müssen recht viele Pakete nachinstalliert werden.

einzigartig. Femto OS ist Open Source und unter GPLv3 lizenziert. Wie effizient Femto OS mit dem Speicher umgeht, kann man an einem Beispiel erkennen. Will man 8 LEDs unabhängig voneinander blinken lassen, so läuft Femto OS innerhalb von 1 KB Flash und kommt mit nur 47 Byte RAM aus.

Natürlich kann man sein Programm auch als Schleife programmieren und immer rund laufen lassen. Allerdings muss man dann ständig auf alle möglichen Eingaben testen, um reagieren zu können. Führt das Programm dann aber einen durch eine Eingabe ausgelösten Befehl aus, läuft es schon nicht mehr in der Abfrageschleife. Was, wenn dann eine neue Eingabe erfolgt? Natürlich kann man auch Interrupts verwenden und dann die Abarbeitung eines Programmteils unterbrechen, um der Eingabeaufforderung nachzukommen. Dazu muss man auch noch die Wichtigkeit (Priorität) der einzelnen Aufgaben selbst verwalten. Was geschieht aber, wenn sehr viele Unterbrechungen erfolgen müssen? Die Verwaltung aller Aufgaben wird dann sehr schnell sehr komplex.

Mit Femto OS ist es einfach, eine solche Applikation zu programmieren. Es wird sowohl die kooperative als auch die präventive Multitaskingmethode unterstützt. Bei ersterer bestimmen die Aufgaben – Tasks genannt – selbst, wann sie eine andere Aufgabe an

die Reihe kommen lassen. Bei letzterer (im Englischen heißt diese Methode „preemptive multitasking“), kann ein Task auch von außen her unterbrochen werden, etwa zeitgesteuert. Die einzelnen Tasks werden dabei ganz normal programmiert, man muss auf das Zeitverhalten keine Rücksicht nehmen. Der Wechsel zwischen den Tasks wird von Femto OS vorgenommen. Jedem der Tasks kann eine Priorität zugewiesen werden, mit der das Betriebssystem die Reihenfolge der Abarbeitung festlegt.

Basis-Multitasking

Doch wie arbeitet Femto OS intern? Ein wichtiger Teil des OS ist der Scheduler.

Bild 1 zeigt das Flussdiagramm eines typischen Multitasking-Betriebssystems. Nach der System-Initialisierung übernimmt der Scheduler die Kontrolle. Dieses Steuerprogramm führt eine Liste aller Aufgaben, wählt eine Aufgabe mit der höchsten Priorität aus und startet sie. Diese läuft dann bis zu einer Unterbrechung. Sind alle Tasks einer Prioritätengruppe gestartet (also zumindest einmal an die Reihe gekommen), so wird mit den Aufgaben der nächst niedrigeren Priorität begonnen. Dieses Verfahren wird als Round-Robin bezeichnet.

Wird ein Task wieder aufgenommen, so werden die Rahmenbedingungen für diese Aufgabe wieder hergestellt und mit der Aus-

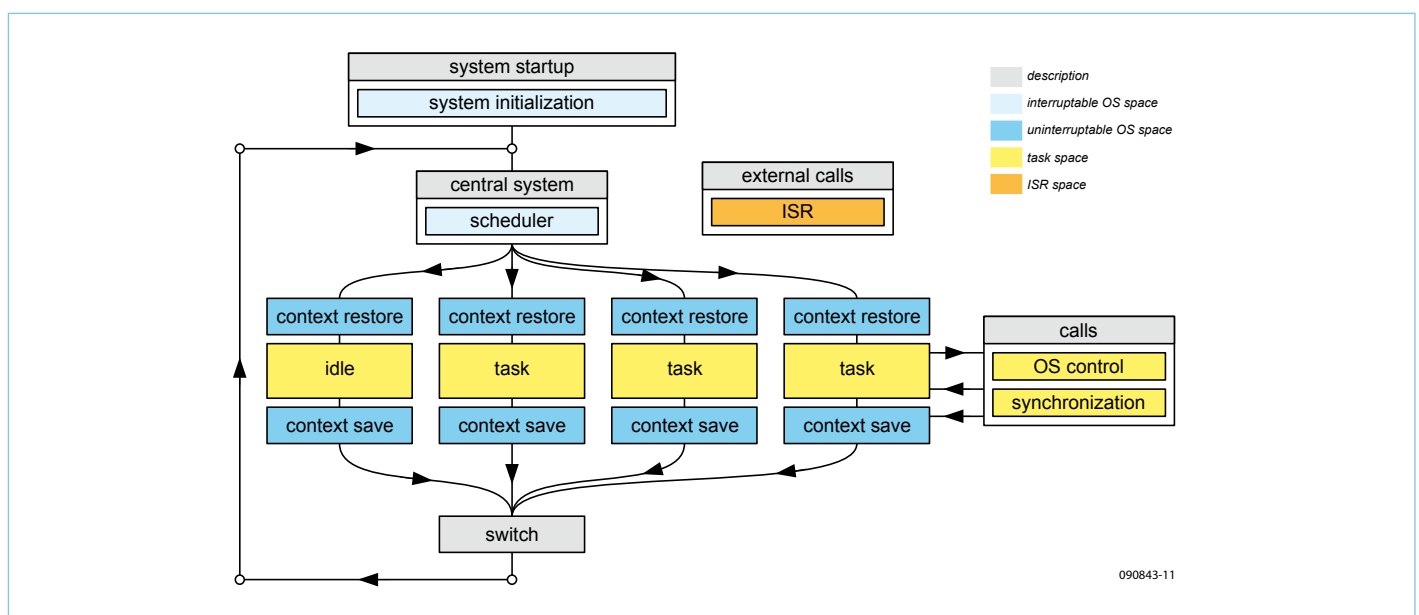


Bild 1. Das Flussdiagramm eines einfachen Multitasking-Betriebssystems.

führung wird an der Stelle weitergemacht, wo die Aufgabe vorher gestoppt wurde. Was sind diese Rahmenbedingungen? Der Programmablauf ist nichts anderes als eine Bit-Manipulation der Register der CPU und des Speichers. Wenn ein Programm fortgesetzt wird, nach dem es unterbrochen wurde, werden die Register mit den gleichen Werten wie vor der Unterbrechung geladen (das unterbrochene Programm läuft dann ganz normal weiter, wie wenn es nie eine Unterbrechung gegeben hätte!). Die Register der CPU, das Status-Register und der Programm-Counter werden hierzu in einem speziellen Speicherbereich gespeichert; auch die Return-Adressen und temporäre Variablen kommen auf diesen so genannten Stack (Stapel). Der Stackinhalt bleibt unverändert, bis der Task fortgesetzt wird. Der Stapelzeiger selbst, mit dem der Controller sich merkt, wo die gespeicherten Daten für die einzelnen Aufgaben stehen, muss an einer festen Speicheradresse abgelegt werden.

Nach der Unterbrechung eines Tasks wählt der Scheduler eine neue Aufgabe für die Ausführung. Wenn gar keine Tasks zur Abarbeitung anstehen, so schaltet der Scheduler in den Idle-Task, der einfach nichts tut.

Weitere Features

Das **Bild 2** zeigt den Aufbau des Femto OS. Wir erkennen das OS-Design aus Bild 1, aber auch einige neue Blöcke, die dazugekommen sind. Ganz oben ist eine System-Initialisierung mit einem globalen „Boot-Hook“ zu erkennen. Jeder Task besitzt auch einen eigenen „Initialisierungshook“; an dieser Stelle können benutzerdefinierte Funktionen hinzugefügt werden, z. B. um zusätzliche Hardware zu initialisieren.

Im Block „Central System“ sind einige interessante Features zu erkennen. Beim Event-Handling werden mögliche Ereignisse behandelt, zum Beispiel Interrupts. Das File-Handling hebt eine mögliche Blockade von Tasks auf, die z.B. auf das Ende einer EEPROM-Schreib-Operation warten. Ein Watchdog erkennt Tasks, die nicht mehr reagieren und neu gestartet werden müssen. Der schon beschriebene Scheduler wählt eine Aufgabe nach einem einfachen Round-Robin-System aus.

Neben dem Idle-Modus ist auch ein besonders energiesparender Sleep-Modus vorgesehen (falls dieser vom Controller unterstützt wird). Aus diesem speziellen Power-Down-Modus kann der Chip durch einen Interrupt wieder geweckt werden. Wie im oben beschriebenen Basis-OS können Tasks durch Interrupts unterbrochen werden.

Manchmal müssen Tasks auch miteinander kommunizieren oder auf einen gemeinsamen Speicherbereich zugreifen. Femto OS bietet alles, was für eine sichere Inter-Task-Kommunikation benötigt wird. Mutexes, Queues und Rendezvous werden vollständig unterstützt, wobei hier leider der Platz fehlt, um diese Begriffe näher zu erklären.

Ein praktisches Beispiel

Die Theorie ist die eine Seite, aber Elektroniker sind in der Regel praktisch veranlagte Menschen und wollen gern etwas anfassen, sehen und hören können, vor allem bei einem so „unsichtbaren“ Thema wie einem Multitasking OS.

Femto OS ist genau das Richtige für unser ATM18-Board [3]. Der Atmel AVR ATmega88 Mikrocontroller auf dem Board hat 8 KB Programm-Flash- und 1024 Bytes SRAM-Speicher. Da Femto OS einen sehr geringen Speicherbedarf hat, ist für eine größere Applikation mit mehreren Tasks genügend Speicherplatz vorhanden. Für unser einfaches Beispiel nutzen wir außerdem die I/O-Port-Expander-Platine (071035-5) mit der Relais-Erweiterungskarte (071035-6) [4]. Drei Aufgaben wollen wir (quasi) gleichzeitig laufen lassen, dabei wird dem Programmierer dank Femto OS das Leben viel leichter gemacht. Der Quellcode kann von der Website zu diesem Artikel [4] heruntergeladen werden. Bereits diese einfache Anwendung zeigt ganz klar die Überlegenheit von Multitasking!

Das erste Programm ist ein Datenausgabe-Task. Er schreibt Daten in das Schieberegister des Port-Expander-Boards über einen synchronen Bus. Über den Port-Expander werden dann acht Relais kontrolliert. Die nicht ganz einfache Art der Kommunikation ist eine gute Aufgabe für das Femto OS. Um die Relais zu steuern, muss man nur Daten an den Task senden. Der Task stellt von sich aus sicher, dass die Bits in der richtigen Reihenfolge übertragen werden. Während er beschäftigt ist, kann die Anwendung irgendetwas anderes tun.

Der zweite Task liest den Zustand von fünf Schaltern, die an das Testboard angeschlossen werden. Mit den Schaltern, die mit PD0-3 verbunden sind, werden die Relais geschaltet. Der Schalter, der an PD4 angeschlossen ist, wählt zwischen den beiden Relais-Reihen (je vier Relais RE1-4 und RE5-8) auf der Relais-Karte aus. Die Schalter sind mit 0 V verbunden, die Pull-up-Widerstände der jeweiligen Ports wurden aktiviert.

Der dritte Task kümmert sich um eine optische Rückmeldung mittels zweier LEDs. Wenn LED1 leuchtet, sind die Relais RE1 bis RE4 ausgewählt, LED2 signalisiert die Auswahl der Relais RE5 bis RE8. Die LEDs sind mit PB0 und PB1 verbunden.

Wenn Sie sich die Anwendungsdateien (mit „Elektor“ im Namen) ansehen, werden Sie nur wenige Funktionen und keine „main“ finden. Die „main“ steckt vielmehr in „femtoos_core.c“.

Wie funktioniert's?

Bei Femto OS müssen Sie schon beim Kompilieren entscheiden, wie viele Tasks die Anwendung haben soll. Das ist natürlich eine Einschränkung, aber auch ein Grund, warum das Betriebssystem so klein sein kann. In einer Konfigurationsdatei wird dem Compiler mitgeteilt, welche Teile des OS verwendet werden sollen und wie die Tasks heißen. Wenn man im Detail verstehen will, wie die Konfiguration funktioniert, muss man sich auf eine lange Reise durch das Pre-Prozessor-Land einstellen. Für einen schnellen Start ist es einfacher, nur die Beispiel-Konfigurationsdatei „config_application.h“ anzusehen und die Parameter nach eigenem Bedarf zu ändern (aber nur die, die man wirklich versteht!)

Unter der Rubrik „TASK NAMES“ werden die Namen der Tasks definiert („Display“, „Speed“ und „Switch“ in unserem Beispiel).

Unter der Rubrik „INCLUDE TASKS“ sagt man dem Compiler, welche Tasks ausgeführt werden sollen. Im Anwendungsprogramm müssen die Tasks als Funktionen implementiert werden. Der Name einer solchen Funktion muss mit „appLoop_“ beginnen, dann kommt der

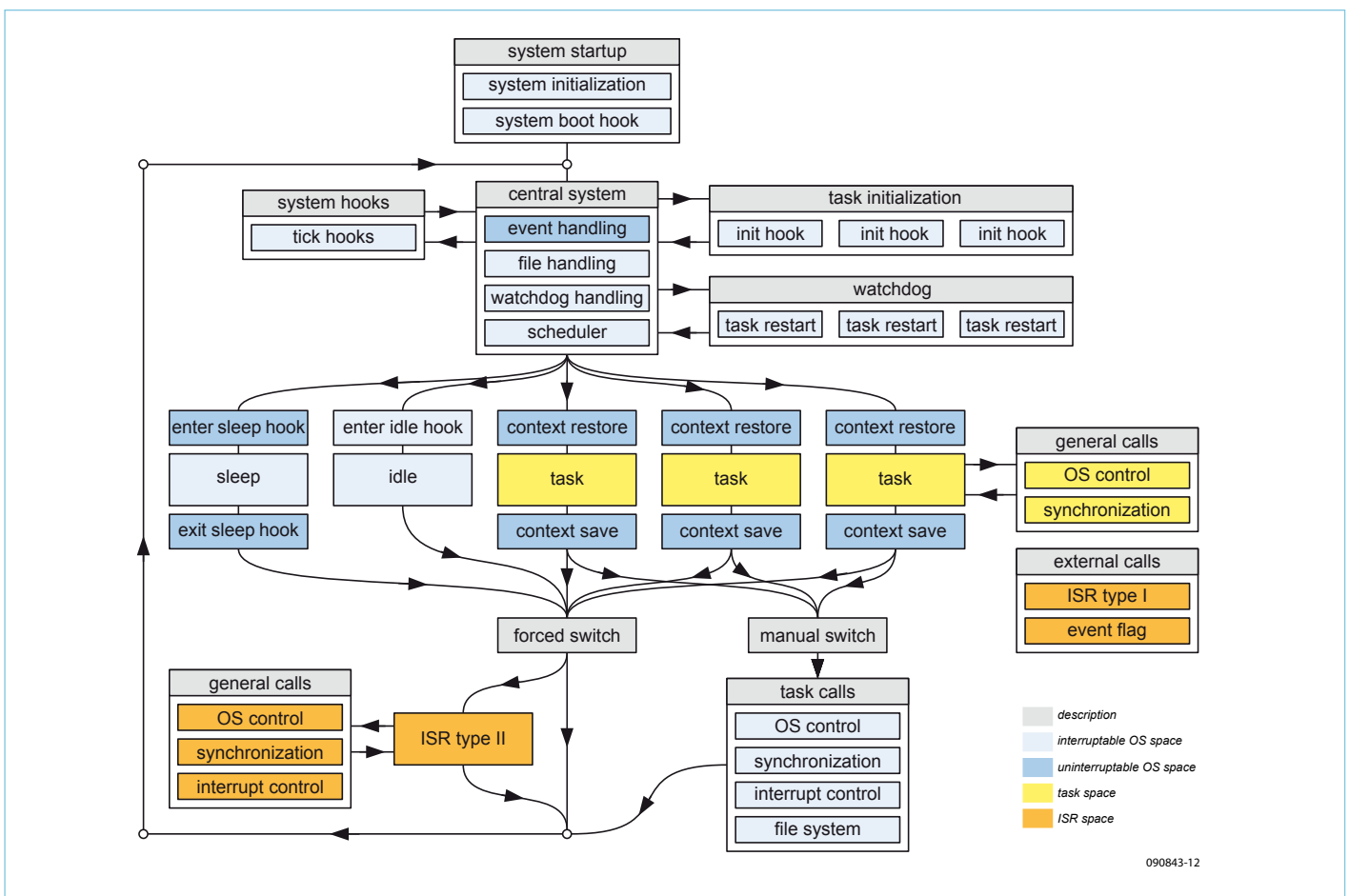


Bild 2. Das Flussdiagramm von Femto OS – etwas komplizierter als Bild 1, aber nicht viel.

Name der Aufgabe (also in unserem Beispiel „appLoop_Switch“, „appLoop_Speed“ und „appLoop_Display“). Insgesamt kann Femto OS auf diese Weise 16 Tasks verwalten.

Dieses Beispiel zeigt nur einen sehr kleinen Teil der vielen Funktionen von Femto OS. In der OS-Distribution (erhältlich unter [2]) sind noch viele andere Beispiele enthalten, die meisten laufen auch auf dem ATM18-Board.

Damit haben Sie die ersten Erfahrungen mit einem Multitasking-Betriebssystem für Mikrocontroller gemacht. Nun kann es weitergehen mit eigenen Anwendungen, die unabhängig oder quasi unabhängig voneinander laufen sollen. Das ist ein wahnsinnig interessantes Experimentierfeld! Lassen Sie sich nicht von denen verunsichern, die sagen, dass all das auch mit Interrupt-Programmierung zu erreichen ist. Diese Leute haben zwar Recht. Aber mit einem multitasking-fähigen Betriebssystem kann man viele Aufgaben einfacher,

sicherer und viel schneller programmieren. Und wird der ATmega88 mal zu klein für die Multitasking-Aufgaben, er hat ja noch viele kompatible und große Brüder!

(091021)

Weblinks

- [1] http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_real-time_operating_systems
- [2] www.femtoos.org
- [3] www.elektor.de/071035
- [4] www.elektor.de/091021
- [5] www.elektor.com/090843
- [6] www.atmel.com/AVRStudio
- [7] <http://winavr.sourceforge.net>

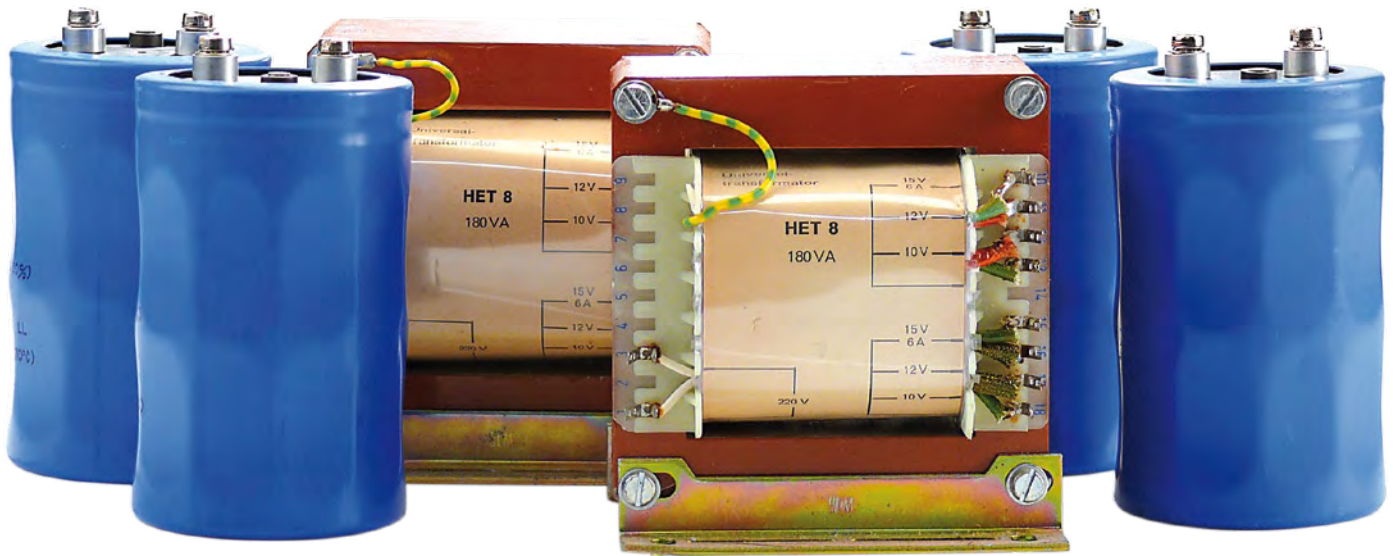
Das ATM18-Projekt im *Computer:club*²

ATM18 ist ein gemeinsames Projekt von Elektor und dem Computer:club² (www.cczwei.de). Die neuesten Entwicklungen und Anwendungen des ATM18-Systems stellt Wolfgang Rudolph vom Computer:club² jeden Monat in der Sendung CC²-tv bei NRW-TV vor. Das hier beschriebene Femto-OS mit dem ATM18-AVR-Board ist in der **Sendung 39** von CC²-tv zu sehen, die am **21. Januar 2010** erstmals gesendet wird.

CC2-tv wird von NRW-TV als Kabelprogramm in NRW und als Livestream im Internet gesendet (www.nrw.tv/home/cc2). Als Podcast gibt es CC2-tv bei www.cczwei.de und – ein paar Tage später – auch bei www.sevenload.de.

Stabile Spannung

Hilfen bei der Netzteilkonzeption



Von Thijs Beckers (Redaktion NL)

Jede elektronische Schaltung braucht eine Stromversorgung. Und die meistgenutzte Energiequelle für elektronische Schaltungen ist nun mal das 230-V-Netz. Um die dort entnommene Energie an die versorgte Elektronik anzupassen, braucht es ein Netzteil. Von daher ist es wichtig zu wissen, worauf es bei Netzteilen ankommt...

Die einfachste Variante eines Netzteils verwendet eine Einweggleichrichtung. Die nächste Stufe ist der Einsatz einer Vollweggleichrichtung. Wenn darauf ein Ladekondensator (Elko) folgt, wird aus einer gleichrichteten Wechselspannung (fast) eine richtige Gleichspannung. Zur besseren Siebung und zur Reduktion des Rippelstroms (überlagerter Wechselstrom) durch den Ladekondensator kann eine Spule zwischen Gleichrichter und Kondensator geschaltet werden (siehe **Bild 1**).

Wann immer die Gleichspannung stabiler sein soll, muss man höheren Aufwand treiben. Die simpelste Stabilisierung gelingt mit einer Z-Diode (siehe **Bild 2**). Diese Einfachstlösung ist aber nur für kleine Ströme bis etwa 50 mA (je nach Spannung) zu empfehlen. Mehr Strom und eine verbesserte Stabilisierung bringt ein zusätzlicher Transistor, wobei die Z-Diode dann mit einem stabileren Strom betrieben werden kann. Die stabilisierte Ausgangsspannung ist dann

bei Verwendung eines Silizium-Transistors um rund 600...700 mV niedriger als die Z-Spannung U_Z an der Diode. Widerstand R ist von der Differenz zwischen der Eingangsspannung U_{in} (V_i im Bild) und U_Z abhängig. Er wird so gewählt, dass der empfohlene Strom I_Z (typisch 5 mA) durch die Z-Diode fließt und genug Reserve für den maximalen Basisstrom I_{Bmax} des Transistors vorhanden ist:

$$R = (U_{in} - U_Z) / (I_{Bmax} + I_Z)$$

$$\text{Wobei } (I_{Bmax} + I_Z) \leq I_{Zmax}$$

Eine sehr einfach zu realisierende Verbesserung besteht aus dem Einsatz der bekannten dreibeinigen Spannungsregler-ICs der 78xx-(+5...+24V) und 79xx-Serie (-5...-24V), wie in **Bild 3** dargestellt. Ein stabilisiertes symmetrisches Netzteil zu realisieren ist mit diesen ICs ein Kinderspiel. Die Eingänge der ICs müssen möglichst dicht am Ladeelko platziert werden, sonst benötigt man einen

extra kleinen Elko zwischen IC-Eingangspin und Masse zur Entkopplung. Auch am Ausgangs-Pin sollte ein kleiner Kondensator gegen Masse geschaltet sein.

Mehr Freiheit gibt es bei der Verwendung einstellbarer Spannungsregler-ICs wie dem LM317 für positive und dem LM117 für negative Spannung. Für richtig große Ströme gibt es Spezial-Ausführungen wie die LT108x-Reihe, die immerhin für 7,5 A gut ist.

Dimensionierung

Die minimal erforderliche Sekundärspannung des Trafos U_{sek} ergibt sich nach dieser Formel:

$$U_{sek} = (U_{out} + \Delta U_{min} + U_{Rss} + U_D) / \sqrt{2}$$

Wobei ΔU_{min} der minimale Spannungsabfall am Spannungsregler-IC und U_D der wirksame Spannungsabfall an den Gleichrichter-Dioden ist.

$U_{R_{SS}}$ lässt sich bei kleinem Innenwiderstand des Trafos nach folgender Formel schätzen:

$$U_{R_{SS}} = I / (f * C)$$

Die Frequenz ist dabei abhängig von der Gleichrichtung. Bei der üblichen Vollweggleichrichtung hinter einem Einphasen-Trafo gilt $f = 100 \text{ Hz}$. Man beachte, dass die Kapazität des Ladeelkos C in F eingesetzt wird. Der Nennstrom I_{sek} des Trafos sollte mindestens dem maximalen Strom der Last entsprechen.

Die anderen Werte kann man in den Datenblättern der Bauteile finden. Richtwerte: Für 78xx-Regler gilt $\Delta U_{\text{min}} = 3 \text{ V}$ und bei einem Silizium-Brückengleichrichter gilt $U_D = 1,5 \text{ V}$. Mit Schottky-Dioden spart man gegenüber einem Brückengleichrichter aus Silizium-Dioden 0,7...0,9 V bei U_D .

Bei der Dimensionierung muss man noch etwas im Hinterkopf behalten: Der Ladeelko wird nur während einer recht kurzen Zeit geladen. Es fließt nur Strom, wenn die Spannung am Kondensator U_C durch Entladung abgenommen hat, wenn also $U_{\text{sek}} > (U_C + U_D)$ ist. In **Bild 4** sieht man, dass der Ladestrom ziemlich impulsförmig ausfällt. Um die Rippelspannung möglichst klein zu halten, braucht es große Elkos. Dadurch wird allerdings nicht gleichzeitig auch der Ripplestrom kleiner, sondern dieser bleibt betragsmäßig gleich, wenn man den Innenwiderstand des Trafos vernachlässigt. Lediglich seine Form ändert sich dann hin zu kürzeren Impulsen mit größerer Amplitude, denen auch durch die Gleichrichter-Dioden gewachsen sein müssen.

In der Praxis allerdings spielen Innenwiderstand und weitere Eigenschaften des Trafos bei der Begrenzung des Spitzenstroms eine große Rolle. Wenn der Spitzenstrom für den Trafo zu groß wird, dann gerät dessen Kern in die Sättigung. Folglich kann dann der Ladestrom für den Elko nicht weiter ansteigen - von den negativen Folgen der Kernsättigung für den Trafo einmal abgesehen. Bei der Strombelastbarkeit der Gleichrichter-Dioden kann man sich nach folgender Faustformel richten:

$$I_{D_{\text{max}}} = I_{T_{\text{max}}} * \sqrt{2}$$

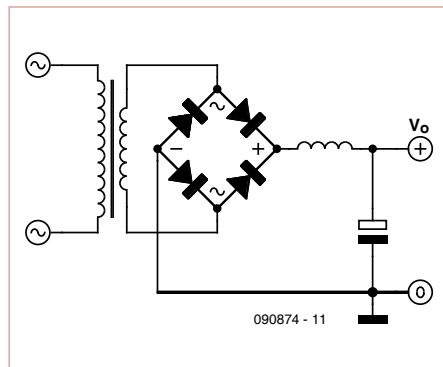


Bild 1. Ein Brückengleichrichter, eine Spule und ein Elko sorgen schon für eine recht brauchbare Gleichspannung.

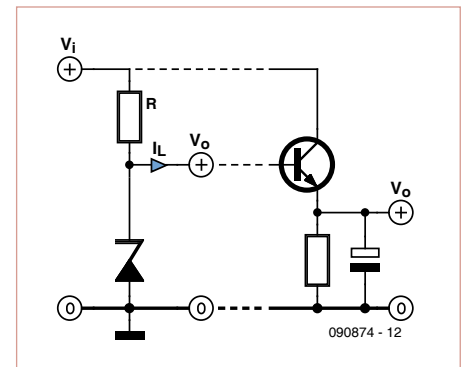


Bild 2. Mit einer Z-Diode kann man eine stabilisierte Spannung generieren.

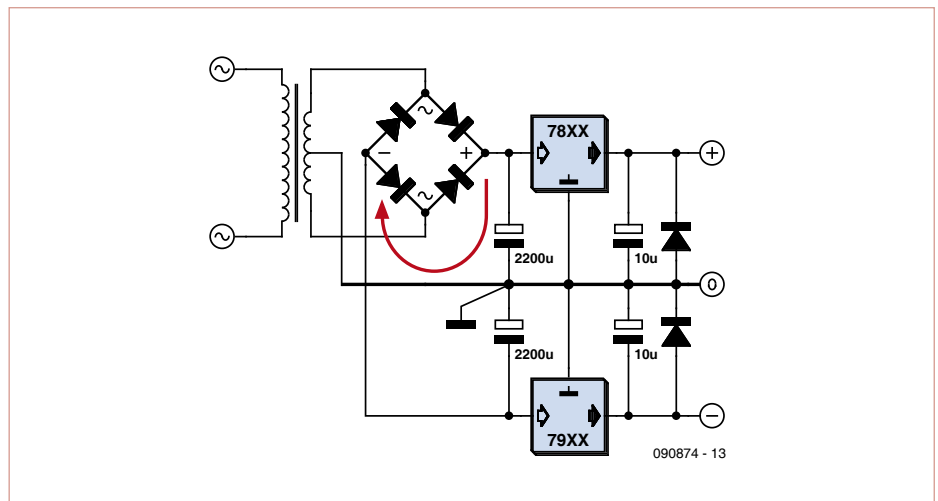


Bild 3. Dank integrierter Festspannungsregler ist ein gutes stabilisiertes Netzteil kein Hexenwerk.

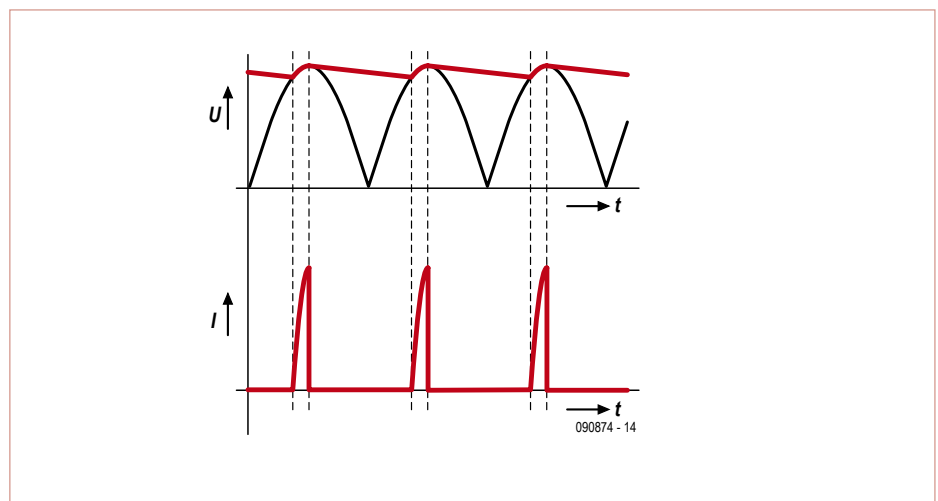


Bild 4. Die Stromspitzen beim Laden der Elkos können beträchtliche Amplituden erreichen.

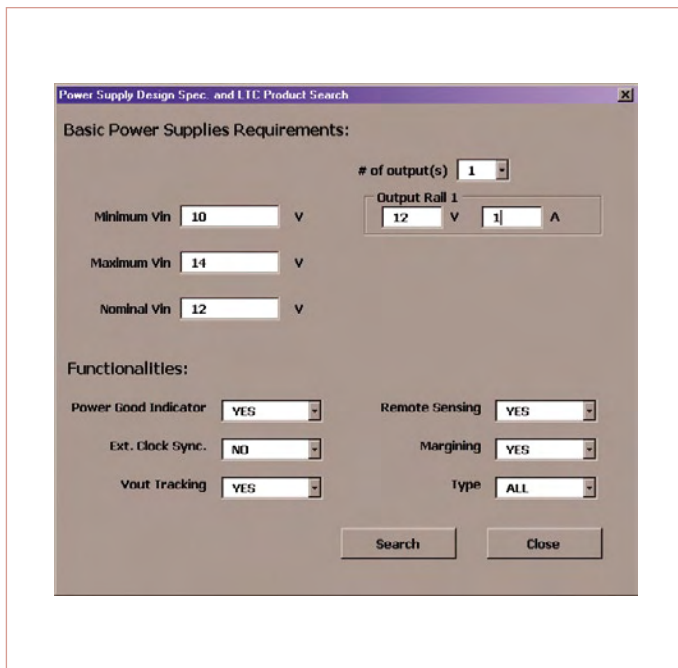


Bild 5. Das Programm „LTpowerCAD“ von Linear Technology erlaubt die Eingabe anwenderspezifischer Werte für die Schaltungsberechnung.

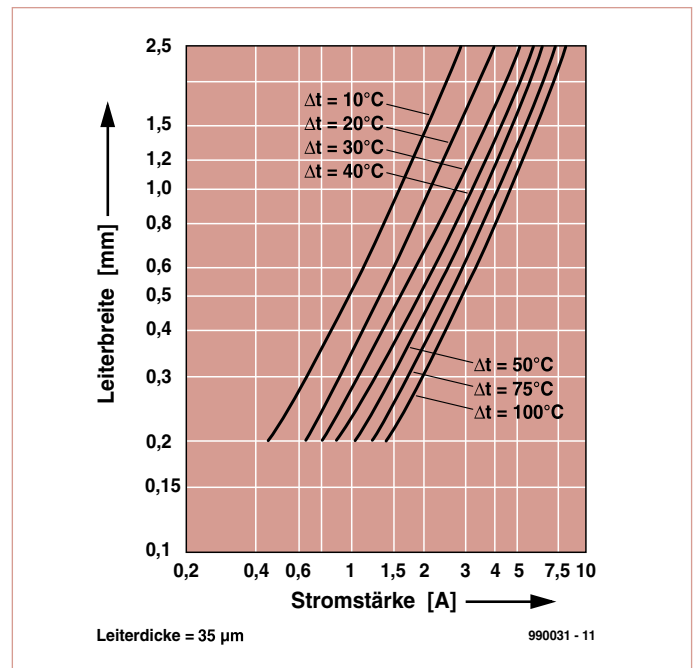


Bild 6. Das Diagramm zeigt die Erwärmung der Leiterbahnen abhängig von deren Breite und dem fließenden Strom.

Wobei I_{Tmax} der maximale Sekundärstrom des Trafos ist. Weiter sollte man nicht vergessen, dass es bei größeren Strömen erforderlich ist, Gleichrichter oder Dioden zu kühlen. Zur Berechnung der Kapazität des Ladeelkos hat sich folgender Richtwert in der Praxis bewährt:

$$C = I_{out} \cdot 2200 \mu F/A$$

Internet & Co.

Zur Berechnung komplexerer Netzteile stellen etliche Halbleiter-Hersteller geeignete Software zur Verfügung. Ein Beispiel hierfür ist das Tool „LTpowerCAD“ [1] von Linear Technology. Mit dieser auf Excel basierenden Berechnungshilfe kann man recht einfach ein Schaltnetzteil berechnen. Man muss lediglich die gewünschten Werte eingeben (siehe Bild 5). Auch das Online-Tool „Webench Power Designer“ [2] von National Semiconductor bietet vielfältige Möglichkeiten. Weiter erwähnenswert sind die Tools von Fairchild [3], „VIPer Design Software v.2.24“ [4] von STMicroelectronics und „SwitcherPro“ [5] von Texas Instruments. Fast allen Software-Tools dieser Gattung ist gemein, dass sie für spezielle ICs gedacht sind. Dafür sind sie in aller Regel auch kostenlos.

Wer am Entwurf von Schaltnetzteilen interessiert ist, dem sei ein Blick auf www.smps.us empfohlen. Neben vielen Infor-

mationen gibt es dort auch eine Übersicht über die typischen Topologien [6]. Auch ein Besuch bei www.powersim.com lohnt sich. Hier kann man ein SMPS (Switched Mode Power Supply) online nach eigenen Vorgaben berechnen.

Platinen-Layout

Ein paar Tipps, die das Layouter-Leben leichter machen:

Entkoppel-Kondensatoren platziert man möglichst dicht an den Bauteilanschlüssen, die man entkoppeln will.

Bei langen Leiterbahnen muss man bei hohen Strömen mit deren Widerstand und bei höheren Frequenzen mit deren Induktivität (und Kapazität) rechnen, und sollte daher lieber kurze Leiterbahnen vorsehen. Wo viel Strom fließt, müssen die Leiterbahnen entsprechend breiter sein. Der Spitzenstrom, der durch die Ladeelkos fließt, verdient besondere Beachtung. In Bild 3 fließt ein Teil dieses Stroms über die Masseleitung. Um möglichst wenig Brummen in der stabilisierten Ausgangsspannung zu erhalten, sollte man die entsprechenden Anschlüsse der Elkos, die Mittelanzapfung des Trafos und die 0-V-Leitung des Ausgangs mit der Regelungselektronik in dem einen Punkt zusammenlaufen lassen, der mit dem Masse-Symbol bezeichnet ist. Breite Leiterbahnen sind selbstverständlich. Diese Art der sternförmigen Verbindung der diversen

Massepotentiale ist gute Designpraxis. Bei besonders großen Netzteilen mit Batterien von Elkos empfiehlt es sich, deren Masse-Anschlüsse getrennt zu einem zentralen Masse-Punkt der Schaltung zu führen.

Bei großen Strömen ist auch die Wärmeableitung relevant. Im Diagramm in Bild 6 sieht man die Temperaturerhöhung als Funktion von Strom und Leiterbahnbreite bei einer typischen Kupferauflage von 35 μm. Es empfiehlt sich, die Temperaturerhöhung nicht größer als 40 Grad werden zu lassen. Außerdem idealisiert die Grafik die realen Verhältnisse: Ist die Platine in ein geschlossenes Gehäuse eingebaut, kann die Temperaturerhöhung durchaus noch größer ausfallen.

(090874)

Links

- [1] www.linear.com/designtools/Software/Ltpowercad.jsp
- [2] www.national.com/analog/webench/power
- [3] www.fairchildsemi.com/design_tools/index.html
- [4] www.st.com
- [5] <http://focus.ti.com/docs/toolsw/folders/Platine/switcherpro.html>
- [6] www.smps.us/topologies.html

Motorrad-Kettenschmierung mit PIC

Von Esko Viiru (Finnland)

Problem 1: Regen, noch 300 km zu fahren. Kettenspray vergessen / leer / tief im Gepäck verbuddelt.

Problem 2: Unterwegs mit Freunden - deren Untersatz kardangetrieben. Eine Pause. Eigentlich eine gute Gelegenheit für etwas Öl auf die Kette. "Was machst Du denn da? Etwa ein Problem mit Deinem Bike?"

Das reicht! Da muss etwas passieren. Auf klotziges Kardan-Bike umsteigen? Nein danke! Riemenantrieb?

Never! Dann vielleicht ein automatischer Kettenöler?

Problem 2a: Wo bitte gibt es zuverlässige und preiswerte Oiler? Der Autor dankt dem Motorrad-Club Jäykät [1] aus Finnland für die Idee, eine niedrig untersetzte Wischwasser-Pumpe zur Ölförderung zu missbrauchen. Ein Besuch bei der lokalen Ausgabe von „Die Ludolfs“ [2] brachte als Ausbeute ein feder-gelagertes Rückschlagventil und einige Wasserterschläuche. Damit war das Hauptproblem

erschlagen und jetzt brauchte es „nur noch“ etwas Elektronik und Software. Im Prinzip jedenfalls. Real existierende Motoren haben einen Widerstand (R_s) und so etwas wie eine Elektromotorische Kraft, genannt EMK, die direkt proportional zur Drehzahl ist. Wenn man diese (Gegen-)EMK als Maß für die Förderleistung der Pumpe aus der Spannung ableiten will, muss man den Effekt von R_s

herausrechnen:

$$EMK = U - R_s \times I$$

Zur Vereinfachung wird die Induktivität des Motors außer Acht gelassen. Das ist erlaubt, wenn man den Motor an einer Konstantstromquelle betreibt. Dazu braucht es dann etwas analoge Elektronik.

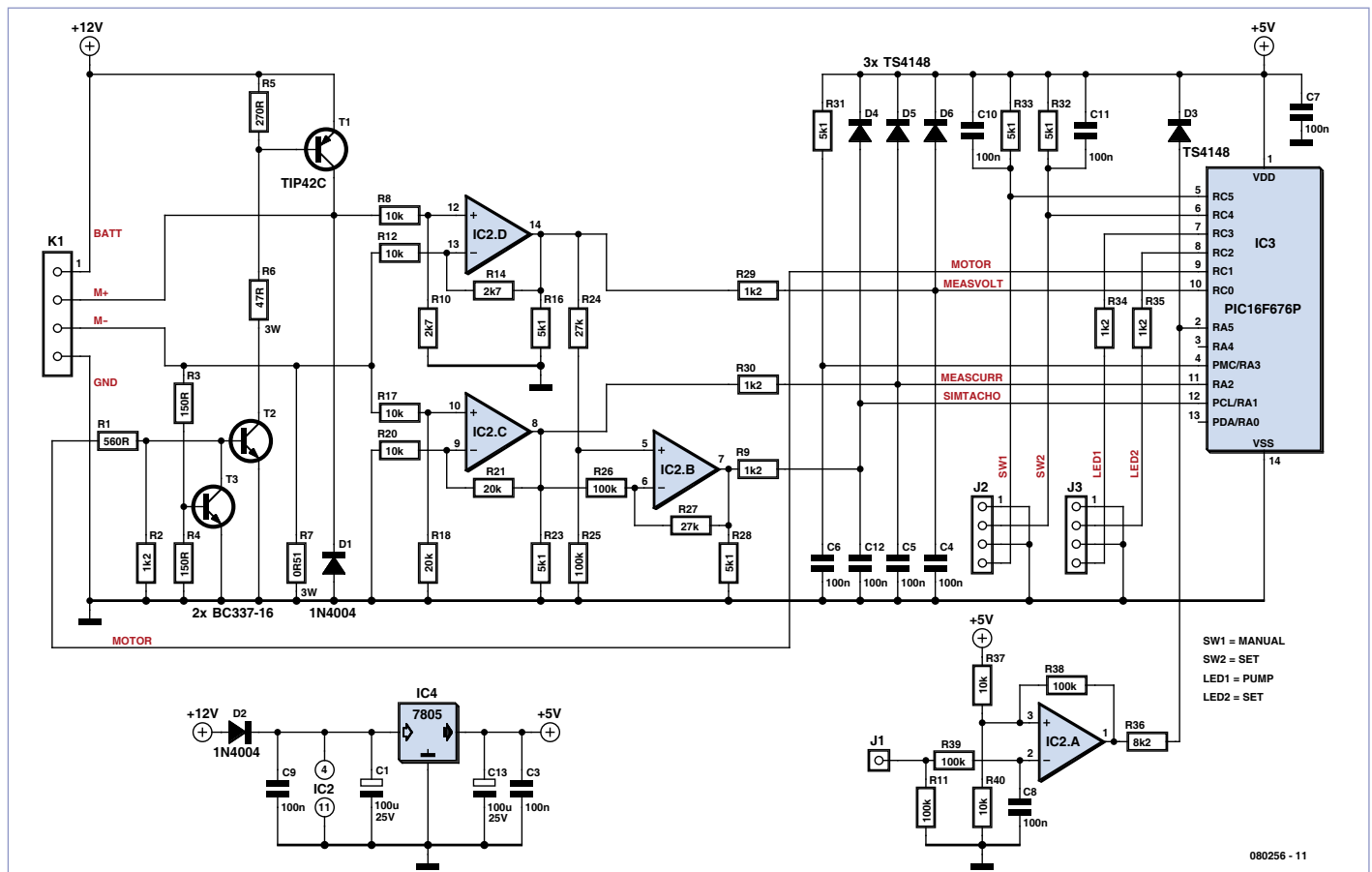


Bild 1. Schaltung des Motorrad-Ketten-Ölers mit intelligenter Ölabgabe.

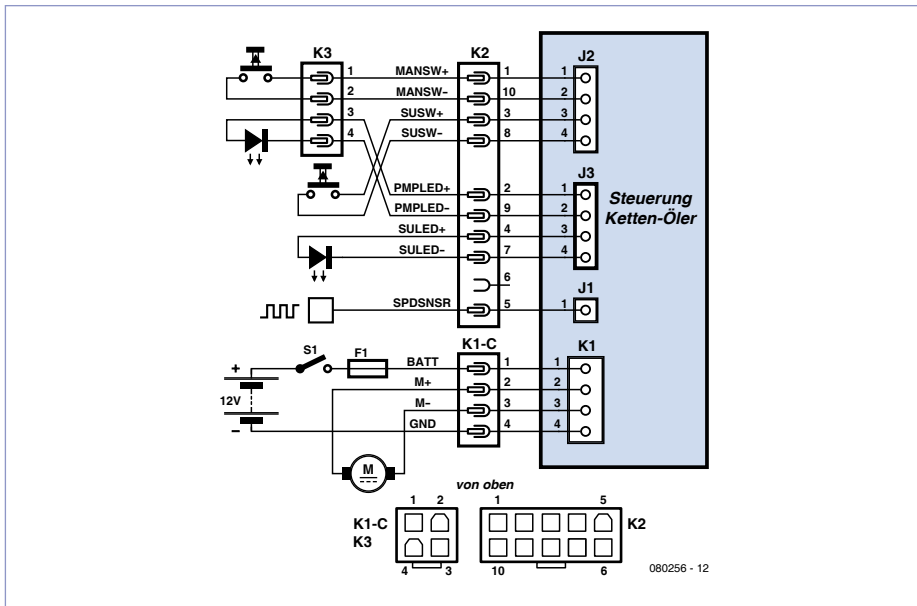


Bild 2. Die Verkabelung am Beispiel einer Suzuki SV650S.

Die Elektronik

Bild 1 enthält die Schaltung und **Bild 2** den Verdrahtungsplan. Die Versorgungsspannung kommt vom Akku, natürlich über den Zündschalter und abgesichert mit einer 5-A-Sicherung. Der Pumpenmotor wird von T1 gesteuert, der wiederum von einem PIC-Mikrocontroller via T2 angesteuert wird. Der fließende Motorstrom wird als Spannungsabfall an R7 erfasst. Wenn der Motorstrom seinen Maximalwert erreicht, beginnt T3 zu leiten und klappt T2 den Basis-Strom. Dann schaltet T2 ab und folglich T1 den Motorstrom aus. Negative Spannungsspitzen beim Ausschalten des Motors werden über D1 abgeleitet.

Die am Motor abfallende Spannung wird vom Differenzverstärker mit Opamp IC2.D verstärkt. Sein Verstärkungsfaktor von 0,27 sorgt für die Anpassung der am Motor abfallenden Spannung (max. 14 V) an den Messbereich des PICs (0...5 V). Der Spannungsabfall des Motorstroms an R7 wird von IC2.C erfasst. Seine zweifache Verstärkung erzeugt ein Übersetzungsverhältnis von 1 V/A.

Das Pseudo-Drehzahl-Signal des Pumpenmotors wird anhand der obigen Formel gebildet, indem vom Spannungsabfall U über dem Motor das Produkt aus Strom und R_s subtrahiert wird. Dies wird von IC2.B erledigt, der hier als Differenzverstärker mit

asymmetrischen Eingängen geschaltet ist. Der verwendete Pumpenmotor hatte einen Widerstand von $R_s = 1 \Omega$. Die Übertragungsfunktion von 1 V/A passt noch nicht zum Verstärkungsfaktor der Spannung von 0,27. Die den Strom repräsentierende Spannung muss daher ebenfalls mit dem Faktor 0,27 verstärkt werden, was mit der Beschaltung des invertierenden Eingangs von IC2.B realisiert wird. Nun klappt die Kompensierung des Spannungsabfalls über dem Innenwiderstand des Motors.

Bezogen auf die Angaben in der Schaltung ergibt sich:

$$\text{MEASVOLT} = 0,27 \times \text{Motorspannung}$$

$$\text{MEASCURR} = 1 \text{ V/A} \times \text{Motorstrom}$$

$$\text{SINTACHO} = 0,27 \times (\text{Motorstrom} - 1 \text{ V/A} \times \text{Motorstrom}); ([\Omega] = [\text{V/A}])$$

Die gemessenen und vorverarbeiteten Spannungen werden über Tiefpassfilter an die Analogeingänge des PIC gelegt. Die Klemmdioden D4, D5 und D6 schützen die Eingänge vor zu hohen Spannungen.

Ein Opamp vom Typ LM224 (oder 324 oder 124) ist hier ideal, da seine Eingänge ab 0 V Eingangsspannung funktionieren. Von Nachteil ist, dass seine Ausgänge bei niedrigen Ausgangsspannungen nur wenig Strom aufnehmen können. Aus diesem Grunde werden die Ausgänge mit Pull-Down-Widerständen unterstützt.

Der digitale Teil ist ohne Überraschungen: Die Impulse des Geschwindigkeitssensors des Motorrads gelangen nach Ausfilterung potentieller Störungen an IC2.A. Um die Tacho-Elektronik nicht zu sehr zu stören, ist der Eingang von IC2.A mit 100 k Ω ziemlich hochohmig gehalten. Der Opamp wird hier als Schmitt-Trigger eingesetzt, und sein Ausgang liefert über einen Widerstand Impulse mit steilen Flanken an einen Digital-Eingang des PIC. Hier verhindert D3 das Auftreten zu hoher Spannungen. Schmitt-Trigger und Tiefpassfilter sind auf die Verhältnisse bei einer Suzuki DL/SV650 hin ausgelegt.

Beide Schalter-Eingänge an J2 sind mit Pull-up-Widerständen und Kondensatoren entpult.

Der Controller PIC16F676P nutzt seinen internen 4-MHz-Oszillator, sodass ein extra Quarz entfällt. Es gibt mit +12 V und +5 V gleich zwei Versorgungsspannungen. Die

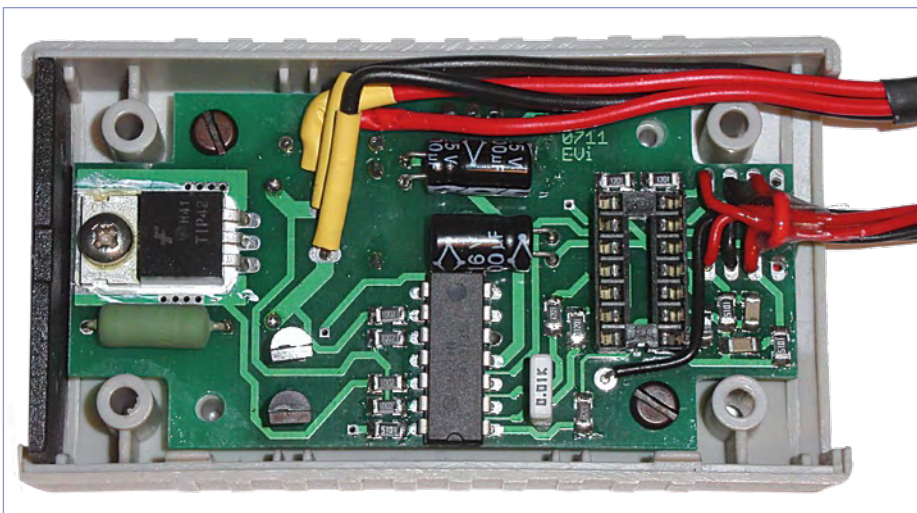


Bild 3. Die doppelseitige Platine ist mit SMD-Bauteilen bestückt.

+12 V kommen über D2 vom Akku und versorgen den Quad-Opamp IC2 sowie den Spannungsregler IC4. Dieser 7805 liefert dann die +5 V für den Rest der Elektronik.

Software

Die Firmware des Controllers besteht aus einem in Assembler geschriebenen Programm, das unter Linux mit Hilfe der „gputils“ erstellt wurde (gpasm = Assembler/Compiler und gplink = Linker) [3]. Für Windows gibt es mit der MPLAB-IDE eine kostenlose Entwicklungsumgebung von Microchip.

Die damit erstellte Firmware wurde mit dem Programmier „Tait“ auf den PIC übertragen. Unter Windows eignet sich hierzu die Software ICprog. Für Letztere muss unter NT/2000/XP der Parallel-Port-Treiber installiert sein. Eine einfachere Lösung ist die Verwendung des PICKit 2 von Microchip oder einer seiner Clones.

Das Programm hat folgende Funktionen:

- Regen/Trocken-Einstellung beim Start.
- Manueller Start einer Ölungs-Prozedur.
- Automatische Schmierung mit zwei einstellbaren Parametern: (1) gefahrene Strecke zwischen Schmiervorgängen und (2) zeitgesteuertes Ölen.

Der kommentierte Source-Code ist zusammen mit der fertigen Hex-Datei kostenlos von der Elektor-Webseite zu diesem Artikel herunterzuladen [3].

Bau und Betrieb

Da bei modernen Motorrädern Platz eher Mangelware ist, wurde eine doppelseitige Platine entworfen, die fast durchgehend mit SMDs bestückt wird. Die Platinen-Dateien des Autors können von [4] im Eagle- und Gerber-Format heruntergeladen werden. Die Platine lässt sich problemlos von Hand bestücken, da keine Bauteile mit zu geringem Pinabstand eingesetzt wurden. Der Mikrocontroller sollte in einen IC-Sockel mit guter Qualität gesteckt werden. D2 liegt zwischen den Pins eines Steckverbinders. Daher es ist sinnvoll, etwas Platz zwischen Diode und Platinenoberfläche zu lassen. **Bild 3** zeigt, wie die fertig bestückte Platine aussieht.

Die Platine passt genau in das Kunststoff-Gehäuse G111 von Kemo mit den Abmes-

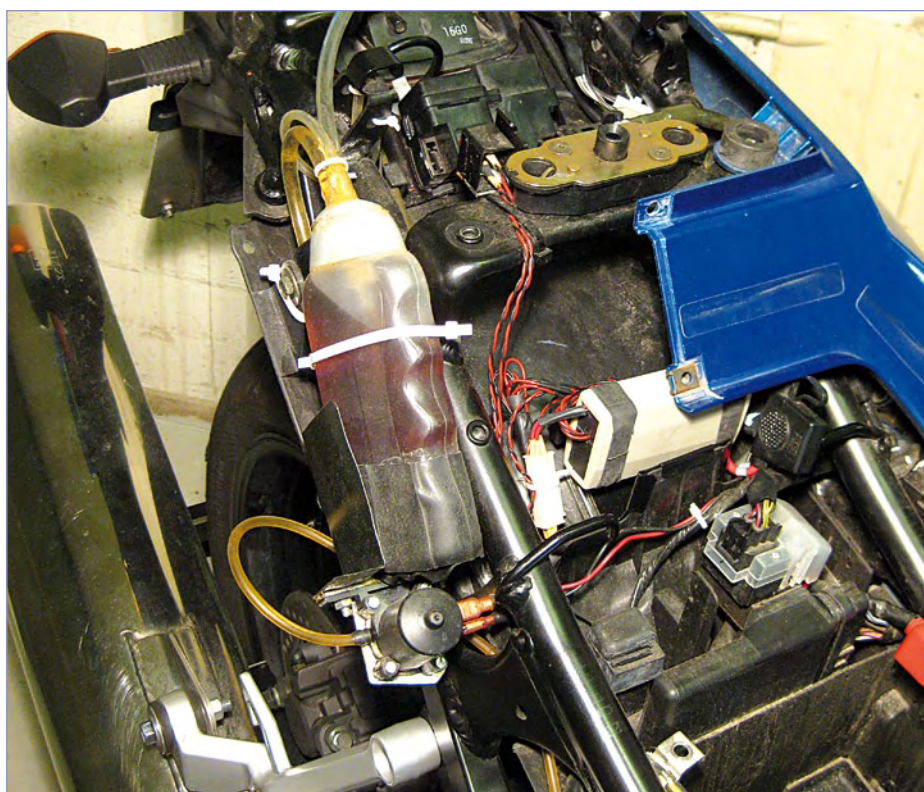


Bild 4. Möglicher Einbau von Elektronik, Pumpe und Öl-Behälter bei einer Suzuki SV650S.

sungen 90x50x25 mm. Aufgrund von Platzproblemen (Höhe hauptsächlich) werden die Anschlussleitungen direkt auf die Pads der Platine gelötet. Außerhalb des Gehäuses werden dann Litze/Litze-Verbindungen verwendet.

Schließlich ist die genaue Funktionsweise und die Bedienung der beiden Taster in dem extra Dokument „080256-W.pdf“ beschrieben,

das ebenfalls unter herunter geladen werden kann.

(080256)

Links

[1] www.24.fi/mcjaykat

[2] www.dieludolfs.de/

[3] <http://gputils.sourceforge.net/>



Bild 5. Das Öl gelangt nicht direkt auf die Kette, sondern auf das Ritzel, von wo es sich besser und sparsamer auf der Kette verteilt.

Kühlen nach Maß

Online-Hilfen für die Kühlkörper-Dimensionierung

Von Harry Baggen (Redaktion NL)

Elektronische Systeme produzieren Wärme, die im Interesse der Bauelemente schnell und effizient abgeführt werden muss. Zum Herabsetzen der Arbeitstemperaturen werden Kühlkörper unterschiedlichster Art und Leistung eingesetzt. Wie lassen sich die Parameter berechnen und welcher Kühlkörper ist der richtige? Viele Websites bieten Hilfen an.



Die Redewendung „Wo Rauch ist, ist auch Feuer“ wurde vermutlich geprägt, lange bevor elektronische Schaltungen existierten. Rauch und Feuer sind in der Elektronik glücklicherweise selten, doch die Abgabe von Wärme ist mit der Elektronik in ähnlicher Weise untrennbar verknüpft. Das liegt nicht nur am Schaltungsdesign (beispielsweise bei einer Audio-Endstufe der Klasse A), sondern auch an der Tatsache, dass Bauelemente niemals ideale Eigenschaften haben. Von digitalen Systemen, die nur zwischen zwei Strom- oder Spannungswerten schalten, wäre vielleicht zu erwarten, dass keine Verlustwärme auftritt. Doch wegen der nicht unendlich hohen Schaltgeschwindigkeiten wird auch dort Energie in Verlustwärme umgesetzt. Jeder Computer beweist, dass die Abgabe von Wärme nicht auf analoge Systeme beschränkt ist.

Damit analoge und digitale Halbleiterkomponenten die Wärme besser abführen können und damit kühler und länger leben, wurden Kühlkörper und Lüfter erfunden. In speziellen Fällen werden auch Rohrsysteme (Heatpipes), Systeme mit Peltier-Elementen oder sogar Flüssigkeitskühlungen eingesetzt.

Kühlkörper

In der Mehrzahl der Fälle müssen Kühlkörper für Komponenten in analogen Systemen berechnet werden, wie beispielsweise bei Spannungsreglern und Leistungsverstärkern. Normalerweise ist

hier bekannt, wie viel Wärme an die Umgebung abgeführt werden muss und wie die Komponenten einzubauen sind.

Zur Dimensionierung wird analog zu elektrischen Stromkreisen mit thermischen Widerständen, Spannungen und Strömen gerechnet. Der Halbleiter-Chip wird als thermische Stromquelle betrachtet, der einen bestimmten Wärmestrom abgibt. Die Temperaturgefälle an den in Reihe liegenden thermischen Widerständen stellen thermische Spannungen dar. Einen typischen thermischen Kreis zeigt **Bild 1**. Die Bezeichnungen bedeuten:

Wärmewiderstand R_{thj-mb} ist der Widerstand zwischen der Junction (dem Chip) und dem Halbleitergehäuse (*mounting base*, auch *case* oder *c* genannt). Der nächste Wärmewiderstand ist der Widerstand zwischen dem Halbleitergehäuse und dem Kühlkörper (*heatsink*), er heißt R_{thmb-h} . Sein Wert hängt von dem Material ab, das sich zwischen Gehäuse und Kühlkörper befindet (Isolierscheibe, Wärmeleitpaste). Mit R_{thh-a} wird der Wärmewiderstand bezeichnet, der zwischen dem Kühlkörper und seiner Umgebung (*ambient*) auftritt. Die in Reihe geschalteten Wärmewiderstände liegen an einer Wärme-„Stromquelle“, die den Wärmestrom P abgibt.

Über den zuerst genannten Wärmewiderstand R_{thj-mb} gibt das Datenblatt des Halbleiter-Herstellers Auskunft. Eine andere wichtige Größe, die dem gleichen Datenblatt entnommen werden kann, ist die maximale Chip-Temperatur T_j . Dies ist ein absoluter Grenzwert, bei Über-

schaltung wird die Lebensdauer des Bauelements stark verkürzt. Der Wärmewiderstand $R_{th\,mb-h}$ hängt von der Art der Montage ab. Wenn das Halbleiter-Bauelement direkt auf den Kühlkörper montiert wird, ist dieser Widerstand niedrig. Durch Auftragen von Wärmeleitpaste lässt sich der Wärmewiderstand noch weiter herabsetzen. Falls das Bauelement isoliert montiert werden muss, stehen Isolierscheiben aus unterschiedlichen Materialien wie Silikongummi oder Aluminiumoxid zur Wahl. Auch hier gibt der Hersteller den zugehörigen Wärmewiderstand an. Übrig bleibt noch Wärmewiderstand $R_{th\,h-a}$ zwischen Kühlkörper und Umgebung, der im Datenblatt des Kühlkörpers steht. Der dort angegebene Wert gilt normalerweise für einen schwarzen Kühlkörper, dessen Rippen senkrecht stehen. Für blanke Kühlkörper wird ein 10 % höherer Wert angenommen. Stehen die Kühlkörperrippen waagrecht statt senkrecht, wird ein Zuschlag von 20...40 % in Ansatz gebracht. Durch den Einbau des Systems in ein Gehäuse wird der kühlende Luftstrom stark eingeengt, so dass Wärmewiderstand $R_{th\,h-a}$ wesentlich höhere Werte annimmt.

Ausgangsgröße bei der Dimensionierung von Kühlkörpern ist die höchste in Wärme umzusetzende Leistung. Fallen beispielsweise an einem Spannungsregler bis zu 6 V beim Höchststrom 1 A ab, muss der Kühlkörper mindestens 6 W als Wärme an die Umgebung abgeben können. Die Chip-Temperatur soll nicht zu nahe am Grenzwert liegen. Bei der höchstzulässigen Junction-Temperatur 175 °C und der mittleren Umgebungstemperatur 25 °C darf der „Spannungsabfall“ an den thermischen Widerständen insgesamt nicht mehr als 150 °C betragen. Bezogen auf die in Wärme umzusetzende Leistung ergibt sich für den thermischen Gesamtwiderstand $R_{th\,total} = \Delta T/P = 150\text{ °C}/6\text{ W} = 25\text{ °C/W}$ (oder K/W). Angenommen, das Gehäuse des Spannungsreglers hat den thermischen Widerstand $R_{th\,j-mb} = 5\text{ °C/W}$ und der Spannungsregler wird direkt (ohne Isolierscheibe) auf den Kühlkörper montiert. In diesem Fall ist $R_{th\,mb-h}$ sehr niedrig, er liegt bei 0,1...0,2 °C/W. Weil die Summe aller thermischen Widerstände den berechneten Wert nicht übersteigen darf, muss der Wärmewiderstand des Kühlkörpers unter 20 °C/W liegen. Ein dazu passender Kühlkörper, auch für die Platinenmontage, ist leicht zu finden.

Dies ist im Schnelldurchgang das Verfahren zum Berechnen von Kühlkörpern. Müssen hohe Leistungen in Wärme umgesetzt werden, sind alle Details möglichst genau zu durchdenken. Zum Beispiel gibt es Isolierscheiben mit unterschiedlichen Eigenschaften, und auch Wärmeleitpasten unterscheiden sich voneinander. Bei Isolierscheiben gehören auch die Montageart, die Isolationsspannung und die zulässige Andruckkraft zu den wichtigen Parametern. Einen lesenswerten Beitrag über die Kühlung in elektronischen Systemen hat Elliot Sound Products auf [1] veröffentlicht.

Hilfen im Web

Im Internet gibt es zum Thema „Dimensionierung von Kühlkörpern“ zahlreiche Hilfsangebote. Meistens gehört eine Seite dazu, die nach Eingabe einiger Eckdaten Berechnungen durchführt und Ergebnisse ausgibt. Von den Websites, deren Besuch uns lohnend erscheint, können wir hier nur eine kleine Auswahl vorstellen.

Online-Berechnung

Der Kühlkörper-Hersteller **Alutronic** hat in seine Website ein leicht

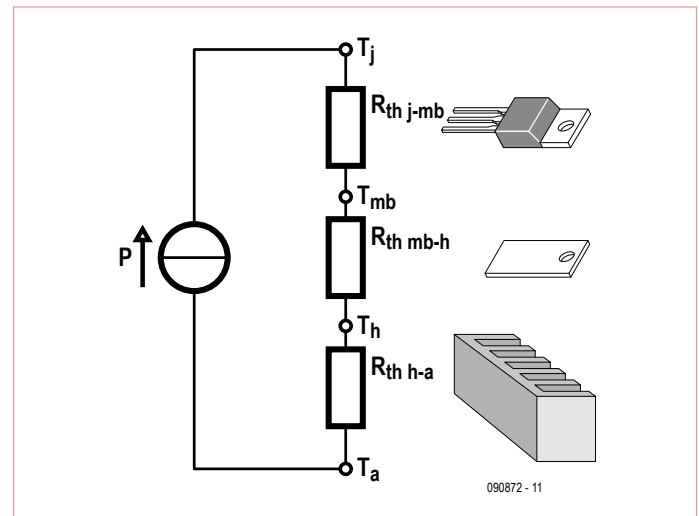


Bild 1. Thermischer „Stromkreis“ für die Kühlkörper-Berechnung.

handhabbares Berechnungsprogramm mit dem Namen „Alutronic RthK Calculator“ eingestellt, in das nur wenige Daten eingegeben werden müssen. Der Besucher kann das Programm nach einer kurzen Registrierung herunterladen. Die Online-Version des Programms ist auch ohne Registrierung nutzbar [2]. Über einige mit der Maus bedienbare Schieber werden die Werte der thermischen Widerstände sowie die in Wärme umzusetzende Leistung eingestellt. Danach zeigt das Programm den zulässigen thermischen Widerstand des Kühlkörpers an. Auch die maximale Kühlkörpertemperatur ist vermerkt, eine wichtige Größe, wenn der Kühlkörper außen am Gerät montiert werden soll.

Auch **RS Components** [3] bietet auf seiner Website einen Online-Rechner an. Der Besucher findet dort eine etwas spartanische Version vor, grafische Bedienelemente sind nicht vorhanden. Durchgeführt werden Standard-Berechnungen, wobei die Ausgangswerte als Zahlen eingegeben werden müssen. Anschließend gibt der Online-Rechner einen Wert für den Kühlkörper aus.

Ein großer Hersteller mit einer breiten Palette an Kühlkörpern und

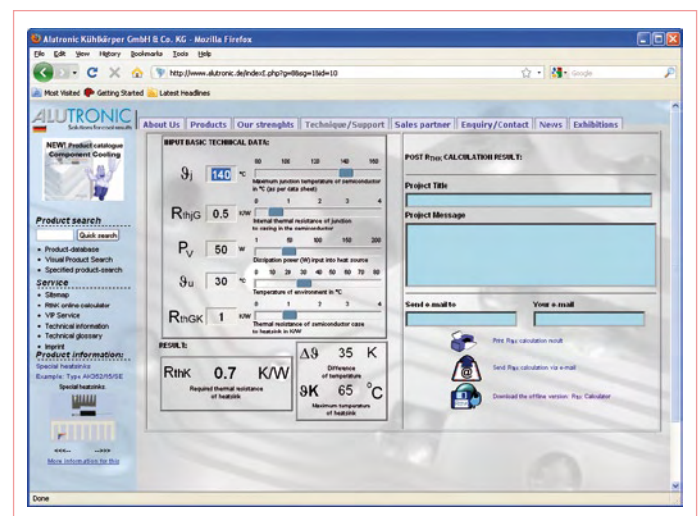


Bild 2. Beim Online-Programm von Alutronic können die Werte mit Schiebern eingestellt werden.

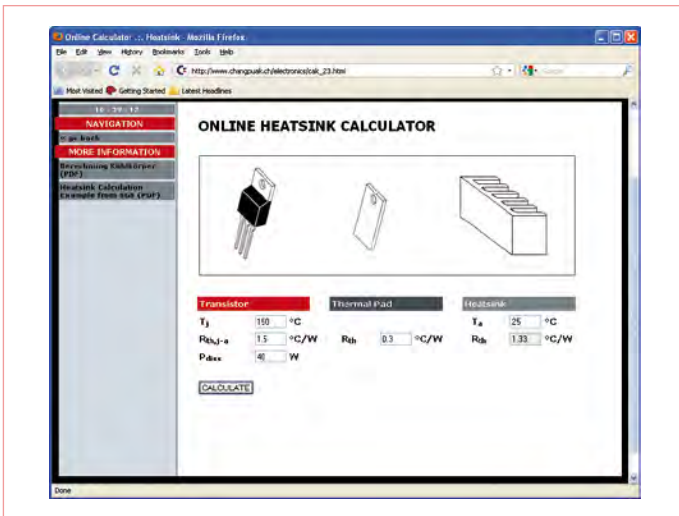


Bild 3. Unkompliziert und übersichtlich: Der „Online Heatsink Calculator“ auf der Website von Chanpuak.

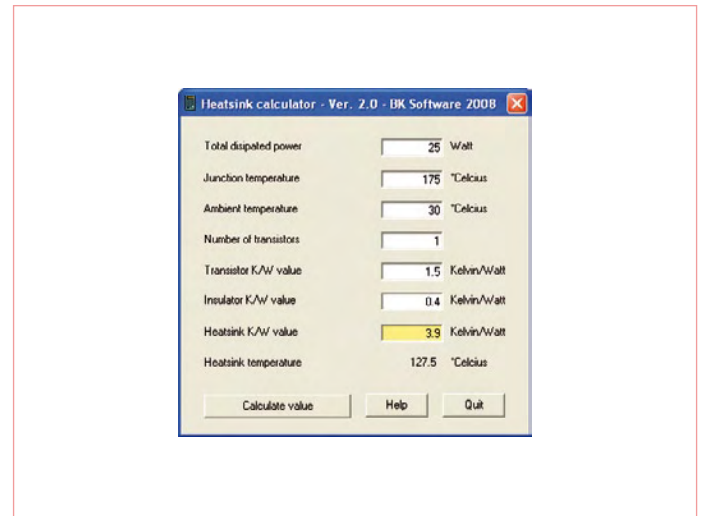


Bild 4. Das kostenlose Programm von BK Software ist unkompliziert und handlich.

zugehörigen Produkten ist **AAVID Thermalloy**. Auf der recht informativen Website [4] werden diverse Hilfen zum Dimensionieren von Kühlkörpern angeboten.

Die Website von **Daycounter** gibt dem Besucher mehr als 50 Programme für Berechnungen rund um die Elektronik an die Hand. Ein Besuch dieser Website ist in jedem Fall lohnend. Das Kühlkörper-Berechnungsprogramm [5] ist Standard (ähnlich dem von RS Components), nach Eingabe der Werte wird der zulässige Wärmewiderstand des Kühlkörpers ausgegeben. Darüber hinaus sind auf dieser Seite Informationen und Standardwerte von vielverwendeten Kühlprofilen zu finden.

Auch auf der Website **Changpuak**, die ein HF-Spezialist aus der Schweiz mit einem Faible für Thailand (daher der fremdländische Name) ins Netz gestellt hat, ist ein Online-Rechner für Kühlkörper verfügbar [6]. Die Gestaltung ähnelt den zuvor genannten Sites. Nach Eingabe der Werte zeigt der Online-Rechner den maximalen Wärmewiderstand des Kühlkörpers an. Grafische Elemente führen

bildlich vor Augen, auf welche Komponenten die einzugebenden Werte Bezug haben. Ebenso wie auf der zuvor genannten Website sind auch hier weitere informative Inhalte für den Elektroniker versammelt.

Eigenständige Programme

Professionelle Software zum Berechnen von Kühlkörpern hat ihren Preis, doch dafür wird auch viel geboten. Für gelegentliche einfache Berechnungen bietet sie eigentlich zu viel. Hier springen die Programme ein, die kostenlos aus dem Netz herunter geladen werden können. Die eigenständige Version des „RthK Calculator“ von **Alu-tronic** hatten wir schon erwähnt. Ein mindestens ebenso nützliches Programm ist der „Heatsink Calculator V2.0“ von **BK Software**, einem dänischen Elektronik-Spezialisten. Das Programm, das von der Website [7] herunter geladen werden kann, hebt sich insbesondere durch seine Flexibilität von den Mitstreitern ab. Die zu berechnende Größe ist frei wählbar, indem das zugehörige Eingabefeld leer

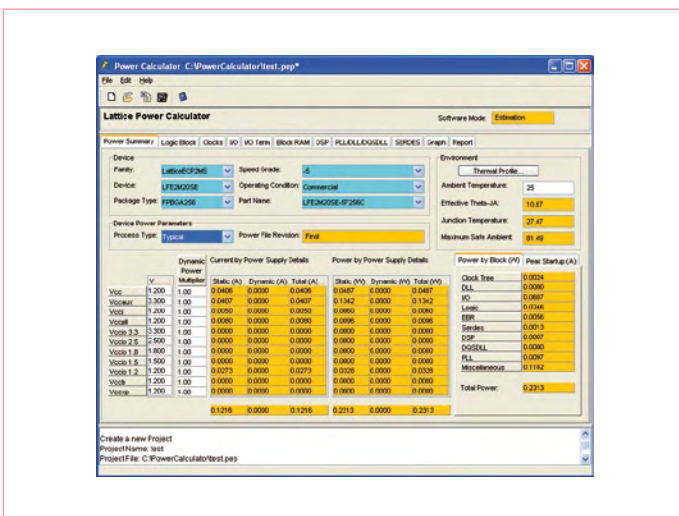


Bild 5. Komplexe digitale Bausteine erfordern mehr Aufwand (hier: „Power Calculator“ von Lattice).

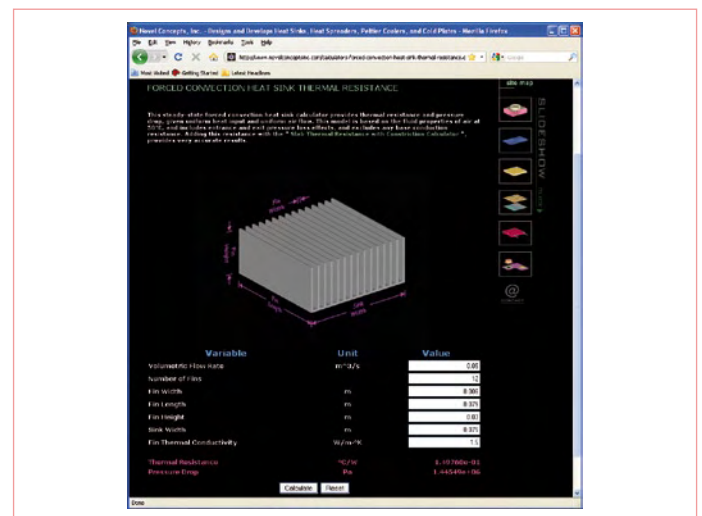


Bild 6. Novel Concepts bietet einen Online-Rechner für Kühlungen an, die von Lüftern unterstützt werden.

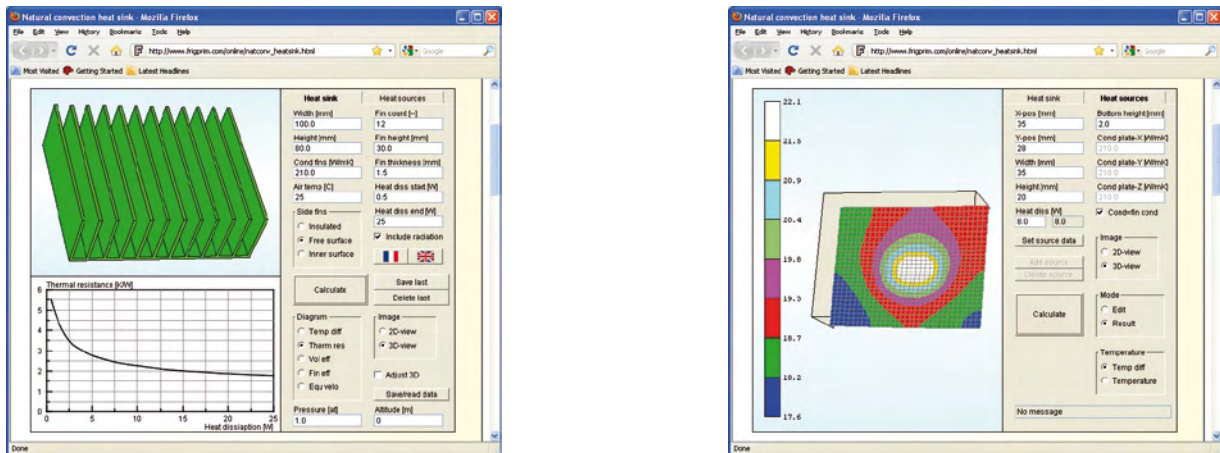


Bild 7. Auf der Website von Frigus Primore kann der Besucher einen Kühlkörper konstruieren (links) und die Eigenschaften einschließlich der Wärmeverteilung betrachten (rechts).

gelassen wird. Nach Anklicken einer Schaltfläche erscheint der noch fehlende Wert. Berechenbar ist nicht nur der Wärmewiderstand des Kühlkörpers, sondern beispielsweise auch die Umgebungstemperatur, bei der dieser Kühlkörper eine vorgegebene Leistung in Wärme

umsetzen kann. Berechnungen für Konfigurationen mit mehreren Halbleiter-Bauelementen auf gemeinsamen Kühlkörpern sind ebenfalls möglich.

Heiß können nicht nur analoge Bauelemente werden, auch in der

— Advertentie

Workshop

Praxis des Gitarren-Röhrenverstärkers

➡ Grundlagen, Reparatur und Modifikationen

In diesem Workshop von Autor Rainer zur Linde wird zunächst an Schaltungsbeispielen erklärt, worin die Besonderheiten des Gitarrenverstärkers im Unterschied zum HiFi-Röhrenverstärker liegen. Es wird der Frage nachgegangen, worin die charakteristischen Schaltungselemente bestehen, die für die Klangformung dieses Verstärkertyps von zentraler Bedeutung sind. Auch wird auf die besonderen Konstruktionsmerkmale des Verstärkers eingegangen und diese praxisbezogen an Geräten konkret gezeigt.

Auf die Praxis wird im anschließenden Teil auf Mess- und Prüfmöglichkeiten vertiefend eingegangen, die am Verstärker selbst demonstriert werden.

Wie führt man Messverfahren fachkundig und praxisorientiert durch, welche Messgeräte sind notwendig, was sagen die Messwerte aus?

Ein weiterer Schwerpunkt wird in der Reparatur- und Modifikationspraxis liegen.

Wie spürt man in den einzelnen Stufen Fehler und Mängel auf, wie grenzt man sie ein, welche Regeln sind bei der Instandsetzung zu beachten? Wie können sinnvolle Schaltungsmodifikationen zielgerichtet realisiert werden?

Veranstaltungsorte/-termine:

Frankfurt am Main	27.03.2010
München	08.05.2010
Luzern (Schweiz)	03.07.2010
Hannover	28.08.2010
Leipzig	30.10.2010

Teilnehmergebühr (zzgl. MwSt.):

299,00 Euro (469,50 CHF)

Elektor-Abonnenten erhalten 5% Rabatt!



Im Preis sind jeweils Mittagssbuffet, Dokumentation (Handouts/Seminarunterlagen) und Aushändigung des Teilnahmezertifikats inbegriffen.

Weitere Infos & Anmeldung unter www.elektor.de/gitarren-roehren

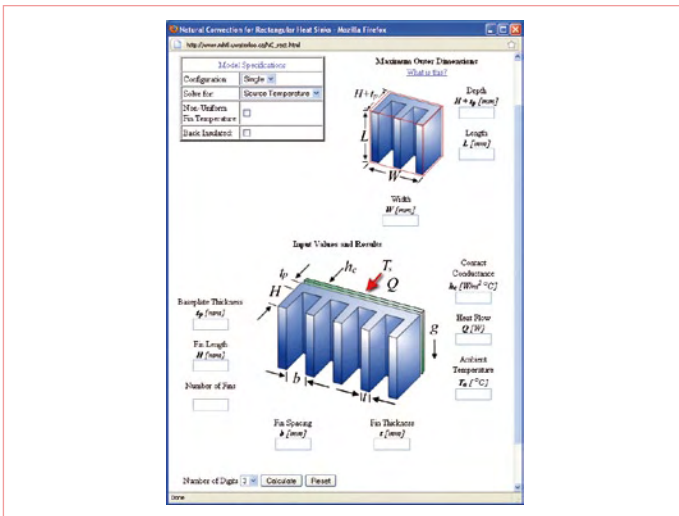


Bild 8. Auch beim Microelectronics Heat Transfer Laboratory ist das Konstruieren von Kühlkörpern nach eigenen Vorstellungen möglich.

digitalen Welt produzieren die Bauelemente Verlustwärme. Die Hochleistungsprozessoren heutiger PCs sind nur ein Beispiel von vielen. Der Chip-Hersteller **Lattice Semiconductor** hat sein Programm „Power Calculator“ auf eigene Produkte abgestimmt [8]. Das Programm berechnet die Verlustleistungen und Kühlkörper der FPGAs und CPLDs, die dieser Hersteller im Programm hat. Ein vergleichbares Werkzeug gibt **Altera** dem Anwender seiner Produkte an die Hand. Das Programm mit dem Namen „PowerPlay“ [9] präsentiert sich als interaktives Spreadsheet. Die Programme von Lattice und Altera sind wesentlich komplexer aufgebaut als die oben genannten, für analoge Schaltungen bestimmten Programme.

Lüfterkühlung und Eigenentwicklung

Für Kühlsysteme mit Lüftern hält die Website von **Novel Concepts** einen Rechner bereit [10]. Mit ihm lässt sich unkompliziert kalkulieren, wie viel Leistung ein Kühlkörper unterstützt von einem definierten Luftstrom in Wärme umsetzen kann. Die einzugebenden Größen sind die Abmessungen des Kühlkörpers, die Anzahl der Rippen sowie die Geschwindigkeit, mit der die Luft entlang der Rippen strömt. Die Website bietet noch weitere Hilfen für spezielle Berechnungen zum gleichen Thema an.

Im Bereich des Möglichen liegen auch eigene Kühlkörper-Konstruktionen oder -Kombinationen. Vielleicht gehören zum Lagerbestand Kühlkörper oder Kühlplatten, deren Daten nicht bekannt sind? In diesen und anderen Fällen können die folgenden Websites von großem Nutzen sein:

Das Unternehmen **Frigus Primore**, das sich auf Berechnungen thermischer Vorgänge spezialisiert hat, wirbt auf seiner Website für seine Produkte. Von einigen Programmen sind Demo-Versionen verfügbar, die nach dem Download befristet genutzt werden können. Besonders beeindruckt waren wir von dem Programm „NatSink“ [11]. Der Anwender kann den Kühlkörper selbst konstruieren (Abmessungen, Anzahl und Höhe der Rippen), anschließend wird der Wärmewiderstand berechnet. Auf Wunsch werden auch weitere Größen wie zum Beispiel der Temperaturanstieg pro Watt ermittelt. Die dreidimensionale Darstellung des entworfenen Kühlkörpers lässt sich mit der Maus um alle Achsen drehen. Die Wärmeverteilung am Kühlkörper kann über den Tab „Heat Sources“ betrachtet werden. Die Maße des zu kühlenden Bauelements werden dabei ebenso berücksichtigt wie der Montageort auf dem Kühlkörper. Wir fanden das sehr aufschlussreich!

Auf der Website des **Microelectronics Heat Transfer Laboratory** (MHTL) kann der Besucher ebenfalls einen Kühlkörper im Detail konstruieren, anschließend werden die Daten und Eigenschaften berechnet (Natural Convection for Rectangular Heat Sinks [12]).

Produktübersicht

Hersteller von Kühlkörpern und verwandten Produkten wie Isolierscheiben und Wärmeleitpasten gibt es sicher viele. Die Website **The Heatsink Guide** [13] halten wir für eine empfehlenswerte Plattform, wenn es um die Suche nach einem Produkt oder einer Lösung geht. Die dort präsentierte Übersicht ist sicher nicht vollständig, doch sie kann wertvolle Orientierungshilfe leisten.

Zum Schluss noch ein Hinweis in eigener Sache: Einen praxisbezogenen Beitrag zum Thema „Dimensionierung von Kühlkörpern“ hatte Elektor bereits im September 1994 veröffentlicht [14]. Sein Inhalt hat noch heute Gültigkeit.

(090872)gd

Weblinks und Literatur

- [1] <http://sound.westhost.com/heatsinks.htm>
- [2] www.alutronic.de/indexE.php?g=8&sg=1
- [3] <http://uk.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=infozone/calculators&file=heatsink>
- [4] www.aavidthermalloy.com/technical/thermal.shtml
- [5] www.daycounter.com/Calculators/Heat-Sink-Temperature-Calculator.phtml
- [6] www.changpuak.ch/electronics/calc_23.html
- [7] <http://bygselvhifi.dk/heatsinkcalc.htm>
- [8] www.latticesemi.com/products/designsoftware/powercalculator.cfm
- [9] www.altera.com/support/devices/estimator/pow-powerplay.jsp
- [10] www.novelconceptsinc.com/calculators-forced-convection-heat-sink-thermal-resistance.cgi
- [11] www.frigprim.com/online/natconv_heatsink.html
- [12] www.mhtl.uwaterloo.ca/RScalculators.html
- [13] www.heatsink-guide.com/content.php?content=manufacturers.shtml
- [14] „Dimensionierung von Kühlkörpern“, Elektor 9/1994, Seite 43 ff.

„Elektor ist Wissen
für Profis und für die,
die es werden wollen.
Der perfekte Einstieg
in mein Studium!“

– Christian, 19 Jahre, Abiturient –



30%
Preis-
vorteil

Elektor ist Wissen für Profis.

**Sichern Sie sich jetzt Ihren
Wissensvorsprung durch ein Abo!**

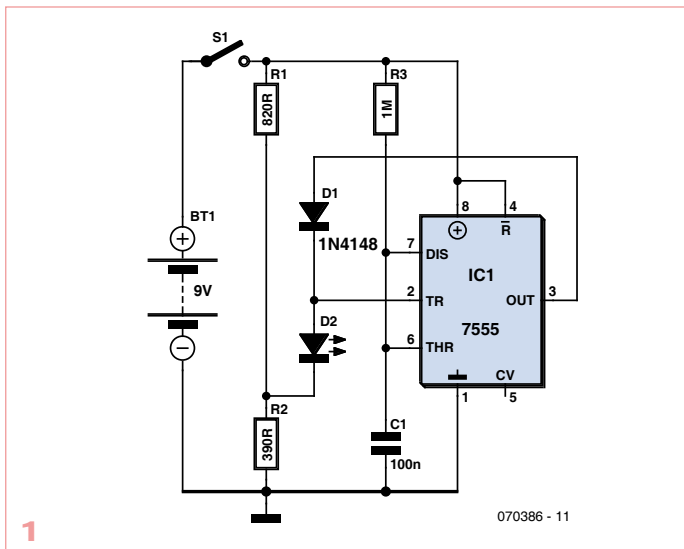
Ihre Vorteile im Abo:

- Preisvorteil: Schüler und Studenten sparen **30%** gegenüber dem Einzelkauf
- Abonnenten erhalten exklusiv auf spezielle Elektor-Produkte bis zu **40% Rabatt**
- Keine Ausgabe verpassen: Elektor kommt pünktlich, bequem und zuverlässig frei Haus
- Immer up-to-date: Lesen Sie jede Elektor-Ausgabe vor allen anderen



www.elektor.de/studentenabo • Tel. 02 41/88 909-0

elektor
electronics worldwide



LED als Fotoelement

Von Geoff Nicholls (D)

Die gemeine rote LED wird üblicherweise zur Erzeugung von Licht genutzt, aber sie kann auch anders: Statt als „light emitter“ kann sie auch als „light collector“ operieren und so herum wird dann aus einer LED eine LCD, die problemlos als Fotosensor funktioniert. Wenn man will, kann so ein Bauteil beide Funktionen in einer Schaltung übernehmen - und das sogar quasi gleichzeitig!

Voraussetzung ist, dass die LED nicht kontinuierlich leuchtet, sondern gepulst wird. Im nichtleuchtenden Zeitabschnitt wird sie nicht mit Strom versorgt. In diesen Leuchtpausen kann man den Strom messen, den sie in ihrer Nebenrolle als Mini-Solarzelle aus dem einfallenden Umgebungslicht generiert.

Zwei Schaltungen belegen, dass dies mit nur wenig Bauteil-Aufwand möglich ist:

Die Schaltung in **Bild 1** arbeitet als Nachtlicht. Die LED bleibt aus, wenn es hell ist und leuchtet, wenn das Umgebungslicht einen bestimmten Pegel unterschreitet. Als „Prozessor“ fungiert ein Timer in CMOS Ausführung vom Typ 7555, der als Monoflop geschaltet ist. Er wird getriggert, wenn die Spannung an Pin 2 kleiner als 1/3

der Versorgungsspannung wird. Der Spannungsteiler aus R1 und R2 sorgt dafür, dass die Kathode der LED knapp unterhalb dieser Spannungsschwelle liegt. Bei ausreichendem Umgebungslicht produziert die LED eine Spannung im Bereich einiger hundert mV, sodass die Spannung an TR von IC1 oberhalb der Triggerschwelle bleibt, solange es hell ist.

In diesem Modus ist der Ausgang Pin 3 auf „Low“ und die Diode D1 verhindert, dass die Fotospannung von D2 kurzgeschlossen wird. Wenn es dunkel genug ist, wird die Triggerschwelle aber unterschritten und der Timer liefert einen positiven Impuls an Pin 3, der die LED über R2 leuchten lässt und dessen Dauer von C1 und R3 abhängt. Nach jedem Puls wird dann kurz geschaut, ob es noch dunkel genug ist. Falls ja, kommt der nächste Impuls.

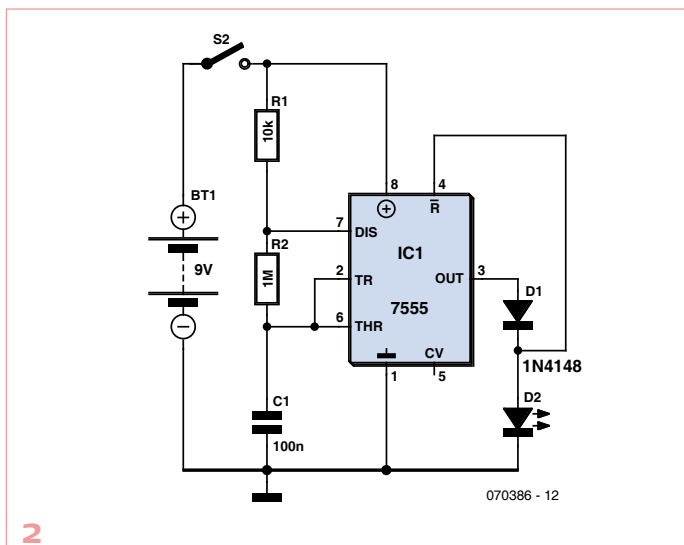
Die Schaltung eignet sich hervorragend als Orientierungshilfe für Lichtschalter in Treppenhäusern und ähnliche Anwendungen.

Die Schaltung in **Bild 2** ist als „Taglicht“ das Gegenteil der vorhergehenden. Die LED blinkt im Hellen und bleibt dunkel, wenn es dunkel ist. Hierfür ist der Timer als astabiler Multivibrator geschaltet. Und dieser AMV ist solange in Betrieb, wie die Spannung am Reset-Eingang Pin 4 oberhalb einer Schwelle von etwa 600 mV liegt. Im Dunkeln erhält der Timer daher ein dauerndes Reset-Signal.

Die LED fungiert als Licht-Emitter, wenn Pin 3 „High“ ist. Bei „Low“ verhindert eine Diode den Kurzschluss der Fotospannung der LED. Die Schaltung eignet sich gut für ein Spiel. Versteckt man die Sensor-LED gut in nicht zu hellen Räumen, dann leuchtet sie nur auf, wenn sie von einem Laserpointer oder einer Taschenlampe getroffen wird. Mit größeren Werten für C1 kann man die Leuchtdauer verlängern.

Beide Schaltungen lassen sich übrigens prima als optischer „Sensor-schalter“ verwenden: In hellen Räumen ändert sich der Pegel des Ausgangs, wenn man die LED mit dem Finger abdeckt. Wichtig ist, dass man keinesfalls den bipolaren Timer 555 einsetzt, denn dessen Eingangsströme sind einfach zu hoch. In unserem Prototyp wurde ein ICM7555 von Intersil verwendet.

(070386-1)

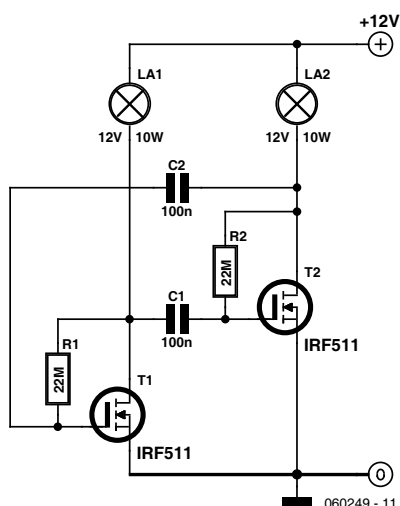


Wechselblinker mit Glühlampen

Von D. Prabakaran (Indien)

In dieser Schaltung arbeiten zwei IRF511-MOSFETs (ersatzweise auch IRF510) als aktive Bauteile eines astablen Multivibrators. Zwei Niedervolt-Glühlampen fungieren als Drain-Widerstände und blinken daher im Gegentakt. Die Blinkfrequenz hängt von den Werten von R1 und C1 bzw. von R2 und C2 ab und liegt mit den angegebenen Werten bei 1/3 Hz, weshalb jede Glühlampe abwechselnd für etwa 1,5 s leuchtet. Mit anderen Werten für diese Bauteile kann man andere Frequenzen und sogar unsymmetrische Tastverhältnisse erreichen.

Ein Vorteil von Leistungs-MOSFETs gegenüber bipolaren Exemplaren ist, dass man sie problemlos parallel schalten kann, wenn mehr



Strom benötigt wird, ohne etwas an der Beschaltung zu ändern. Das ist dann praktisch, wenn man mehr (oder „stärkere“) Glühlampen einsetzen will, da man so mit zusätzlichen preiswerten Transistoren die Leistung steigern kann.

Bei Glühlampen gilt es allerdings ein besonderes Phänomen zu beachten: Im kalten Zustand sind sie sehr niederohmig!

Bei 12-V-Glühlampen ist der Kaltwiderstand (beim Einschalten) um den Faktor 10 niedriger als bei Betriebstemperatur. Das muss man bei der Dimensionierung der Transistoren berücksichtigen. So kann zum Beispiel beim Einschalten einer 12-V-10-W-Birne ein Stromstoß von bis zu 8 A auftreten, während der Betriebsstrom bei nur 0,8 A liegt. Die angegebenen Transistoren verkraften kurzzeitig 20 A und kontinuierlich maximal 5,6 A.

(060249-I)

Kommunikation mit Laser

Von Raj. K. Gorkhali (Nepal)

Eigentlich ist Kommunikation per Laser nicht unbedingt neu. Von den Glasfaserkabeln, die Telefongespräche und Daten rund um den Globus transportieren, haben Sie bestimmt schon etwas gehört. Moduliertes Laserlicht fungiert dabei als Träger.

Dieser Beitrag soll helfen, mittels Laser eine Sichtverbindung zu errichten, über die man Informationen zwischen zwei Stationen austauschen kann. Das Prinzip ähnelt der Technik bei Glasfaserkabeln - nur hier eben ohne Glasfasern. Solche Sichtverbindungen werden auch als Inter-Satelliten-Verbindung im Weltraum eingesetzt.

Man benötigt minimal einen Sender und einen Empfänger, die nicht sehr aufwendig sein müssen, wie die **Bilder 1 und 2** beweisen.

Der Sender besteht im Kern aus einem altbewährten Timer-IC, das als astabiler Multivibrator geschaltet ist. Mit der vom Timer gelieferten Rechteckspannung wird die Stromquelle mit IC2 moduliert. Gegenüber der Standardbeschaltung von IC1 sind zwei Dioden vorgesehen, die Puls- und Pausenzeit mit zwei Potis getrennt einstellbar machen. Die Impulszeit ergibt sich in etwa zu:

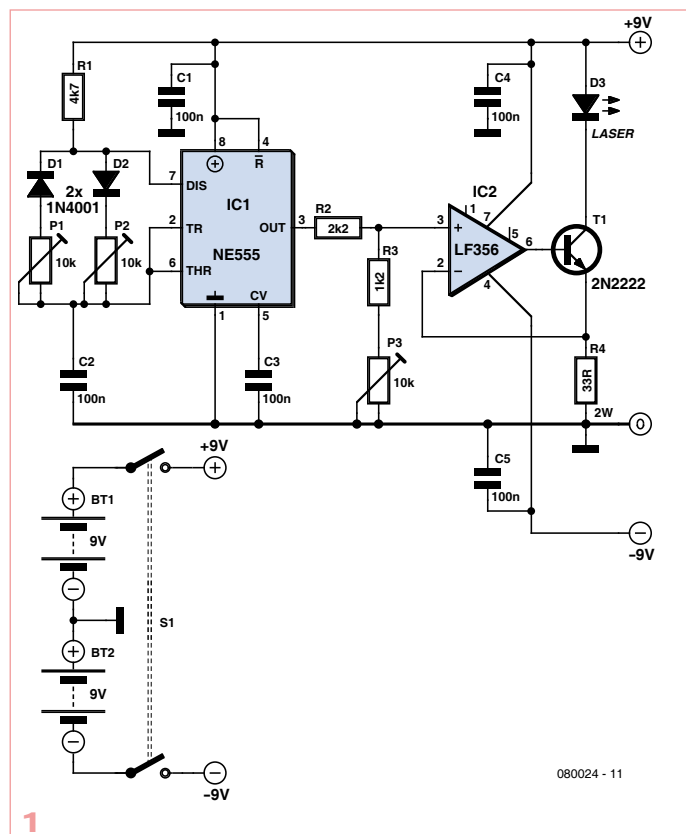
$$0,74 \times (R1+P2) \times C2 [s]$$

und die Pausenzeit zu:

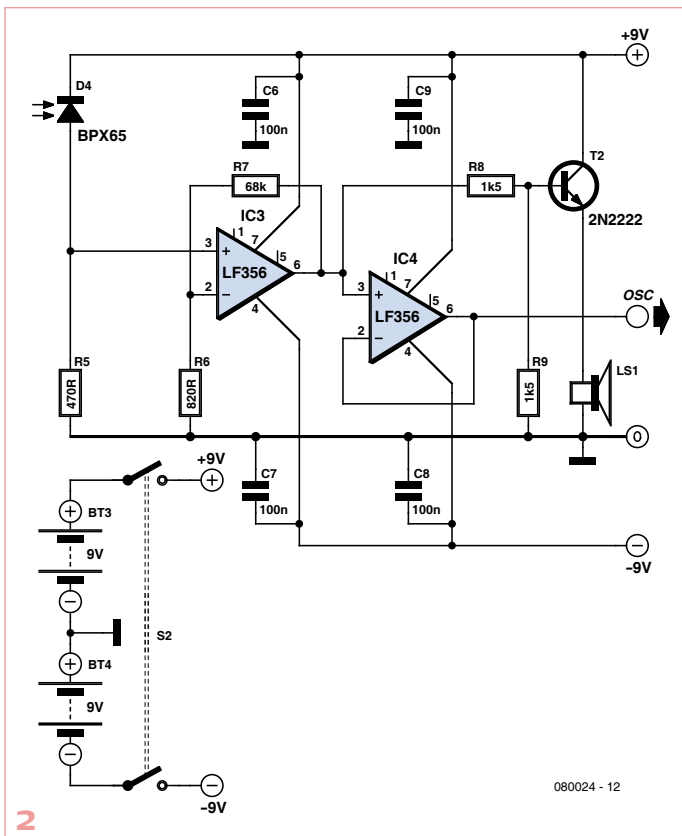
$$0,74 \times P1 \times C2 [s]$$

Die Ausgangsfrequenz lässt sich mit den angegebenen Werten leicht auf etwa 1 kHz einstellen. Die Treiberschaltung für den Laser aus IC2 und T1 arbeitet als modulierbare und einstellbare Stromquelle. Die Laserdiode wird also von einem rechteckförmigen Strom durchflossen, dessen Frequenz vom Timer und dessen Amplitude von P3 und R4 abhängt. Der Spitzenwert des Stroms lässt sich so zwischen 10 mA und 200 mA einstellen.

Der Empfänger besteht im Wesentlichen aus einem Licht/Spannungsumsetzer mit hoher innerer Verstärkung. Das Licht lässt durch D4 einen Strom fließen, der an R5 einen Spannungsabfall ergibt. Die Verstärkung von IC3 ergibt sich zu:



1



Wie weit kann man das treiben?

Von Vladimir Mitrovic (Koatien)

Wenn Sie sich schon einmal gewundert haben, mit welcher niedrigen Spannungen moderne Prozessoren und Speicher arbeiten, dann hat sich Ihnen vielleicht auch schon die Frage aufgedrängt, wie weit die Versorgungsspannung analoger Elektronik reduziert werden könnte. Als gutes Übungsobjekt für Experimente taugt der abgebildete astabile Multivibrator mit angehängtem Piezo-Schallwandler, der meldet, ob der AMV noch schwingt. Hier ist es eine eher ungewöhnliche Variante mit PNP-Transistoren und negativer Betriebsspannung. Eventuell empfiehlt es sich auch, die Funktion mit einem Oszilloskop zu überprüfen, denn bei niedrigen Spannungen kann ein Piezo ziemlich leise werden. Hier die Experimentieranleitung:

1. Man lege eine Versorgungsspannung von -1 V an und schaue, ob die Schaltung dann noch anschwingt.
2. Anschließend verstellt man die Spannung langsam in Richtung 0 V , bis sie aufhört zu oszillieren.

$$(R6+R7) / R6$$

Mit der angegebenen Dimensionierung ergibt sich somit 84-fache Verstärkung. Das Signal am Opamp-Ausgang dürfte groß genug sein, um verstärkt von T2 einen kleinen Lautsprecher zu treiben. Mit dem zweiten Opamp IC4 wurde ein Puffer mit einfacher Verstärkung realisiert, an dessen Ausgang man ein Oszilloskop oder andere Geräte anschließen kann.

Der Einfachheit halber werden sowohl Sender als auch Empfänger mit symmetrischer Betriebsspannung aus jeweils zwei 9-V-Batterien versorgt.

Es empfiehlt sich, die Empfänger-Diode in ein dünnes schwarzes Rohr einzubauen, damit Fremdlicht weniger stört.

Der Abgleich:

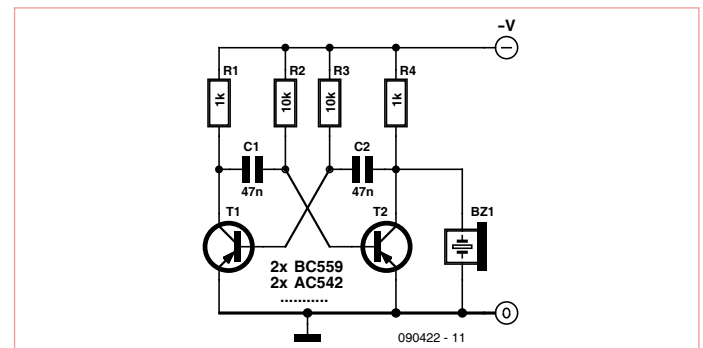
1. P1 und P2 so einstellen, dass ein halbwegs symmetrisches 1-kHz-Signal an Pin 3 von IC1 ansteht.
2. P3 so einstellen, dass der gewünschte Strom durch D3 fließt. Dabei die vom Hersteller angegebenen Maximalwerte beachten!
3. Sender und Empfänger so ausrichten, dass das Laserlicht auf D4 fällt.
4. An Pin 6 von IC3 sollten nun Impulse mit einem Spitzenwert von $1\ldots 6\text{ V}$ auftreten.
5. Wenn das klappt, sollte der 1 kHz-Ton deutlich aus dem Lautsprecher zu vernehmen sein.

Man kann nun mit verschiedenen Entfernungen, mit Spiegeln oder Optiken und mit Tastverhältnissen experimentieren. Die mögliche Reichweite hängt stark von der Lichtleistung des Lasers ab.

Achtung:

NIEMALS in das Licht des Lasers schauen! Man muss die vom Hersteller angegebenen Vorsichtsmaßnahmen einhalten.

(080024-l)



3. Jetzt schaltet man solange ein und aus und erhöht jedesmal die Spannung um ein kleines Stück, bis die Oszillation beim Einschalten wieder einsetzt.

Der Autor hat dieses Procedere mit zwei verschiedenen Transistortypen durchgeführt: dem Siliziumtransistor BC559B und dem Germanium-Oldie AC542. **Tabelle 1** zeigt die Ergebnisse. Die tiefste erreichbare Spannung lag bei 130 mV ! Sehr beachtlich, oder? Für die Experimente benötigt man ein Netzteil, das auch noch im Bereich $0\ldots 1\text{ V}$ gut einstellbar ist. Ersatzweise kann man aber auch einen niederohmigen einstellbaren Spannungsteiler verwenden, der aus einem 1-k-Poti und einem $1\text{ k}\Omega$ -Vorwiderstand in Reihe an 5 V besteht.

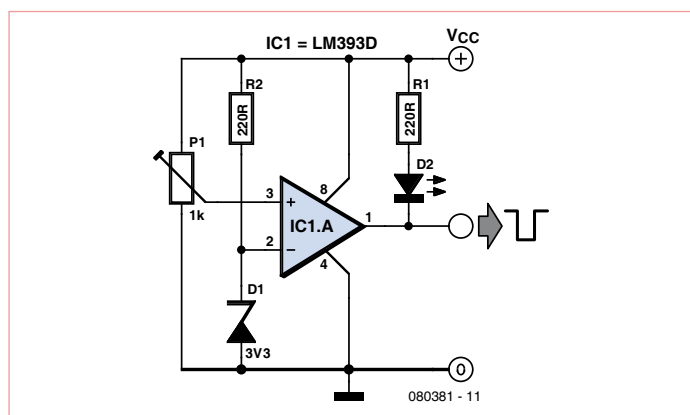
(090422-l)

Tabelle 1.		
Transistor	Abschaltspannung	Anlaufspannung
BC559B	470 mV	520 mV
AC542	130 mV	190 mV

Unterspannungs-Indikator

Von Lars Näs (Schweden)

Diese Schaltung ist eine sehr einfache Überwachungslösung für Versorgungsspannungen von +5 V. Man kann damit zum Beispiel die Spannung einer Batterie dahingehend überwachen, ob sie unter einen bestimmten Wert fällt. Der Ausgang der Schaltung liefert digitale Logik-Pegel, die sich auch für den Anschluss an TTL-



Eingänge eignen. Sie taugt auch als Brown-out-Detektor für Mikrocontroller (an Reset anschließen) oder allgemein dafür, Elektronik abzuschalten, bevor sie durch zu niedrige Versorgungsspannung in undefinierte Zustände gerät.

Die Schaltung benötigt einen der beiden Komparatoren im IC LM393D. Man kann aber auch $\frac{1}{4}$ des ICs LM339 verwenden.

Der Komparator vergleicht die mit der Versorgungsspannung fluktuierende Spannung am Schleifer von P1 mit den stabilen 3,3 V der Z-Diode. Wenn die Spannung des Potis unter diese 3,3 V fällt, wird der Ausgang „Low“ und die LED leuchtet. Diese „negative Logik“ passt beispielsweise für die meisten Reset-Eingänge von ICs und Mikrocontrollern. Durch Vertauschen von Pin 2 und 3 kann man die Logik bei Bedarf invertieren. Dann zeigt die LED an, dass die Spannung in Ordnung ist.

Die Einstellung der Schaltung auf bestimmte Grenzwerte geht wie folgt:

Angenommen, der Ausgang soll bei $V_{cc} = 4,75 \text{ V}$ ($= 5 \text{ V} - 5\%$) schalten, dann hängt man die Schaltung an ein Labornetzteil und stellt V_{cc} auf genau 4,75 V ein. P1 wird so eingestellt, dass die LED gerade noch nicht leuchtet.

Die Schaltung kann auch für höhere Spannungen verwendet werden. Für die Überwachung einer 12-V-Leitung empfiehlt sich allerdings der Ersatz von D1 durch eine 5,6-V-Z-Diode. P1 wird dann zu 5 k Ω , R1 = 820 Ω und R2 = 1 k Ω . Ein typischer Schwellwert für die 12 V eines PCs wäre 10,8 V (12V - 10%).

(080381-I)

Alle Elektor-Events auf einen Blick

Workshops • Seminare • Masterclasses

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



AVR-Mikrocontroller in der Praxis

Hannover 16.04. + 17.04.2010
Leipzig 23.04. + 24.04.2010
Luzern (Schweiz) 04.06. + 05.06.2010

www.elektor.de/avr-workshop

NEU! CC2-ATmega

Frankfurt am Main 30.01.2010
Leipzig 20.03.2010
Luzern (Schweiz) 29.05.2010
München 25.09.2010
Hannover 06.11.2010

www.elektor.de/cc2-atmega

C-Programmierung für Mikrocontroller

Bochum 22.02. bis 24.02.2010

www.elektor.de/c-prog

NEU! PIC18-Mikrocontroller-Programmierung

Leipzig 25.02.2010
Hannover 26.02.2010
München 19.05.2010
Luzern (Schweiz) 16.06.2010

www.elektor.de/pic18

NEU! Messen, Steuern, Regeln (MSR) über das Internet

Hannover 24.03.2010

www.elektor.de/msr-workshop

NEU! Praxis des Gitarren-Röhrenverstärkers

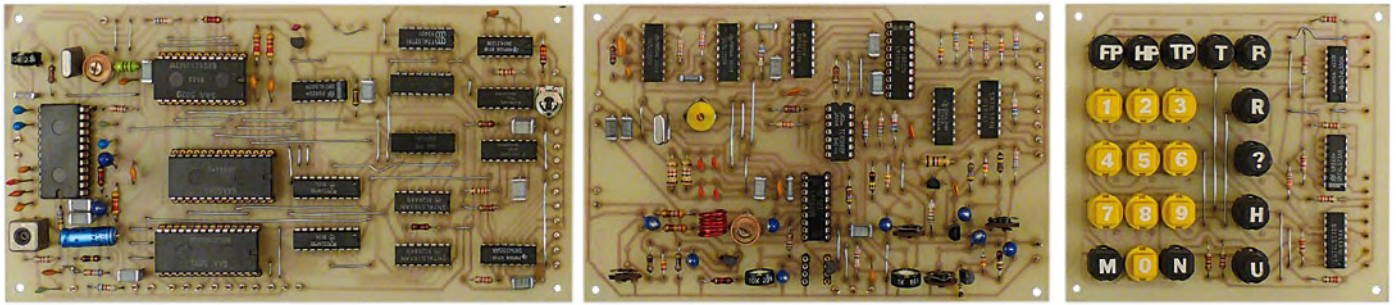
Frankfurt am Main 27.03.2010
München 08.05.2010
Luzern (Schweiz) 03.07.2010
Hannover 28.08.2010
Leipzig 30.10.2010

www.elektor.de/gitarren-roehren



Änderungen vorbehalten.

Weitere Infos unter
www.elektor.de/events



Elektor Videotext Decoder (1981)

Von Jan Buiting (Elektor UK/US)

Sie werden sich vielleicht wundern, doch ich muss mich nicht allzu sehr anstrengen, um immer wieder neue alte Geräte für diese Rubrik zu finden. Das E-Antiquariat kommt nämlich fast von selbst zu mir. Typischerweise erhalte ich einen Anruf oder eine Mail mit dem Inhalt: „Meine Frau sagt, das muss endlich weg, oder...“. Aber ich bin nicht nur dem weiblichen Geschlecht zu Dank verpflichtet, denn neulich bekam ich zu hören „Unser neues Management meint, diese Geräte wären veraltet...“ und „...es wäre doch so schade, das wegzuerwerfen!“. Dann lasse ich die Geräte zu mir kommen, schließlich hat Elektor längst nicht alle Prototypen der letzten 40 Jahre eingelagert. Teletext („Videotext“) entwickelte sich schnell zu einem Standard - auch wenn unterschiedliche Länder dabei ihr eigenes Süppchen kochten. 1970 stellten kreative Ingenieure der BBC und IBA (britische TV-Aufsichtsbehörde) fest, dass man in den Zeilen der Austastlücke des TV-Signals doch Informationen übertragen könnte. Zunächst war es möglich, darin 25 Zeilen zu je 15 Zeichen unterzubringen und damit „interne Programm-Information“ zu übertragen. Als dann 1972 der experimentelle Dienst „Teledata“ der BBC gestartet wurde, konnte die Kapazität immerhin schon auf 32 Zeichen pro Zeile gesteigert werden. Im gleichen Jahr gab es auch schon erste Probleme, denn die IBA wollte ihren eigenen Standard „Oracle“ durchdrücken. Doch die BBC konterte und nannte ihr System hinfot „Cee-fax“ (lautmalerisch für „see facts“). Nach zwei Jahren der Rivalität wurden IBA, BBC und weitere Mitspieler von der damaligen englischen Post genötigt, sich auf einen Standard für Teletext zu einigen. Dabei wurden die besten Aspekte beider Verfah-

ren kombiniert: Es gab Farbe, 40 Zeichen/Zeile und einfachste Grafik (unter Pacman-Niveau). Das System verbreitete sich schnell über Europa. In Deutschland wurde Teletext in Videotext umgetauft, um Verwechslungen mit dem etablierten Datendienst „Teletex“ zu vermeiden.

Doch bis Anfang der 1980er Jahre gab es kaum bezahlbare TV-Geräte mit eingebautem Videotext-Decoder. Die erhältlichen Decoder-Zusätze erforderten erhebliche Eingriffe in vorhandene Geräte. Elektor schloss diese Lücke, indem 1981 ein Selbstbau-Decoder vorgestellt wurde, der einfach und bequem in die Leitung von der Antenne zum Fernseher eingeschleift werden konnte!

Der Elektor-Decoder benötigte drei Platinen. Die erste Schaltung dazu wurde in der Oktober-Ausgabe 1981 veröffentlicht, und mit dabei war eine Einführung in die Videotext-Technik. Der Decoder basierte auf den damals topaktuellen LSI-Chips „VIP“ = SAA5030, „TAC“ = SAA5041, „TIC“ = SAA5020 und „TROM“ = SAA5051 — nachträglich noch einmal ein Dankeschön für diese einprägsamen Akronyme an Philips/Signetics!

Die Steuer-Platine erschien im November 1981 und bestand hauptsächlich aus einem Interface zwischen Tastatur und Decoder-Elektronik. Hier kamen eine Menge 74LS-TTL-ICs wie Schieberegister, Zähler und Flip-Flops zum Einsatz. Der Artikel endete etwas abrupt mit dem Hinweis, das Signal des Video-Ausgangs an einer passenden Stelle innerhalb des Fernsehers einzuspeisen. Hierzu gab es Vorschläge für Zusatzschaltungen und Tipps, wie man nicht netzgetrennte Fernseher isolieren könnte. Glücklicherweise gab es aber schon im Dezember 1981 eine Lösung, die Eingriffe in den Fernseher überflüssig machte. Diese

Zusatzschaltung enthielt den RGB-D/A-Konverter LM1886N und den VHF-Modulator LM1889, die sogar recht preiswert waren. Jetzt musste man noch die Video-Signale aus der HF der Antenne herausholen. Hierfür war eine Platine erforderlich, die ein komplettes VHF/UHF-TV-Tuner-Modul und den ZF-Verstärker/Demodulator TDA2541 beherbergte. Der krönende Abschluss des Projekts bestand aus einem Netzteil mit drei Ausgangsspannungen, das im Februar 1982 veröffentlicht wurde.

Der komplette Videotext-Decoder wuchs sich also zu einem Mammut-Projekt aus, das immerhin 25 dicht schwarzweiß bedruckte Seiten in Elektor benötigte. Ganz preiswert war das Vergnügen nicht. Außerdem musste man genau arbeiten. Die großen einseitigen Platinen wurden in Originalgröße abgedruckt, damit man sich zu Hause seine eigenen Platinen ätzen konnte. So hat es damals mein Freund Eric Post gemacht, der mir freundlicherweise seinen exzellent gebauten Decoder zur Verfügung stellte.

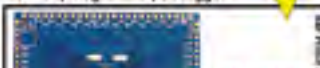
Das Projekt ist ein schönes Beispiel dafür, wie es Elektor immer wieder gelang, seiner Zeit ein Stückchen voraus zu sein und da Lösungen zu bieten, wo die Industrie Lücken gelassen hatte. In der damaligen Zeit konnte man mit einem voll funktionierenden Videotext-Decoder bei seinen Freunden richtig Eindruck schinden. Außerdem war man mit diesem ersten „Online-Dienst“ stets gut informiert, denn man konnte elegant den Wechselkurs des Zloty abrufen oder sich über die Schneehöhe auf der Zugspitze informieren...

Heute hingegen wird Videotext dank Internet mehr und mehr obsolet. Interessanterweise beginnen nun die Hersteller damit, Internet in Fernseher zu integrieren.

(090762)

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

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

 Entwicklung industrietauglicher Software und Hardware sowie Elektronik 03303/212166 oder www.jasys.de	Bausätze zu ELEKTOR 1986 bis heute! Teilesätze, Platinen, programmierte Controller sowie Cds zu fast allen Elektor-Projekten vom Spezialist. Alle Elektor-Artikel zum Verlagspreis. Ihr zuverlässiger Partner für aktive und passive elektronische Bauteile und Komponenten: Geist Electronic-Versand GmbH Tel.: 07720/36673 Fax: 07720/36905 Mail: info@geist-electronic.de Shop: www.geist-electronic.de	Leiterplattenfertigung (Onlinekalkulation) • Bestückung SMD und konventionell • Entwicklung/Layouterstellung • LED-Anzeigensysteme  www.thale-elektronik.de	www.AAAA-electronic.de Schnäppchenmarkt Bauteile, Bausätze, Module, Restposten Fon: 0049 471 3097133
 Aktion: passiver und aktiver Bauteile AVR, Controller, Module und Prototype Boards. AT91SAM7 Controller, AT128C32 Controller. AT91SAM7 Controller, AVRISP mkII nur 99,- € Versand in Deutschland nur 3,99 €, F+H nur 8,99 € Bsp: 1000 Stück in Deutschland: 3,99 € + 10,00 € Versand Tel: 0615/27511047 Fax: 0615/27511048 http://shop.embedit.de	 MEGA™ XMEGA™ Mikrocontroller-Modul Mega 128-L238 Mikrocontroller-Modul Xmega 128-L238 Der Onlineshop für Entwickler • Development- und Evaluation Boards • Programmer und Emulatoren • Mikrocontroller und Mikrocontrollerperipherie shop.avr-praxis.de	 Schneidemaschinen CNC - Fräsmaschinen Elektronikbauteile Kompetenz seit 1985 www.grummes.de	HAMEG® Instruments A Rohde & Schwarz Company
USB-Funkuhr immer die geniale Zeit an der Hand • USB-Schnittstelle • integrierte Echtzeituhr • für Microsoft Windows 10 • als Platine, Bausatz oder Fertigerbauteil http://produkte.reworld.eu	Laeahn-Versand.de schlanke Preise - fettes Angebot Schnellversand ohne Mindestumsatz Bauteile - Ersatzteile - Zubehör Fernbedienungen - Zeilenrafos HDTV DVB-T Sat Audio/Video Überwachungstechnik und vieles mehr. www.Laeahn-Versand.de	HEXWAX LTD www.hexwax.com Treiberunabhängige USB-ICs von einem der Weltmarktführer • USB-UART/SPI/I2C-Konverter • TEAleaf-USB Authentifizierungs-Dongles • expandIO-USB I/O-USB- Expander • USB-FileSys Flash-Drive mit SPI-Interface • USB-DAQ Flash-basierter Datenlogger	☒ Oszilloskope ☒ Netzgeräte ☒ RF-Messtechnik ☒ Systemgeräte
LCDs und mehr www.lcd-store.de www.LC-Design.de www.crystallfontz.de	MM Henting Mikroelektronik Alles Spule! Drähte, HF-Litzen, Ferrit- und Eisenpulverkerne, Isoliermaterial, Klebänder, Tränklacke, Spulenkörper. Auch in Kleinmengen. Unser Shop: www.spulen.com/shop/ Prototyping, Kleinserien, Serienfertigung.	VTS – ELEKTRONIK GbR Preiswerter Leiterplatten Service info@vts-elektronik.de www.vts-elektronik.de	Great Value in Test & Measurement www.hameg.com
USB-Funkuhr immer die geniale Zeit an der Hand • USB-Schnittstelle • integrierte Echtzeituhr • für Microsoft Windows 10 • als Platine, Bausatz oder Fertigerbauteil http://produkte.reworld.eu	MM Henting Mikroelektronik Alles Spule! Drähte, HF-Litzen, Ferrit- und Eisenpulverkerne, Isoliermaterial, Klebänder, Tränklacke, Spulenkörper. Auch in Kleinmengen. Unser Shop: www.spulen.com/shop/ Prototyping, Kleinserien, Serienfertigung.	www.ibklose.de - Ing.-Büro für Elektronik und Nachrichtentechnik -	EASYDAQ www.easydaq.biz • Stromversorgung via USB, 4 Relais + 4 Digital-I/O-Kanäle • Schaltet 240 V AC @ 10 A • LabVIEW, VB, VC, C#, Java • Schraubanschlussklemmen • Keine Versandkosten Entwicklung & Lieferung von Relais-, Digital-I/O- und DAQ-Produkten für USB, Wireless, LAN, Internet & Seriell info@easydaq.biz
LCDs und mehr www.lcd-store.de www.LC-Design.de www.crystallfontz.de	MM Henting Mikroelektronik Alles Spule! Drähte, HF-Litzen, Ferrit- und Eisenpulverkerne, Isoliermaterial, Klebänder, Tränklacke, Spulenkörper. Auch in Kleinmengen. Unser Shop: www.spulen.com/shop/ Prototyping, Kleinserien, Serienfertigung.	Spiralkabel ab 1 Stück nach Kundenwunsch! Auszugslänge bis 8.000 mm	Die Buchung einer Anzeige beinhaltet einen kostenlosen Eintrag auf der Website von Elektor, inklusive eines Links zu Ihrer Seite.
Anzeigenschluss: 16. 02. 2010	www.anttronic.de ab 1 Stck. ANTTRONIC Leiterplatten zu TOP-Preisen!!	kurze Lieferzeiten www.key-electronic.de key-electronic Kreimendahl GmbH Märkenstück 14 58509 Lüdenscheid Tel. 02351-3621-50 Fax. 02351-3621-59 mail: info@key-electronic.de	Reservieren Sie jetzt Ihre Jahresbuchung
Erscheinungstermin: 15. 03. 2010	Online-Shop mit großer Auswahl: Entwicklerboards, Schnittstellenkabel, AVR32, ARM7, ARM9, PIC, DSP, MSP430, Programmer, Debugger  xmega Und viele weitere Boards! embedded projects GmbH Holzschmidtstr. 4 84532 Augsburg Tel.: +49 821 279699-0 Fax: -25 http://www.epron.de	LOETRONIC Embedded MP3 Module www.loetronic.com	Reservieren Sie jetzt Ihre Jahresbuchung
Erscheinungstermin: 15. 03. 2010	Gravuren / Schilder / Frontblenden www.webgrav.de	mechapro® Unser Leistungsspektrum: • Diverse Schrittmotoren ab Lager lieferbar • Eigene Entwicklung von Schrittmotorenstufen in versch. Ausführungen • Netzteile, Endschneller, geschirmte Kabel u.v.m. Kundenspezifische Lösungen entwickeln wir schnell und preiswert Fon: 0241/4091800 • Fax: 0241/4091803 www.mechapro.de • info@mechapro.de	Reservieren Sie jetzt Ihre Jahresbuchung

Hexadoku

Sudoku für Elektroniker

Haben Sie wieder Lust auf ein Rätsel? Hier kommt ein neues Hexadoku, das von mancher Mühsal ablenkt, die das Elektronikerleben mit sich bringt. Geben Sie ihr Bestes und versuchen Sie, die richtigen Hexadezimalzahlen für die grauen Kästchen zu finden. Hier warten wieder einige schöne Elektorgutscheine, die unter denjenigen verlost werden, die uns die richtige Lösung einsenden!

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

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

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

Mitmachen und gewinnen!

Unter allen internationalen Einsendern mit der richtigen Lösung verlosen wir

einen **ELEKTOR-Gutschein** im Wert von 100 € und

drei **ELEKTOR-Gutscheine** im Wert von je 50 €.

Einsenden

Schicken Sie die Lösung (die Zahlen in den grauen Kästchen) per E-Mail, Fax oder Post an:

Elektor – Redaktion Süsterfeldstr. 25 52072 Aachen

Fax: 0241 / 88 909-77 E-Mail: hexadoku@elektor.de

Als Betreff bitte nur die Ziffern der Lösung angeben!

Einsendeschluss ist der 28. Februar 2010!

Die Gewinner des Dezember-Hexadokus stehen fest!

Die richtige Lösung ist: F1482.

Das E-blocks Starter Kit Professional geht an: Mark Lucas aus Cambs (UK).

Einen Elektor-Gutschein über je 50 € haben gewonnen: Wolfgang Beckmann, Keijo Kiirikki und Dr. K. D. Reinartz.

Herzlichen Glückwunsch!

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

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

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

Von den Machern von Elektor!



Oder frei Haus unter www.elektor.de bestellen!

Starke Stücke

Die ganze Welt der Elektronik
in einem Shop!



NEU!

Der professionelle Ratgeber für Funkempfangstechnik

Funkempfängerkompendium

Wollten Sie schon immer wissen, wie sich die klassische Funkempfängertechnik fortentwickelt hat? Wie funktionieren professionelle Funkempfänger heute und was können sie leisten? Wie ist es der modernen Funküberwachung und den Nachrichtendiensten möglich, gleich ganze Frequenzbänder in kürzester Zeit auszuforschen? Welche Empfangssysteme und Techniken stehen heute zur Verfügung? Möchten Sie auch ausgefallene Anwendungen von Empfängern kennenlernen und wissen, wie ein SDR (Digitalempfänger) nun wirklich funktioniert und was der letzte Stand der entsprechenden Technik kann?

Wodurch unterscheiden sich Kreuz- und Intermodulation und worauf ist bei der messtechnischen Bestimmung und Datenblattvergleichen unbedingt zu achten? Warum folgen Intermodulationsprodukte nicht immer den Darstellungen von Lehrbüchern?

In diesem Buch findet man die Antworten!

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



Topseller

Einstieg in die digitale Steuerungstechnik

Digitale Elektronik im Experiment

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

160 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-220-8

€ 29,80 • CHF 46,80



inkl. 16 Farbseiten

Die eigene Lightshow mit DMX professionell steuern

Lichttechnik für Einsteiger

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

288 Seiten • ISBN 978-3-89576-188-1

€ 29,80 • CHF 46,80

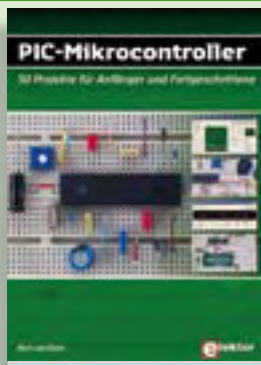


Konzepte verstehen und umsetzen

Röhrenverstärker-Schaltungen

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

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



Ein Must-Have für Elektroniker

PIC-Mikrocontroller

Dieses Buch behandelt 50 spannende und zugleich lehrreiche Projekte mit PIC-Mikrocontrollern. Sie können es als Projektgrundlage nutzen, um die Projekte Ihrer Wahl aufzubauen und zu erproben. Alle Projekte sind uneingeschränkt praxistauglich. Die präzisen Beschreibungen, Schaltungen und Fotos der Versuchsaufbauten auf Steckplatten machen das Aufbauen und Ausprobieren zu einer spannenden Angelegenheit. Zu jedem Projekt wird der technische Hintergrund erläutert.

416 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-201-7
€ 54,00 • CHF 84,80

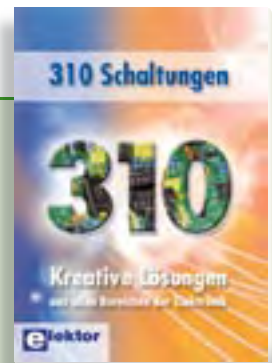


Interrupts, Multitasking, u. a.

Systemprogrammierung für AVR-Mikrocontroller

Im ersten Buchabschnitt werden Techniken vorgestellt, mit denen parallele Programmabläufe realisiert werden können. Diese reichen von der einfachen automatischen Ablaufsteuerung eines Hintergrundprozesses durch Interrupts bis zur Implementierung eines an die beschränkten Möglichkeiten von AVR-Mikrocontrollern angepassten RTOS. Die Realisierung von Hintergrundprozessen lässt sich auf bequeme Weise mit Interrupts durchführen. Der zweite Teil des Buches ist der Numerik gewidmet.

404 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-218-5
€ 42,00 • CHF 66,00



Kreative Lösungen aus allen Bereichen der Elektronik

310 Schaltungen

Gute Nachrichten für alle Elektronik-Freunde: Die „300er-Schaltungen“-Reihe wird fortgesetzt! Das mittlerweile 11. Buch aus Elektor's erfolgreichster Buchreihe bietet wiederum neue Konzepte und einen unerschöpflichen Fundus zu allen Bereichen der Elektronik: Audio & Video, Spiel & Hobby, Haus & Hof, Prozessor & Controller, Messen & Testen, PC & Peripherie, Stromversorgung & Ladetechnik sowie zu Themen, die sich nicht katalogisieren lassen.

560 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-217-8
€ 36,80 • CHF 57,80



Theorie – Konzept – Praxis

Filtern ohne Stress

Dieses Buch bietet umfangreiche, praktische und vor allem brauchbare Schaltungen und Experimente zu verschiedenen Filtertypen. Ganz nach der Devise „ohne Stress“ erfahren die Leser auch Episoden an erste Begegnungen der Autoren mit verschiedenen Filtern. Jedem Praxis-Kapitel folgen fundierte theoretische Erläuterungen zu den besprochenen Filtern, in welchen umfangreiche Formeln und mathematische Herleitungen nicht zu kurz kommen.

238 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-190-4
€ 39,80 • CHF 62,50

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

www.elektor.de

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

elektor



Elektor's erster Workshop als Live-DVD

Fahrzeugdiagnose in der Praxis

Moderne Autos bieten dank der On-Board-Diagnose (OBD) tiefe Einblicke in den Betriebszustand der Bordelektronik und der mechanischen Komponenten. In diesem Workshop lernen Sie die Funktionsweise von OBD kennen und erfahren, mit welchen Geräten man selbst Fahrzeugdaten auslesen kann. Hiermit lassen sich Fehlerursachen finden, aber auch individuelle Anpassungen vieler Funktionen vornehmen. Anschließend sind Sie nicht mehr darauf angewiesen, was Ihnen in der Werkstatt erzählt wird, sondern wissen schon vorher, ob Sie die Abgasuntersuchung bestehen werden.

ISBN 978-3-89576-225-3 • € 29,80 • CHF 46,80



Workshop als Live-DVD zum Zweiten

Audio-Röhrenverstärker

In diesem Workshop wird der Entwurfszyklus eines typischen Röhrenverstärkers umfassend behandelt. Besprochen wird alles, was wichtig und wissenswert ist – von der Zielsetzung und den geforderten Eigenschaften bis hin zu intelligenten Lösungen und dem Bau von Prototypen. An den Beispielen der von Entwickler und Fachbuchautor Menno van der Veen entwickelten Verstärker UL40-S2 und PR20HE werden sowohl die Theorie als auch die Praxis vertieft.

ISBN 978-3-89576-226-0 • € 29,80 • CHF 46,80



NEU!

CAN-Bus im Haus

(Elektor Januar 2010)

Unter einem MIAC (**M**atrix **I**ndustrial **A**utomotive **C**ontroller) versteht man eine Industrie-SPS (speicherprogrammierbare Steuerung), die sich für vielfältige Zwecke einsetzen lässt. Die Elektronik ist rund um einen Mikrocontroller vom Typ PIC18F4455 mit USB-Port aufgebaut. Außerdem ist der MIAC nicht nur auf einfache Weise mit „Flowcode“, sondern auch herkömmlich in C oder Assembler programmierbar. Weitere Zutaten sind ein LCD, Taster, vier Relais-Ausgänge, vier Transistor-Ausgänge und acht digitale oder analoge Eingänge sowie ein CAN-Bus-Interface.

Fertiggerät

Art.-Nr. 090278-91 • € 185,00 • CHF 290,50



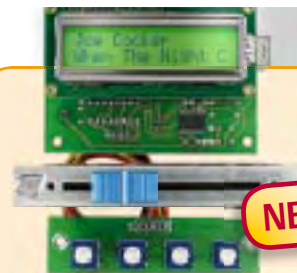
Preselektor für den Elektor-SDR

(Elektor Dezember 2009)

Das Software Defined Radio von Elektor (Art.-Nr. 070039-91) überdeckt den gesamten Bereich bis 30 MHz. Es sind noch vier Eingänge frei, an die man zum Beispiel Vorkreise oder eine Ferritantenne anschließen kann. Ein neuer Preselektor erlaubt jetzt die Verwendung von bis zu vier über Software und Kapazitätsdioden abgestimmten Kreisen. Eine manuelle Antennen-Abstimmung mit einem Drehkondensator wird damit überflüssig.

Bausatz inkl. teilbestückter Platine, Spulenkörper und Ferritstab mit Wicklungen

Art.-Nr. 090615-71 • € 57,50 • CHF 90,30



NEU!

Winamp-Control

(Elektor Januar 2010)

Schon seit langem gibt es diverse Möglichkeiten, Winamp oder andere Media-Player fernzusteuern. Eines haben diese Systeme jedoch gemeinsam: Die virtuelle Fortschrittsanzeige auf dem Computermonitor. Wenn man nun aber ein komplettes Hardware-Interface haben möchte, das dem virtuellen Winamp-Design ebenbürtig ist, braucht man eine physikalische Fortschrittsanzeige. Bei diesem Projekt sorgt ein kleines ATmega-Mikrocontrollersystem via USB für die bidirektionale Verbindung zwischen der Winamp-Software und einem realen Studio-Fader, der gleichzeitig als Anzeige und als Eingabegerät dient.

Bausatz mit allen Bauteilen inkl. Platine

Art.-Nr. 090531-71 • € 99,95 • CHF 157,00



OBD-2-Analyzer NG

(Elektor September 2009)

Der kompakte OBD2-Analyser aus Elektor Juni 2007 (Art.-Nr. 070038-71) war ein enormer Erfolg – bot er doch Klartext-Fehleranalyse und automatische Protokollerkennung im preiswerten Handgerät. Die nächste Generation (NG) der autonomen OBD-Analyser in Elektor wartet jetzt mit Vollgrafikdisplay, Cortex-M3-Prozessor und einem Open-Source-User-Interface auf und setzt damit wieder neue Maßstäbe für ein OBD-2-Projekt.

Bausatz mit allen Bauteilen inkl. DXM-Modul, SMD-bestückter Platine, Gehäuse, Montagematerial und Kabel

Art.-Nr. 090451-71 • € 99,00 • CHF 155,50

Februar 2010 (Nr. 470) €

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

Januar 2010 (Nr. 469)

CAN-Bus im Haus

090278-91 Fertiggerät 185,00

Mikrocontrollergesteuerter Dimmer

090315-41 Progr. Controller 8,50

Winamp-Control

090531-71 Bausatz mit allen Bauteilen
inkl. Platine 99,95

Klein aber fein – das Minimod18

090773-41 Progr. Controller (mit Bootloader) 24,50

090773-91 Bestückte und getestete Platine
inkl. vorprogr. Controller mit Bootloader 62,95

Magisches Auge am USB

090788-1 Platine 11,95

090788-41 Progr. Controller 11,95

Dezember 2009 (Nr. 468)

Preselektor für den Elektor-SDR

090615-71 Bausatz inkl. teilbestückter Platine, Spulenkörper
und Ferritstab mit Wicklungen 57,50

Minimal-Schaltuhr

090823-41 Progr. PIC12F683-I/SN 7,95

Farbgesteuerte Lichterkette

090125-1 Platine (Steuergerät) 13,00

090125-2 Platine (Lichtmodul) 2,75

090125-41 Progr. Controller (PIC18F2550) für Steuergerät 18,00

090125-42 Progr. Controller (PIC12F508-I/SN) für Lichtmodul 2,75

November 2009 (Nr. 467)

R32C-Webserver

080082-71 Bausatz mit allen Bauteilen inkl. Applicationboard
und SMD-bestückter Platine 149,50

080928-91 R32C-Starterkit: Prozessorboard bestückt und
getestet, Toolchain auf CD 34,00

090607-91 WIZ812MJ-Modul (bestückt und getestet) 22,50

Solar-Handy-Ladegerät

090190-1 Platine 9,95

090190-41 Progr. Controller 8,00

Lötstation mit Messfunktion

090022-41 Progr. Controller PIC18F4520 14,00

SDRadio mit ATM18 (CC2-AVR-Projekt)

090740-71 SDR-Chip-Modul (bestückt und getestet) 34,95

Oktober 2009 (Nr. 466)

Barometrischer Höhenmesser

080444-41 Progr. Controller PIC18F2423 18,50

Pocket Preamp

080278-71 Bausatz bestehend aus 080277-1, 080278-1, 080279-1
und allen Komponenten (außer Potis) 74,50

September 2009 (Nr. 465)

OBD-2-Analyser NG

090451-71 Bausatz mit allen Bauteilen inkl. DXM-Modul,
Platine, Gehäuse, Montage-
material und Kabel 99,00

R32C-Applicationboard

080082-71 Bausatz mit allen Bauteilen inkl. Applicationboard
und SMD-bestückter Platine 149,50

080928-91 R32C-Starterkit: Prozessorboard bestückt und
getestet, Toolchain auf CD-ROM 34,00

Bluetooth mit dem ATM18

080948-71 Platine und Bluetooth-Modul BTM222 im Paket 27,50

Neigungsalarm für Kraftfahrzeuge

080064-41 Progr. Controller 24,50

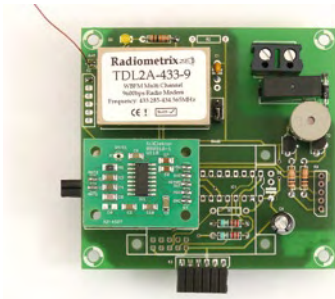
Bestseller

Bücher	1	↑	Funkempfängerkompendium	ISBN 978-3-89576-224-6 € 49,00 CHF 77,00
	2	↘	Digitale Elektronik im Experiment	ISBN 978-3-89576-220-8 € 29,80 CHF 46,80
	3	↗	310 Schaltungen	ISBN 978-3-89576-217-8 € 36,80 CHF 57,80
	4	↘	Röhrenverstärker-Schaltungen	ISBN 978-3-89576-222-2 € 46,00 CHF 72,30
	5	↘	Lichttechnik für Einsteiger	ISBN 978-3-89576-188-1 € 29,80 CHF 46,80
CD- & DVD-ROMs	1	→	Workshop-DVD Fahrzeugdiagnose	ISBN 978-3-89576-225-3 € 29,80 CHF 46,80
	2	↗	Elektor-DVD 2008	ISBN 978-90-5381-235-8 € 27,50 CHF 43,20
	3	↗	LED-Toolbox	ISBN 978-90-5381-245-7 € 32,50 CHF 52,20
	4	↘	Workshop-DVD Röhrenverstärker	ISBN 978-3-89576-226-0 € 29,80 CHF 46,80
	5	↘	ECD 5	ISBN 978-90-5381-159-7 € 29,50 CHF 46,40
Bausätze & Module	1	→	Preselektor für den Elektor-SDR	Art.-Nr. 090615-71 € 57,50 CHF 90,30
	2	↗	OBD-2-Analyser NG	Art.-Nr. 090451-71 € 99,00 ... CHF 155,50
	3	↗	Effektvoller LED-Kreis	Art.-Nr. 080678-71 € 49,95 CHF 78,50
	4	↘	R32C-Applicationboard	Art.-Nr. 080082-71 € 149,50 ... CHF 234,80
	5	↘	R32C/111-Starterkit	Art.-Nr. 080928-91 € 34,00 CHF 53,40

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



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



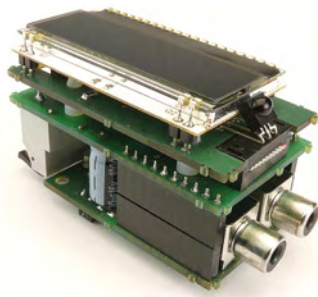
VisioLED

Visio-LED ist eine "elektronische Türglocke" mit modernster Technik: Besucher können sich an der Haustür mit einem preiswerten RFID melden. Die RFID-Daten werden per ISM-Funkverbindung an die Basisstation übermittelt. Wird das RFID erkannt, erscheint auf dem OLED-Display ein Bild des Besuchers. Mittels Tastendruck an der Basisstation kann man dem Besucher dann die Türe funkgesteuert öffnen. VisioLED verwendet dafür das CC2-AVR-Board (ATM18) und den CC2-RFID-Reader. Die kostenlose Software ist dank des offengelegten Quellcodes auch als Basis für andere Anwendungen verwendbar.



Dreikanal-DMX512-A-Empfänger

Im Bereich Bühnenbeleuchtung ist das DMX512-A-System schon seit längerem etabliert. Auch für die Beleuchtungstechnik in Gebäuden findet dieser Standard zunehmend Verwendung. Die für das nächste Heft geplante DMX512-Lichtsteuerung verwendet einen MSP430-Mikrocontroller von TI. Der Controller sorgt für die DMX-Buskommunikation und die PWM-Steuerung von drei LED-Leistungstreibern. Die DMX-Adresse lässt sich über DIP-Schalter einstellen.



Der kleinste Stereo-Vollverstärker der Welt

Diesem kleinen Modul mit LC-Display sieht man nicht an, was in ihm steckt: Ein kompletter Stereo-Vor- und Endverstärker mit IR-Fernbedienung, Klang-, Lautstärke- und Pegelvoreinstellung sowie 2 x 20 W Ausgangsleistung in Klasse D, und das Ganze mit einer einfachen Betriebsspannung von 12 V. Damit steht auch der Verwendung im Auto, Boot oder Wohnmobil nichts im Wege, wobei der Platzbedarf für den Einbau minimal ist. Auch der Aufwand für die Kühlung ist dank eines Wirkungsgrads der PWM-Endstufen von bis zu 94 % äußerst gering.



ELEKTOR März erscheint am 17. Februar 2010.

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

Änderungen vorbehalten!



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

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

Geschäftszeiten

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

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

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

Einzelheft

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

Jahresabonnement-Standard

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

Jahresabonnement-PLUS

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

Probeabonnement

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

Studentenabo-Standard

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

Studentenabo-PLUS

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

Upgrade zum Abo-PLUS

Alle Länder	€ 17,50
Schweiz	CHF 39,00

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

Änderungen und Irrtümer vorbehalten.

Bankverbindungen

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

Postgiro Köln

Konto 229 744-507 (BLZ 370 100 50)
IBAN: DE17 3701 0050 0229 7445 07
BIC: 9 7445 07/PBNKDEFF

Ja, ich möchte Elektor im Jahresabonnement

(11 Hefte / inkl. Doppelheft Juli/August) pünktlich und zuverlässig frei Haus beziehen*.
Im Vergleich zum Einzelheftkauf am Kiosk spare ich beim Standard-Abonnement € 9,40
(bei der PLUS-Variante sogar € 24,40). Als Dankeschön erhalte ich den attraktiven
2 GB MP3-Player (sofort nach Zahlung der Abonnements rechnung) gratis zugeschenkt.

Bitte wählen Sie Ihr Jahresabonnement aus:

☐ Jahresabonnement-Standard für nur € 75,50

☐ Jahresabonnement-PLUS (inkl. Jahrgangs-DVD 2009** +
exklusiver Online-Zugang zu Elektor-Plus.de) für nur € 93,00

TIPP

Zahlungsweise ☐ Rechnung ☐ Bankeinzug (gilt nur für D)

Bank _____

Konto _____

BLZ _____

Datum, Unterschrift _____

*Das Abonnement verlängert sich
automatisch um 12 Monate, wenn
nicht spätestens zwei Monate vor
Ablauf schriftlich gekündigt wird.
** Diese DVD-ROM wird Ihnen
sofort nach Erscheinen
(Februar 2010) zugeschickt.

Ja, ich möchte Elektor kennenlernen!

Ich erhalte die nächsten 3 Ausgaben für nur € 13,90
pünktlich und zuverlässig frei Haus*.

Wenn Sie innerhalb von 1 Woche nach Erhalt der dritten
Ausgabe nichts von mir hören, möchte ich Elektor im
Jahresabonnement für nur € 75,50 weiter beziehen.

Zahlungsweise ☐ Rechnung ☐ Bankeinzug (gilt nur für D)

Bank _____

Konto _____

BLZ _____

Datum, Unterschrift _____



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

Elektor-Bestellkarte

Ich bestelle folgende Elektor-Produkte:

Bezeichnung	Preis	Anzahl	Gesamtpreis
Embedded Electronics 2	NEU € 49,00		
Funkempfängerkompendium	NEU € 49,00		

Bausatz zum Buch "Digitale Elektronik im Experiment"	€ 22,50		
Digitale Elektronik im Experiment	€ 29,80		
Workshop-DVD			
'Audio-Röhrenverstärker'	€ 29,80		
Lichttechnik für Einsteiger	€ 29,80		
Workshop-DVD 'Fahrzeugdiagnose'	€ 29,80		

Elektor-Gesamtkatalog 2010	NEU		X

zzgl. Porto- und Versandkosten	€ 5,00
GESAMTBETRAG	€

Datum: _____ Unterschrift: _____

Tragen Sie bitte Ihre Anschrift auf der Rückseite ein!

Diesen Streifen an den oberen
Streifen kleben!

Fordern Sie jetzt den neuen Elektor- Gesamtkatalog 2010 GRATIS an!

Gesamtkatalog 2010

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



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

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

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

Hier ist meine Anschrift:

Firma _____

Vorname _____

Name _____

Straße, Nr. _____

PLZ, Ort _____

Land **DE** _____

Kunden-Nr. _____

E-Mail _____

Antwort

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

Innerhalb
Deutschlands
kein Porto
nötig!

Hier ist meine Anschrift:

Firma _____

Vorname _____

Name _____

Straße, Nr. _____

PLZ, Ort _____

Land **DE** _____

Kunden-Nr. _____

E-Mail _____

Antwort

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

Hier ist meine Anschrift:

Firma _____

Vorname _____

Name _____

Straße, Nr. _____

PLZ, Ort _____

Land **DE** _____

Kunden-Nr. _____

E-Mail _____

Antwort

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

Innerhalb
Deutschlands
kein Porto
nötig!

Elektor-Newsletter E-weekly jetzt gratis abonnieren!

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

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



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

INSERENTENVERZEICHNIS FEBRUAR 2009

Beta Layout	www.pcb-pool.com	25
Cadsoft Computer	www.cadsoft.de	15
Decision-Computer	www.decision-computer.de	25
Emis	www.emisgmbh.de	25
Eurocircuits	www.eurocircuits.de	55
von Hoerner & Sulger GmbH	www.vh-s.de/jobs	53
LeitOn	www.leiton.de	13
LMU	www.lmu.de	11
Markt		77
mikroElektronika	www.mikroe.com	3
Pico	www.picotech.com/scope1055	9
Reichelt	www.reichelt.de	88

2-tägiger Intensivkurs AVR-Mikrocontroller in der Praxis



➔ AVR für Fortgeschrittene

Sie haben bereits Erfahrungen mit Mikrocontrollern gesammelt? Und nun möchten Sie ein wenig mehr ins Detail gehen? Tipps, Tricks und Stolperfallen kennenlernen? Fehler, die schon gemacht wurden vermeiden und von den Erfahrungen anderer profitieren? Den Weg vom Prototypen zur Serienfertigung gehen? Dann sind Sie hier richtig!

Was Sie mitbringen sollten:

- Grundlagenwissen über elektronische Schaltungen
- Grundkenntnisse über den Aufbau von Mikrocontrollern und erste Erfahrungen in der Programmierung
- C-Kenntnisse schaden nicht, werden aber nicht vorausgesetzt
- Notebook und eine gehörige Portion Neugier

Veranstaltungsorte/-termine:

Hannover	16.04. + 17.04.2010
Leipzig	23.04. + 24.04.2010
Luzern (Schweiz)	04.06. + 05.06.2010

Teilnehmergebühr (zzgl. MwSt.):

749,00 Euro (1176,00 CHF)

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

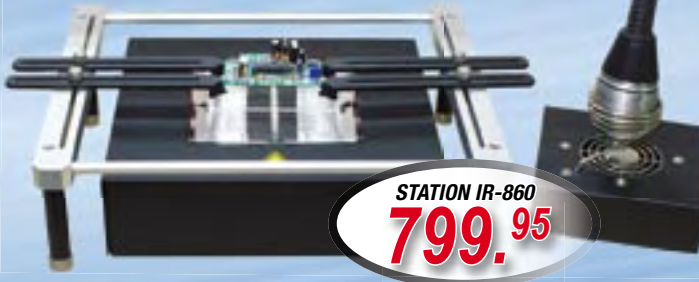


Im Preis sind jeweils Mittagsbuffet, Dokumentation (Handouts/Seminarunterlagen) und Aushändigung des Teilnahmezertifikats inbegriffen.

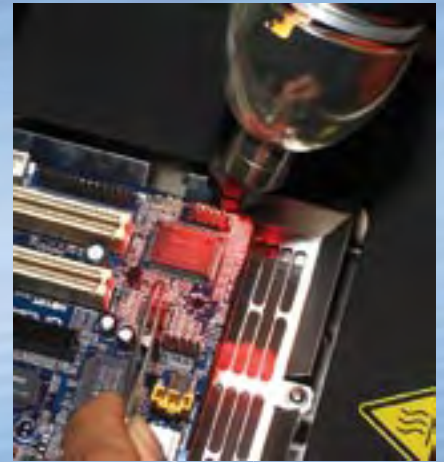
Weitere Infos & Anmeldung unter www.elektor.de/avr-workshop

SMD-/BGA-Infrarot-Lötsystem

Professionelles Rework-System inkl. 800-W-Vorheizer (120 x 120 mm) und Werkstückhalter. Präzise gebündeltes Infrarot-Licht erwärmt die Bauteile schonend, ohne sie oder die Umgebung zu überhitzen. 150-W-Handheizgerät (45-350 °C) mit Countdown-Timer für sicheres löten. Ohne zusätzliche Spitzen, Zangen oder Düsen geeignet für alle Bauteilformen.



STATION IR-860
799.95



Markenqualität - Top-Service - günstige Preise!



Katalog kostenlos!
Tagesaktuelle Preise:
www.reichelt.de

D-Sub-Verbinder

Stecker/Buchse, Lötkehlch

- Ausführung: 9-polig
- Anschluss: Lötkehlch
- vergoldete Kontakte



D-SUB ST 09 Stecker **0,08 €**
D-SUB BU 09 Buchse **0,10 €**

Stecker/Buchse für Flachbandkabel

- Ausführung: 9-polig
- Anschluss: für Flachbandkabel
- vergoldete Kontakte



D-SUB ST 09FB Stecker **0,42 €**
D-SUB BU 09FB Buchse **0,45 €**

Stecker/Buchse, Euronorm

- Ausführung: 9-polig
- gewinkelt, RM 9,4
- vergoldete Kontakte



D-SUB ST 09EU Stecker **0,24 €**
D-SUB BU 09EU Buchse **0,21 €**

Einpresswerkzeug

- parallel geführtes Werkzeug aus Stahl
- isolierte Griffe, Länge: 245 mm



MWZ 214 für D-Sub/PFL **6,95 €**
MWZ 214D für IDC **9,05 €**

Kappe, EMV-Vollmetallgehäuse

- Kappe für Sub-D Verbinder
- Aufbau: mit langen Schrauben
- Material: Vollmetall
- Approbation: geprüft nach VDE 0871, FCC20780 und 86/336 EEC



KAPPE EMV 09 für 9-pol. **1,95 €**
KAPPE EMV 15 für 15-pol. **1,95 €**
KAPPE EMV 25 für 25-pol. **1,95 €**
KAPPE EMV 37 für 37-pol. **2,90 €**

USB-Buchse, Serie Mini-USB

- gewinkelt
- liegende Montage



USB BWM 5-pol., Printmontage **0,89 €**
USB BWM SMD 5-pol., SMD-Montage **0,45 €**

USB-Buchse, Serie B

- gewinkelt
- liegende Montage



USB BW 5-pol., Printmontage **0,18 €**
USB BW SMD 5-pol., SMD-Montage **0,22 €**

BNC-Crimp-Stecker

- Ausführung: für RG 58, 50 Ohm / für RG 59, 75 Ohm
- Anschluss: Crimpversion



UG 88U-C58 für RG 58 **0,25 €**
UG 88U-C59 für RG 59 **0,23 €**

Zangenset für BNC-Crimpstecker, im Koffer

- Crimpzange aus gehärtetem Stahl
- 5 Metall-Einsätze für BNC-Steckverbinder
- inkl. Kabelschneider und Koax-Stripper
- entriegelbare Zwangssperre
- Werkzeug-Einsätze: HT 236A, HT 336C, HT 336G, HT 336J, HT 336K



CRIMPZANGEN SET **44,80 €**

USB-Steckverbinder, Typ A

- Einbaubuchse
- Ausführung: liegende Montage
- zur Printmontage
- gewinkelt



USB AW Buchse **0,18 €**
USB AWF Stecker **0,22 €**

Lötdampfabsaugung mit 350m³/Std.

Hochwertige 3-fach-Filtertechnik für 99,5 % reine Luft!

Der leistungsstarke 240-W-Motor saugt giftige und lästige Dämpfe effizient aus dem Umfeld des Arbeitsplatzes. Aufwendige 3-fach-Filterung mit Vor-, HEPA- und Aktivkohlefilter für einen Abscheidungsgrad von 99,5%.

- stufenlos einstellbare Lüfterdrehzahl
- Schlauch: 2,5 m (2 Stck. enthalten)



HV-2 FES
449.95



Zweikanal-Digital-Oszilloskop mit Digital-Multimeter

- Handheldgerät mit einmaligem Preis-Leistungs-Verhältnis
- Kompaktes 2 Kanal-Oszilloskop mit 5 MHz Bandbreite und 50 MS/s pro Kanal
- TrueRMS-Autorange-Multimeter mit 10 MHz Frequenzzähler
- Inkl. USB-Schnittstelle und Software für die direkte Datenanzeige der Scopodaten auf dem PC-Monitor



DMM-SCOPE S2405
279.00